

## ИНТЕГРАЦИЯ НА СИМУЛАТОРА ЗА ОБОБЩЕНИ МРЕЖИ GNTICKER С MATLAB

Димитър Г. Димитров

ИБФБМИ – БАН, ул. Акад. Г. Бончев, бл. 105, София 1113, България,  
Факултет по математика и информатика, СУ „Св. Климент Охридски“  
бул. Джеймс Баучър 5, София, България  
e-mail: dgdimitrov@fmi.uni-sofia.bg

**Резюме:** Разработена е нова версия на GNTicker – софтуерен интерпретатор за обобщени мрежи, която дава възможност характеристикните функции и предикати на дадена мрежа, написани на езика GNTCFL, да извикват MATLAB-функции, дефинирани от потребителя. Новата функционалност значително улеснява компютърната симулация на редица обобщеномрежови модели, използващи сложни изчисления, например решаване на диференциални уравнения.

**Ключови думи:** Обобщени мрежи, Софтуер, GNTicker, MATLAB.

### 1. Въведение

Обобщените мрежи (ОМ) са въведени през 1982 г. като разширение на мрежите на Петри (МП) и на другите разширения на МП [1, 2]. ОМ са инструмент за моделиране и оптимизация на паралелни и конкурентни процеси.

GNTicker е софтуерен интерпретатор за ОМ модели, създаден през 2003 г. от Т. Трифонов и К. Георгиев [3]. Инструментът е проектиран като независим централен компонент на софтуерни приложения за работа с ОМ. Дефиниран е разширяем платформено независим XML-базиран стандарт за описание на ОМ модели, протокол за комуникация с други приложения, както и език за характеристикни функции и предикати.

MATLAB е среда и програмен език от високо ниво за изчисления, анализ и визуализация на данни, разработка на алгоритми и др. Може да се използва в широк кръг от приложни области като обработка на сигнали и изображения, комуникация, измервания, финансово моделиране и анализ, изчислителна биология и много други области, за които са създадени множество ОМ модели [7]. MATLAB позволява неговата функционалност да бъде използвана от външни приложения, написани на различни програмни езици, сред които C/C++ и Java [9].

GNTicker предлага възможност потребителят да дефинира предикати и характеристикни функции в ОМ. Специално за целта е разработен езикът GNTCFL (GNTicker

Characteristic Function Language) [3], а съществува и разширение на интерпретатора, което поддържа JavaScript [4]. Към момента не са публикувани библиотеки за GNTicker, предлагащи наготово сложни изчисления, например числени методи за решаване на диференциални уравнения. В настоящата статия се представя нова версия на GNTicker, която дава възможност функциите и предикатите в OM моделите да извикват функции, написани на MATLAB. По този начин се ускорява времето за компютърната реализация на OM моделите, изискващи специфични изчисления, тъй като не се налага общоизвестни числени алгоритми да бъдат имплементирани „от нулата“.

Към момента са предложени редица OM модели, които изискват сложни изчисления [7, 8]. Настоящата разработка би улеснила значително компютърната симулация на тези модели.

Структурата на настоящата работа е както следва. Във втора глава са описани софтуерните изисквания към интеграцията на GNTicker с MATLAB. В трета глава са дадени технически детайли по програмната ѝ реализация. В четвърта глава са разгледани особеностите при употребата на новата версия на GNTicker, както и пример за използване на функционалност на MATLAB в OM модел. Накрая са дадени насоки за бъдещо развитие на програмния продукт.

## 2. Изисквания

Поддържаният в момента език GNTCFL е слабо типизиран процедурен език със синтаксис, подобен на LISP [4].

За да може да се прехвърлят изчисленията на MATLAB, подходящ начин е дефинирането на нов примитив на GNTCFL – вградена функция, която да приема като параметри името на функцията на MATLAB, която трябва да бъде извикана, както и стойности за нейните формални параметри. След изпълнението си примитивът връща резултата, върнат от MATLAB-функцията.

За първата версия на модула, интегриращ GNTicker и MATLAB, беше решено да се поддържат следните типове данни за входните и изходните параметри на функции на MATLAB: числа с плаваща запетая; редици (едномерни масиви) от числа с плаваща запетая; матрици (двумерни масиви) от числа с плаваща запетая; символни низове. Поддържат се функции на MATLAB, които връщат нула или повече резултати от гореизброените типове данни.

От своя страна, GNTicker поддържа следните типове данни за характеристики на ядрата в OM [4], както са показани на Таблица 1.

Тип	Описание	Пример
double	Число с плаваща запетая, използва се и за цели числа и булеви стойности	12.345
string	Символен низ	"example"
vector	Наредена $n$ -торка от елементи, като всеки елемент може да бъде от всеки от изброените типове	[1 [2 3.14] "abc"]
object	Указател към компонент на OM	

Таблица 1. Поддържани от GNTicker типове данни за характеристики на ядрата в OM

За повечето от посочените типове данни съществува очевиден съответен тип на GNTicker. За матриците се използват вектори от вектори с еднаква дължина. За функциите на MATLAB, които връщат няколко резултата от евентуално различен тип, се конструира нов вектор, който съдържа тези резултати в същия ред.

Първата версия на модула поддържа извикването на външен .m файл, съдържащ функция на MATLAB, дефинирана от потребителя. Този подход дава достатъчно свобода на потребителя, тъй като дефинираната от него функция може както директно да делегира изчисленията на дадена вградена функция на MATLAB, така и да съдържа сложна потребителска логика.

### 3. Реализация

Връзката на GNTicker с MATLAB се осъществява чрез MATLAB Engine. MATLAB Engine позволява изчислителните възможности на MATLAB да бъдат използвани наготово от външни програми, с което се скъсява времето за разработването им [10].

Обърнато е внимание да не се добави зависимост на изпълнимите файлове на GNTicker от библиотеките на MATLAB, за да е възможно потребител, който не притежава MATLAB, да използва останалата функционалност на GNTicker. За целта модулет, осъществяващ интеграцията между двата софтуерни продукта, е реализиран като отделно приложение, с което GNTicker комуникира чрез командни параметри и входно-изходни файлове. Новото приложение е написано на C++ и изисква инсталиран MATLAB, за да се свърже с него посредством MATLAB Engine.

### 4. Внедряване и употреба

За да може да се използва новата функционалност на GNTicker, потребителят трябва да разполага с инсталирана версия на MATLAB. Необходимо е и интерпретаторът за OM да бъде стартиран с администраторски права, за да има достъп до MATLAB.

Към момента разработеният софтуер е тестван с MATLAB версия 7.0.1 под Microsoft Windows.

Новият GNTCFL примитив има следния синтаксис:

```
(matlab <function_name> [<arguments>])
```

където името на MATLAB-функцията се задава като низов литерал, а след него се изреждат необходимия брой аргументи на функцията. Примитивът връща като резултат върнатата от MATLAB-функцията стойност. Както беше посочено по-горе, ако функцията връща няколко стойности, примитивът връща вектор, чиито елементи са съответните върнати стойности. Следният пример демонстрира извикването на функция на MATLAB от предикат, написан на GNTCFL:

- GNTCFL предикат:

```
(defun p1 "1;tokens.Alpha1.char" () ()
  (>= (matlab "example"
             #0
             (* #0 2)
           2))
```

- MATLAB-файл с име example.m:

```
function Y = example(M, N)
Y = length(primes(N)) - length(primes(M - 1));
```

Дадената по-горе функция `example` пресмята броя на простите числа в интервала  $[M, N]$ . Предикатът `p1` проверява дали характеристиката по подразбиране на ядрото `Alpha1` е такова число  $n$ , за което е изпълнено следното свойство: съществуват поне две прости числа в интервала  $[n, 2n]$ . Текущата версия на `GNTicker` изисква файлът `example.m` да бъде поставен в същата директория, където е изпълнимият файл (`TickerServer.exe`). В бъдещите версии това ограничение ще отпадне.

## 5. Заключение

Реализираната интеграция на `GNTicker` с `MATLAB` значително улеснява създаването на реално приложими `OM` модели, съдържащи предикати и характеристични функции със сложни изчисления. Като насока за бъдещо развитие може да се посочи усъвършенстването на протокола за комуникация `GNTP` между `GNTicker` и клиентските приложения (например `GN IDE` [5, 6]), както и на потребителския интерфейс на `GN IDE`, с цел улесняване на работата на потребителя с файлове на `MATLAB`.

## Благодарности

Настоящата разработка е осъществена с подкрепата на Фонд „Научни изследвания“, договор № ДИД-02-29 „Моделиране на процеси с фиксирани правила за развитие“.

## Литература

- [1] Atanassov, K. *Generalized Nets*. World Scientific, Singapore, New Jersey, London, 1991.
- [2] Atanassov, K. *On Generalized Nets Theory*. Academic Publishing House, Sofia, 2007.
- [3] Trifonov, T. and K. Georgiev. `GNTicker` – A software tool for efficient interpretation of generalized net models. *Issues in IFSs and GNs*, Vol. 3. Warsaw, 2005, 96-110.
- [4] Trifonov, T., K. Georgiev, K. Atanassov. Software for modelling with generalised nets. *Issues in IFSs and GNs*, Vol. 6, 2008, 36-42.
- [5] Dimitrov, D. G. `GN IDE` – A software tool for simulation with generalized nets. *Proc. of 10<sup>th</sup> Int. Workshop on GNs*. Sofia, 5 December 2009, 70-75.
- [6] Dimitrov, D. G. A graphical environment for modeling and simulation with generalized nets. *Annual of "Informatics" Section, Union of Scientists in Bulgaria*, Vol. 3, 2010.
- [7] Alexieva, J., 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. – In: *Raffles KvB Monograph*. Vol. 10. 2007, 207-301.
- [8] Pencheva, T., P. Georgiev, O. Roeva. A comparison of wastewater treatment modelling with partial differential equations and generalized nets. *Proc. of 1<sup>st</sup> Int. Workshop on IFSs, GNs and KE*, London, 6-7 Sept. 2006, 105-110.
- [9] `MATLAB` – Product Description. <http://www.mathworks.com/products/matlab/description1.html>, достъпена през август 2011.
- [10] Using `MATLAB Engine`, [http://www.mathworks.com/help/techdoc/matlab\\_external/f29148.html](http://www.mathworks.com/help/techdoc/matlab_external/f29148.html), достъпена през август 2011.