

Проект BG051PO001-3.3.04/40: „Изграждане на висококвалифицирани млади изследователи по съвременни информационни технологии за оптимизация, разпознаване на образи и подпомагане вземането на решения”

*Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Европейски Социален Фонд (2007-2013) и Република България - Министерство на образованието, младежта и науката по оперативна програма "Развитие на човешките ресурси" в направление "Подкрепа за развитието на докторанти, пост-докторанти, специализанти и млади учени"*

**доклад на тема:**

## **МЕТОДОЛОГИЯ ЗА КОНСТРУИРАНЕ НА ОБОБЩЕНОМРЕЖОВИ МОДЕЛИ**

Вася Атанасова,

докторант към ИИТ-БАН

e-mail: [vassia.atanassova@gmail.com](mailto:vassia.atanassova@gmail.com)

2010 г.

# Методология за конструиране на обобщеномрежови модели

Вася Атанасова,  
докторант към ИИТ-БАН

## 1. История на обобщеномрежовото моделиране

Началото на обобщеномрежовото моделиране е поставено през 1982 година от Красимир Атанасов с дефинирането на понятието „обобщена мрежа” като обобщение на всички познати към този момент разширения на понятието „мрежа на Петри”, въведено през 1962 година от Карл-Адам Петри. Към 1982 година съществуват над 20 различни негови разширения, чиито моделиращи възможности са по-добри от (или в най-лошия случай равни на) моделиращите възможности на мрежите на Петри. Възможността за такова многопосочно разширяване на понятието е следствие, от една страна, на поначало скромните изисквания, заложили в оригиналната дефиниция на Петри, но от друга страна и на все по-големите възможности, разкриващи се пред информатиката през 1970-те и 1980-те години.

Първата монография по темата е [1] от 1991 година, съществено разширена в [2] с новите теоретични аспекти към 2007 година.

## 2. Дефиниция на обобщена мрежа

### Неформална дефиниция

Най-общо казано, мрежата на Петри е двуцветен ориентиран граф, в който се движат точки, условно наречени “ядра”, които маркират развитието на процес, стъпките на който се представят чрез върховете на графа. Това, че обобщените мрежи наистина са обобщение на мрежите на Петри се изразява във факта, че ядрата на обобщените мрежи влизат в мрежата (графичната структура на която отново е представена чрез граф), но вече с начални характеристики, а по време на движението си в мрежата получават нови характеристики, запазвайки предишните. Така ядрата се превръщат в “индивиди” със собствена история. Условието от предикатно-преходните мрежи, свързано с движението на ядрата, тук е заменено с цяла *матрица от условия*, която позволява много по-детайлно описание на причините за движение в различните възможни посоки.

### Формална дефиниция

Дефиницията на обобщена мрежа включва като първа стъпка дефиниция на един преход (*transition*) от мрежата.

$$TR = \langle P_{IN}, P_{OUT}, time, dur, IM_P, IM_C, bool \rangle$$

където

- $P_{IN}$  е крайно непразно множество на входните позиции.
- $P_{OUT}$  е крайно непразно множество на изходните позиции.
- $time$  е текущият момент от време на активиране на прехода.
- $dur$  е текущото времетраене на активното му състояние.
- $IM_P$  е индексирана матрица на предикатите, задаваща условието на прехода.
- $IM_C$  е матрица, задаваща броя на ядрата, които могат да минат от  $i$ -тия вход към  $j$ -тия изход.
- $bool$  е булев тип на прехода.

На тази база се дефинира формално и обобщената мрежа:

$$GN = \langle \langle TRS, \pi_{TR}, \pi_P, c, f, \theta_{ACT}, \theta_{DUR} \rangle, \\ \langle TKN, \pi_{TKN}, \theta_{TKN} \rangle, \\ \langle T, t^0, t^* \rangle, \\ \langle X_{INIT}, X_{NEW}, n \rangle \rangle$$

състояща се от четири множества от компоненти, демонстриращи съответно статичния, динамичния, темпоралния характер и паметта на мрежата.

#### Статични компоненти на мрежата

- $TRS$  – множество от преходите (*set of transitions*);
- $\pi_{TR}$  – функция, задаваща приоритети на преходите;
- $\pi_P$  – функция, задаваща приоритети на позициите (*places*);
- $c$  – капацитет на позициите;
- $f$  – функция, която оценява стойността на предикатите в  $IM_P$ , била в стойностите  $\{0,1\}$  или в интервала  $[0;1]$  или в множеството  $[0;1] \times [0;1]$ ;
- $\theta_{ACT}$  – функция, която задава следващия момент, когато даден преход ще се активира; стойността се преизчислява в момента, когато преходът престане да бъде активен;
- $\theta_{DUR}$  – функция, която задава продължителността на активното състояние.

#### Динамични компоненти на мрежата

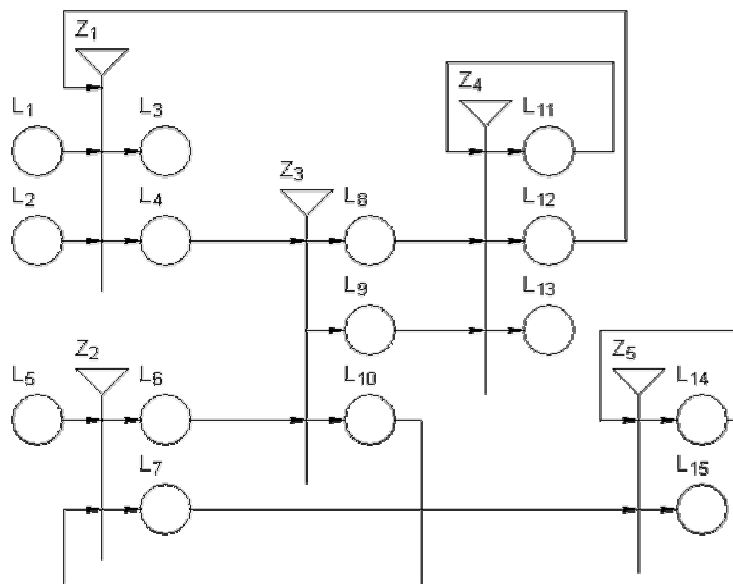
- $TKN$  – множеството на ядрата;
- $\pi_{TKN}$  – функция, задаваща приоритети на ядрата;
- $\theta_{TKN}$  – функция, задаваща момента от време, когато дадено ядро ще постъпи в мрежата.

#### Времени компоненти в модела, спрямо въведена глобална времева скала

- $T$  – моментът от време, когато мрежата започва да функционира;
- $t^0$  – елементарна времева стъпка на скалата;
- $t^*$  – общата продължителност на функциониране на мрежата.

#### Характеристични компоненти (Памет на модела)

- $X_{INIT}$  – множество от начални характеристики, които ядрата могат да придобият при началното си постъпване в мрежата;
- $X_{NEW}$  – характеристична функция, която задава нови характеристики на ядрата при преминаването им през даден преход;
- $n$  – колко най-много характеристики да се пазят за едно ядро:
  - $n = 0$  – не помни никакви характеристики;
  - $n = 1$  – помни само текущата характеристика;
  - $n = k$  – помни само последните  $k$  на брой характеристики;
  - $n = \infty$  – всички характеристики се помнят.



Фигура 1: Пример за обобщена мрежа, чиято статична структура се състои от 5 прехода и 15 позиции

Дефинирани са мрежи без част от компонентите им и по тази причина наречени *редуцирани обобщени мрежи*, както и различни (над 20 вида) разширения на обобщените мрежи. Дефиниран е и наборът компоненти, на които отговаря *минималната* редуцирана обобщена мрежа:

$$RGN = \langle TRS, TKN, X_{INIT}, X_{NEW} \rangle$$

като съответно редукция има и в самата дефиниция на преход:

$$TR = \langle P_{IN}, P_{OUT}, IM_P \rangle.$$

Описани са различни аспекти на теорията на обобщените мрежи – алгебричен, топологичен, логически, операторен, програмен, а също така и методологически и новопредложеният дидактически аспект на теорията, които ще представляват обект на изследване в рамките на дисертацията.

В рамките на алгебричния аспект са разгледани операциите и релациите над преходи и ОМ. Топологичният аспект касае въпроси, свързани с топологията и структурирана на ОМ. Програмният аспект е от ключово значение, тъй като съдържа програмната реализация на софтуерен симулатор за ОМ. В рамките на операторния аспект са дефинирани 6 вида оператори, които могат да модифицират структурата или поведението на дадена мрежа по желан от потребителя начин. Операторите биват:

- *глобални* (които могат да променят структурата на мрежата цялостно);
- *локални* (които променят отделни компоненти в рамките само на един преход на мрежата);
- *йерархични* (които: (i) заменят позиция или преход на дадена мрежа с подмрежа, или действат обратно, заменяйки подмрежа на дадена мрежа с позиция или преход; (ii) такива, които заменят една подмрежа с друга, или (iii) такива, които заменят ядро или предикат в преход с подмрежа);
- *редуциращи* (които отстраняват някои от компонентите на дадена обобщена мрежа);
- *разширяващи* (които разширяват дадена обобщена мрежа);
- *динамични* (които променят начина на движение на ядрата в мрежата или начина на функционирането ѝ).

### **3. Методологически аспект на обобщените мрежи**

Методологията за конструиране и симулация на обобщеномрежови модели е разработена още в началото на 1990-те години и е публикувана на български език в книгата "Въведение в теорията на обобщените мрежи" на Красимир Атанасов от 1992 година. На практика, тази методология се следва точно или със слаби вариации вече над 18 години. На нейна база са изградени над 900 обобщеномрежови модела на процеси от различни области, които са публикувани в научни списания и монографии, докладвани на научни форуми, а някои от тях са намерили и практическо приложение в бизнеса.

Конструирането на обобщеномрежов модел на даден процес предполага предварително да се отговори на редица въпроси, част от които, изхождайки от особеностите на самия процес, целят специфициране на съответния му модел, а други — обратно: изхождайки от особеностите на обобщените мрежи, целят уточняване на определени аспекти на процеса. По тази причина моделирането с обобщени мрежи е най-резултатно в случаите, когато се извършва съвместно от специалисти по обобщени мрежи ("моделиери") и специалисти в дадена приложна област ("експерти"), които предварително са си обменили опит и компетенции (съответно за областта на приложение и областта на обобщеномрежовото моделиране). Моделирането обикновено протича под формата на интервю, където активната роля на интервюиращ поема моделиерът, но също така е възможно и двете роли да се съвместяват от един специалист.

Самата методология е развита в следните шест направления:

1. Изграждане на статичната структура на мрежата, описваща моделирания процес
2. Изразяване на динамиката на моделирания процес
3. Уточняване начина на функциониране във времето на моделирания процес
4. Подбор на данните за симулация на модела
5. Симулация и тестване на модела
6. Използване на модела и резултатите от неговата симулация

#### ***1. Изграждане на статичната структура на обобщената мрежа, описваща моделирания процес***

Специалистът, запознат с моделирания от него процес, трябва да разчлени този процес на отделни събития и на всяко от събитията да направи описание, отговаряйки на изброените по-долу въпроси. На всяко събитие от моделирания процес в рамките на модела се съпоставя по един преход. Условието за извършване (събждане) на събитие се представят в модела посредством следните фактори:

- настъпил е моментът за активиране на прехода (ако такъв момент съществува),
- типът на прехода е удовлетворен (ако такъв тип съществува),
- наличие на ядра в съответни входни позиции на прехода, моделиращ събитието,
- наличие на предикати в условието на прехода, които имат вярностна стойност "истина",
- наличие на ненулеви капацитети на дъгите между входните и изходните позиции на прехода,
- наличие на свободни места в изходните позиции на прехода.

Като има предвид така описаната интерпретация на процес, специалистът трябва сам да изготви графичната структура на обобщената мрежа. За всяко събитие от процеса (т.е. преход в мрежата) трябва да се отговори на следните десет въпроса:

1. *Какъв е приоритетът на това събитие спрямо останалите събития в рамките на процеса?*
2. *В кой момент от време по абсолютната времева скала настъпва за първи път разглежданото събитие?*

3. *Как (при какви условия, по каква формула) се определя следващият момент, в който събитието настъпва?*
4. *Колко време продължава разглежданото събитие?*
5. *Как се определя продължителността на разглежданото събитие?*
6. *Какви са началните състояния на разглежданото събитие? На всяко от тях трябва да се съпостави по една входна позиция на прехода и да се уточни:*
  - *Какъв е нейният приоритет (спрямо всички позиции в мрежата, или поне спрямо входните позиции в прехода, към който се отнася)?*
  - *Какъв е нейният капацитет (т.е. максималният брой ядра, които може да съдържа)?*
7. *Какви са крайните състояния на разглежданото събитие? На всяко от тях трябва да се съпостави по една изходна позиция и да се уточни:*
  - *Какъв е нейният приоритет (спрямо всички позиции в мрежата, или поне спрямо изходните позиции в прехода, към който се отнася)?*
  - *Какъв е нейният капацитет?*
  - *Каква характеристика трябва да придобие всяко ядро, което влезе в някоя от тези изходни позиции?*
8. *Какви са условията, при които ядро, намиращо се в някоя фиксирана входна позиция на прехода, ще се окаже в някоя фиксирана негова изходна позиция?*
9. *По колко ядра могат да преминат от входните към изходните позиции на прехода, в рамките на едно негово активиране?*
10. *При наличието на ядра в кои входни позиции на прехода, този преход може да се активира?*

## **2. Изразяване на динамиката на моделирания процес**

Всеки реален процес фактически представлява съвкупност от отделни подпроцеси, които протичат паралелно във времето, а те често се конкурират помежду си за определени ресурси. Когато разглежданата съвкупност от подпроцеси съдържа точно един елемент (подпроцес), отпада необходимостта от мрежи на Петри или техни модификации (в частност, обобщени мрежи) за нуждите на моделирането им. Употребата на този инструментариум придобива смисъл тогава, когато процесът съдържа поне два паралелно протичащи подпроцеса. Чрез мрежите на Петри може да се проследи как тези подпроцеси се развиват във времето и какви конфликтни ситуации могат да възникнат в резултат от това. Тяхното разширение в лицето на обобщените мрежи дава възможност за прецизно проследяване на всички параметри на подпроцесите при различни условия и в различните моменти от време. За тази цел трябва да се даде отговор на следните пет въпроса:

1. *Кои подпроцеси на моделирания процес представляват интерес за модела?*
2. *С какви начални характеристики започват функционирането си ядрата, символизиращи подпроцесите от моделираната съвкупност?*
3. *Какъв приоритет имат ядрата помежду си?*
4. *В кой момент от време трябва да влязат ядрата в мрежата, ако първоначално са извън нея?*
5. *Какви характеристики трябва да получават ядрата при движението им в ОМ?*

В зависимост от спецификата на моделирания процес и задачите, които иска да решава, специалистът може да възприеме различни подходи в описанието на процеса – низходящ (top-down), възходящ (bottom-up), последователен или паралелен подход на описание.

### ***3. Уточняване начина на функциониране във времето на моделирания процес***

Чрез трите глобални времеви компоненти на обобщените мрежи гъвкаво се определя мястото на моделирания процес в рамките на абсолютна времева скала, в произволни моменти от време и с произволни времеви стъпки. За сравнение, моделите на процеси, описани чрез почти всички други видове разширения на мрежите на Петри (апарати, доказано по-слаби от апарата на обобщените мрежи), започват да функционират в момент 0 и с времева стъпка 1.

Ако след като конструира модела на един процес специалистът конструира модел и на паралелен на него втори процес и ги съотнесе към една и съща времева скала, то лесно могат да се получат отговорите на въпросите "Кой процес започва функционирането си първи?" и "Кой процес завършва функционирането си първи?". Чрез апарата на обобщените мрежи обаче могат да се дадат отговори и на много по-сложни въпроси като "Какво става с всеки от двата процеса в даден момент от абсолютната времева скала?", "Ако в рамките на единия процес в даден момент от време протича някакво събитие, какво събитие протича в рамките на втория процес?" и др. Така глобалните времеви компоненти дават възможност не само за моделиране на паралелно протичащи процеси, но и за тяхното сравняване.

За използването на глобални времеви компоненти в модела е необходимо да се изяснят отговорите на следните два въпроса:

- 1. Представява ли интерес това, че моделираният процес започва да функционира в някой фиксиран момент от време?*
- 2. Представява ли интерес това, че моделираният процес има определена продължителност?*

Ако е отговорено положително на горните два въпроса, трябва да се посочи и елементарната време стъпка, с която ще нараства времето между двата момента, фиксиращи началото и края на функционирането на моделирания процес.

### ***4. Подбор на данните за симулация на модела***

В рамките на теорията на обобщените мрежи се предвиждат редица средства за получаване на данни от моделите. Те се класифицират на данни, свързани с преходите, позициите, ядрата и мрежата като цяло. На специалиста се дава възможност да зададе променливи, чиито стойности се изчисляват по време на функционирането на модела. Също така се предвижда възможността за четене на данни от файл или от различни входни устройства. Подробна информация за моделирания процес може да се получи и чрез подходящо задаване на характеризиращите функции, асоциирани към позициите.

### ***5. Симулация и тестване на модела***

С помощта на симулатора за обобщени мрежи, симулацията на модел ще може да се реализира на следните няколко стъпки:

- Чертае се изготвената графична структура на модела в удобен за потребителя графичен редактор, който е част от интерфейса на симулатора.
- Въвеждат се параметрите на модела: условия за преминаване на ядрата през преходите, начални стойности на характеристиките на ядрата, характеристични функции на ядрата, капацитети и приоритети на позициите и дъгите, условия за сливане и разцепване на ядра, параметри за време и продължителност и други.
- Симулацията се стартира, с възможност за управление от потребителя: начало на симулация, пауза на определен интервал или по желание на потребителя, пауза за въвеждане на вход от потребителя, продължаване на симулацията, задаване на условия за пауза или край на симулацията).

- По време на симулацията ще бъде възможно да се следят в реално време избрани от потребителя характеристики в графичен и/или табличен вид. Всички резултати от симулацията ще се записват в дневник (лог) с цел възпроизвеждане на същата симулация и по-детайлно изследване на резултатите от нея.
- Моделите ще могат да се запазват в XML формат и да се експортират до TeX, CSV и графични формати.

За да се използва обобщеномрежовият модел за симулация на процесите, е необходимо да се дефинират такива случайни функции, които да задават вероятностните стойности, отговарящи на вярностните стойности на предикатите на условията и стойностите на времевите параметри на процеса.

#### ***6. Използване на модела и резултатите от функционирането му***

Веднъж конструиран, обобщеномрежовият модел може да се използва най-общо в три направления:

- симулация на (неизвестни, недобре изучени) процеси и предсказване на тяхното бъдещо поведение,
- оптимизация в реално време на (известни) процеси,
- управление на процеси в реално време (ако не протичат достатъчно бавно).

Когато даден реален процес е достатъчно сложен, за него е възможна употребата на две или на всичките три функции на ОМ-моделите.

Чрез симулацията могат да се получат статистически данни за моделираните процеси и да се открият например "тесните места" в системата на процеса. Увереността в коректността на даден модел се получава чрез множество симулации на моделирания процес и сравняване на резултатите с реалните данни. Възможно е да се окаже, че най-добри резултати се получават при прилагането на адаптивни методи, като в следствие от сравнението между резултатите от симулацията и реалните данни се правят итеративни корекции във вече построения ОМ-модел. Тази ситуация е валидна и за случая, когато обобщените мрежи се използват като средство за оптимизация на процеси.

Някои от отворените проблеми в тази част от методологическия аспект на ОМ, които могат да бъдат формулирани са следните:

- Да се изведат закономерности и евристики за оценка коректността на моделите.
- Да се разграничат случаите когато ОМ могат да се ползват за оптимизация, прогностика, управление на процеси.
- Да се дефинират критерии за устойчивост.
- Да се разработят методи за самообучение на мрежи.

От гледна точка на методологията на обобщените мрежи, е дискутирана и възможността обобщени мрежи да се използват и за формулиране на нови математически проблеми и проблеми от различните области на тяхното приложение. По-специално е дискутирана възможността за обобщения на определени проблеми, каквато е задачата за търговския пътник, задачата за раницата, оптимизация по метода на мравките, генетични алгоритми, генетични мрежи и други. Изследвания точно в тази посока на приложение на обобщени мрежи могат да доведат до някои много интересни резултати.

#### **4. Дидактически аспект на обобщените мрежи**

С методологическия аспект изключително тясно свързан се оказва един нов, неразглеждан досега – дидактически – аспект на теорията на обобщените мрежи. Първоначално той е загатнат от В. Атанасова още през 2008 година в статията [3], изнесена на 7<sup>th</sup> Int. Workshop on Intuitionistic Fuzzy Sets and Generalized Nets във Варшава, Полша. Същинската работа по



разработването на дидактическия аспект стартира в началото на 2010 г. и официално той е лансиран в статията [5], подадена за участие в специализирания панел по обобщени мрежи в рамките на конференцията IEEE “Intelligent Systems” `2010, която ще се проведе на 7-9 юли 2010 в Лондон, Великобритания. Тази публикация изразява специална благодарност към проект BG051PO001-3.3.04/40 и при положителна рецензия (посоченият срок за рецензиите е 4 април 2010) ще кандидатства пред ръководителите на проекта за финансиране на посещението на конференцията.

Приложенията на обобщените мрежи са разнообразни и в повечето случаи включват потребители и експерти в различни научни или приложни области, които не са задължително експерти по математическо моделиране, в частност по обобщени мрежи. При все това те играят значителна роля в процеса на конструирането на моделите, към които се предявяват очаквания за формална коректност, полезност, функционалност и скалируемост. От друга страна, ролята и на моделиерите е от съществено значение в този процес, а всеки моделиер трябва да премине през фаза на обучение, в която не просто се запознава с аспектите на теорията на обобщените мрежи, но добива и знания, техника и усет в изграждането на обобщеномрежовия модел според приетата методология, за което е необходима рутина, която се трупа само с практиката. Затова тъкмо на практическата страна на обучението по обобщеномрежово моделиране трябва да се посвети специално внимание, като се отчетат особеностите на тази научна област от чисто дидактическа гледна точка и се разработи методика за *таргетирано* обучение по обобщени мрежи, специални учебни и изпитни материали. По-специално, като конкретни групи обучаеми са обособени:

- Студенти по информатика и информационни технологии, които са потенциалните моделиери, т.е. специалисти по моделиране с обобщени мрежи;
- Експерти или студенти от приложни области, които са потенциалните крайни потребители на този инструментариум;
- Експерти по мрежи на Петри и други формализми за математическо моделиране.

От значение е и включване на компютърните обобщеномрежови симулации в процеса на обучение, което ще спомогне да се добие практически опит при създаването, пускането и използването на данните от обобщеномрежовите модели. Важно е и да се проследи обратната връзка от обучаемите в процеса на обучението и тестването на знанията на шестте когнитивни нива (знание → разбиране → прилагане → анализ → синтез → оценяване) според таксономията на образователните цели на Бенджамин Блум.

Като платформа за развитие на дидактическия аспект може да се използва средата на изграждения от В. Атанасова уебсайт от тип “wiki” [www.ifigenia.org](http://www.ifigenia.org), посветен на централизираното онлайн предлагане на научни и образователни ресурси в областта на интуиционистки размитите множества и обобщените мрежи, [4]. Чрез надграждане на MediaWiki ядрото на уикито с някои от съществуващите разширения за електронно обучение обучаемите и потребителите ще получат достъп до обучителното и тестово съдържание по обобщени мрежи, което ще се намира в непосредствена близост с корпуса от енциклопедични и дефиниционни статии за понятийния апарат на областта, база данни от избрани научни публикации, и достъп до кода и документацията на софтуерния симулатор.

## 5. Проект „МодПроФикс”

Проектът „Моделиране на процеси с фиксирани правила на развитие” е финансиран от Националния фонд „Научни изследвания” – МОМН с продължителност 36 месеца от края на декември 2009 до декември 2012 година с участието на колектив от ЦЛБМИ, ИИТ и

ИПОИ. Проектът се базира на основните насоки за разработка на обобщеномрежови модели на различни процеси с фиксирани правила на развитие, каквито са генетичните алгоритми, генетичните мрежи, оптимизационните алгоритми по метода на мравките и игровите модели от типа на играта „Живот”. Нови акценти са поставени в частта за разпространение на резултатите, както и по отношение софтуерната реализация на предвидените модели.

В рамките на проекта ще се работи по няколко теми, свързани с процеси с фиксирани правила на развитие като генетични алгоритми, алгоритъм на мравките, генетични мрежи, модификации на играта “Живот” и други. Това са методи за приближено решаване на трудни задачи идващи от реалния живот и практиката, за които е важно времето за намиране на решението и може да се направи компромис с неговата точност. Тези качества са особено важни когато става въпрос за управление на динамични процеси. За описание на моделите ще се използва апаратът на обобщените мрежи.

Участниците в проекта са специалисти с различна научна, но взаимосвързана насоченост. Те са автори на изследвания във всяка една от областите, където ще бъде приложен апаратът на обобщените мрежи, а някои от тях са сред авторите на статиите, в които са описани първите обобщеномрежови модели от областта на проекта. Особеност на всяка една от тези области е, че тя е свързана с процеси, чието развитие става по фиксирани правила. Това дава възможност при тяхното моделиране да се използват стандартни обобщени мрежи.

Задачата за раницата може да бъде интерпретирана като икономическа задача за отпускане на бюджет в разпределени системи или разпределение на капитали, където бързото вземане на правилно решение е много важно. Друга интерпретация е биологичната - сравняване на ДНК и белтъчни вериги. Това е много трудна, а от друга страна важна задача за ранната диагностика на генетични заболявания и за намаляване на времето и цената за създаване на нови лекарства. Друг важен проблем е обхождане на система за глобално позициониране (GPS) или на мрежа за мобилна комуникация. Те се състоят от наземни станции и движещи се обекти. Задачата е как да се обходи мрежата, така че за най-кратко време да бъде намерен движещият се обект. Трудни оптимизационни задачи възникват и в телекомуникациите, като например при проектиране на антени, оптимално разположение на базови станции, структурни проектни проблеми, касаещи прехвърляне на информация, маршрутизация в комуникационна мрежа, маршрутизация на транспортни средства, разпределение на операции и много други реални задачи. Понякога е по-важно да можем бързо да намерим почти оптимално решение.

### ***ОМ-модели на метода на мравките***

Методът на мравките (ant colony optimization) е нов метаевристичен метод. Алгоритмите по този метод се прилагат към реални задачи, за които е необходимо намирането на добро решение за кратко време. Методът на мравките намира добро решение за оптимизационни задачи със строги ограничения, каквато е задачата за раницата. Методът представлява многоагентна система, където взаимодействие на ниско ниво между агентите води до сложно поведение на колонията като цяло. Както бе посочено и по-горе, той имитира поведението на мравките, когато търсят храна. Мравките са социални насекоми, които живеят в колонии и чието поведение е насочено повече към оцеляването на колонията като цяло, отколкото на отделния индивид. Важна и интересна страна от поведението на мравките е как те могат да намерят най-краткия път между източника на храна и тяхното гнездо. Мравките обменят информация за източника на храна посредством химическа субстанция наречена феромон, която мравките излъчват, когато се движат. Аналогично, методът на мравките се основава на индиректната комуникация между отделните членове

на колонията, наречени “изкуствени” мравки, свързващи се помежду си с “изкуствен” феромон. Следата от феромон в метода на мравките представлява разпределена числова информация, която мравките използват за вероятно построяване на решения на разглежданата задача и която мравките приспособяват по време на изпълнението на алгоритъма, за да отразява техния опит в търсенето. Изкуствените мравки не само имитират описаното поведение, но също и използват свързана със задачата евристична информация. Базовият мравчен алгоритъм, разширен междувременно в четири нови направления, е Ant System и е прилаган за намиране на решенията на трудни оптимизационни задачи.

В рамките на проекта първо ще бъдат разработени обобщеномрежови модели на някои от тези алгоритми, а след това ще се потърсят и възможности за тяхното модифициране с цел засилване на моделиращите им възможности. Например, идеологията на моделирането чрез обобщени мрежи дава възможност да се строят модели на отделни алгоритми, които да се реализират паралелно, а след това да се търси оптималното сред техните решения, по някакви предварително зададени критерии. Наличието на характеристики на ядрата може да се използва при прехвърляне на информация от модела на един алгоритъм към обобщеномрежови модели на друг алгоритъм.

Тъй като изследването има интердисциплинарен характер, се търси възможност и за проникване на концепции от метода на мравките обратно по посока на областта на обобщените мрежи. В този смисъл е генерираната идея на В. Атанасова и други членове от проект „МодПроФикс” да се приложи алгоритъмът за движение на мравки към движението на ядрата в обобщената мрежа, с цел откриване на най-къси пътища и „тесни места” в мрежата, приоритизиране на преходите и позициите, оптимизиране и опростяване на структурата на мрежата и други. Тази идея е заложена в публикацията [6], която е приета за докладване на конференцията “Numerical Methods and Applications”, 25 август 2010, Боровец, България.

### ***ОМ-модели на генетични алгоритми***

Генетичните алгоритми се разглеждат като една многообещаваща концепция. Те представляват паралелна техника за глобално търсене, която копира природните генетични оператори. Поради факта, че едновременно изчислява много точки от параметричното пространство, алгоритъмът е с голяма вероятност да достигне до глобалното решение. Генетичният алгоритъм изисква единствено информация относно качеството на полученото решение за всяка група от параметри. Поради това, че генетичният алгоритъм не изисква проблемно-специфицирана информация, тези алгоритми са по-гъвкави и приспособими в сравнение с повечето методи за търсене.

До сега, прилагайки апарата на обобщените мрежи, са разработени няколко модела на действието на генетичен алгоритъм. Първият обобщеномрежов модел описва процедурата на търсене на генетичния алгоритъм. Моделът едновременно изчислява няколко фитнес функции, класифицира индивидите според техния фитнес и има възможността да избира най-добрата фитнес функция относно конкретно разглеждан проблем. Вторият обобщеномрежов модел описва избора на генетични оператори. Обобщеномрежовият модел има възможността да тества различни групи от параметри на генетичния алгоритъм и да избира най-подходящите комбинации между тях. Разработената обобщена мрежа реализира генетичен алгоритъм и осъществява настройка на генетичните оператори, както и на фитнес функцията, в зависимост от разглежданата задача.

### ***ОМ-модели на генетични мрежи***

Генетичните мрежи описват връзките между комплекси от гени и проявлението на техните колективни действия в даден организъм. Когато за проявлението на даден фенотип отговаря един определен ген, изследването на възможните последствия от подтискането или променянето му е сравнително лесно. Но когато за наличието на дадена единица (протеин, ензим и пр.) отговаря група от гени, част от които са инхибирани от наличието на други, или от определени обстоятелства, създаването на смислена картина за взаимоотношенията на генно ниво става проблематично. Правилната идентификация на допринасящите гени допълнително се усложнява от липсата на достатъчно ясни данни. В последните години благодарение на развитието на технологиите е възможно да се изследват голям брой от така наречените *microarray* данни. Дори и така, подобни техники за извличане на взаимодействията на гените са ефективни върху организми със сравнително малко на брой гени. От чисто комбинаторна гледна точка това е обяснимо, защото броят на възможните интерпретации нараства експоненциално. Проблем на голяма част от моделиращите техники е, че се използват потвърдени от практиката зависимости, които не винаги могат да се изведат от залегналите в модела предположения.

Различните модели имат своите предимства и недостатъци – булевите мрежи например са удобни и лесни за използване, но не винаги дават желаната точност. Бейсовите мрежи (Bayesian networks) не са детерминистични, т.е. вероятността от грешка може да варира значително. Диференциалните уравнения изискват определянето на прекалено много параметри, за да са реално приложими. Целта на повечето от тези генетични мрежи е да ограничи критичната група на отговорни гени, за да послужи за предварително пресяване преди пристъпване към скъпоструващи генетични изследвания.

С първия опит за интерпретиране на част от моделите в термините на обобщени мрежи се изясни, че уеднаквяването на моделиращата среда ще помогне не само за настройване и оценяване на моделите на генетични мрежи, но и за създаването на хибридни версии на генетични мрежи, които биха могли да се окажат по-ефективни от първоначалните. Именно това ще бъде целта на изследванията, свързани с генетичните мрежи. По време на втория етап ще бъдат потърсени връзки между генетичните мрежи, генетичните алгоритми и метода на мравките.

### ***ОМ-модели на играта „Живот”***

Накратко, играта “Живот” е следната: крайна или безкрайна равнина е покрита с квадратна решетка. В някои от клетките стои символ “\*”. На следващия такт от процеса, ако даден символ “\*” има 2 или 3 съседни клетки със “\*” в тях, той се запазва, а в противен случай – изчезва; ако дадена празна клетка има 2 или 3 съседни клетки със “\*” в тях, в празната клетка също “се ражда”.

В рамките на проекта ще бъде създадена методология за оценяване на резултатите от работата на игровото моделиране, за разширяване и усложняване на алгоритмите за движение и взаимодействие, и други. Ще бъдат разработени и конкретни приложения на “игровото моделиране”, например за моделиране на екологични замърсявания на водни или въздушни маси, моделиране на пожар в горски масив и други. Идеята за игровите модели ще бъде комбинирана с идеи за метода на мравките, генетичните мрежи и генетичните алгоритми. Обобщеномрежовата среда, в която ще бъдат реализирани конкретни модели за тези три вида процеси, ще може да играе ролята на “посредник” между различните модели с цел осигуряване на тяхното паралелно функциониране, и на пренос на резултати от един модел към друг.

## 6. Заключение

Цел на докторската работа ще бъде развиването на методологическия аспект на теорията на обобщените мрежи, съпътствано от полагане на основите на дидактическия аспект на мрежите и прилагане на резултатите към областите на проект „Модпрофикс” под формата на модели на генетични алгоритми, генетични мрежи, игрови модели и алгоритми за оптимизация по метода на мравките.

## 7. Библиография

- [1] Atanassov K. (2007) *On Generalized Nets Theory*, “Prof. Marin Drinov” Acad. Publ. House, ISBN 978-954-322-237-7.
- [2] Atanassov K. (1991) *Generalized Nets*, World Scientific Publ. House, ISBN 978-981-02-0598-0.
- [3] Atanassova V. (2008) *Generalized nets for dummies*, Developments in Fuzzy Sets, Intuitionistic Fuzzy Sets, Generalized Nets and Related Topics. Vol. 2., 9-12
- [4] Atanassova V. (2008) *Ifigenia – Doing IFS and GN the wiki way*, Developments in Fuzzy Sets, Intuitionistic Fuzzy Sets, Generalized Nets and Related Topics. Vol. 2., 13-18
- [5] Atanassova V. *Design of training tests on generalized nets*. (подадена за участие н симпозиума “IEEE Intelligent Systems”, 7-9 юли 2010, Лондон, Великобритания)
- [6] Atanassova V., Fidanova S., *Ant colony optimization approach to tokens’ movement within generalized nets*. (приета за участие в конференцията “Numerical Methods and Applications”, 25 август 2010, Боровец, България)