

## **ПРИЛОЖЕНИЕ НА СИМУЛАЦИОННИ ПОДХОДИ ЗА МОДЕЛИРАНЕ И АНАЛИЗ НА ЕЛЕМЕНТИТЕ НА КРИТИЧНАТА ИНФРАСТРУКТУРА**

**Георги Киров<sup>1</sup>, Иван Иванов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт по управление и системни изследвания – Българска академия на науките,*

<sup>2</sup>*Институт по паралелна обработка на информацията – Българска академия на науките*  
e-mail: kirov@icsr.bas.bg

**Ключови думи:** симулиране, HLA/RTI, критична инфраструктура

**Резюме:** Статията представя предимствата от практическото приложение на симулационна среда позволяваща интегрирането на различни симулационни модели, които комуникират помежду си на базата на стандартизиран механизъм за обмен на информацията. Това дава възможност да се моделират различните събитията възникнали в резултат на бедствие и да се симулира сумарния им ефект върху жизнено важните инфраструктурни обекти. Симулационната среда предоставя комуникационни функции и услуги, които изолират разработчиците от процедурите необходими за интегриране на симулационните модели и осигурява комуникационна инфраструктура за координиране и синхронизиране на моделите по отношение на времето. Представен е конкретен пример, който проследява процеса на създаването на симулационните модели използващи общ стандарт за взаимодействие и стандартизиран обмен на данни.

### **1. Въведение**

Трагичните последици от зачестилите терористични нападения и катастрофални природни бедствия създават необходимост от специални инструменти за анализиране и оценка ефективността на защитата на критичната инфраструктура [КИ] при изследване на различни сценарии отразяващи вероятните заплахи [1]. Този факт обяснава повишения интерес към симулационните подходи за моделиране и анализ на системи за управление при кризи. В резултат на това са създадени многобройни модели, които моделират различни аспекти от проблема за защитата на критичната инфраструктура. В по-голямата си част симулационните модели са разработени от различни специалисти независимо един от друг, като се използват различни инструменти за моделиране и симулиране (M&C). По този начин се постига частично решаване на проблема, защото не се отчита сумарния ефект от възникването на отделни събития и вероятните последици за елементите на КИ в следствие на инцидент [2].

Като опит за решаване на този проблем експертите в областта са насочили своите усилия към използването на среда за Компютърно Подпомаганите Учения (КПУ) [5], която позволява интегрирането на независимо разработени симулационни модели отразяващи различни аспекти от възникналата кризисна ситуация. Този тип учения е все по-често използван инструмент в сектора на сигурността за анализиране и повишаване на ефективността на спасителните действия при управление на кризи, както и подобряване на безопасността на спасителните екипи.

Ефектът от едно бедствие, независимо от неговия характер, зависи от сложен комплекс от разнородни събития. Например, едно земетресение предизвиква проблеми в различни елементи на КИ – транспортната мрежа, енергетиката, здравната помощ, информационната инфраструктура и т.н. Сложността на проблема се допълва от взаимното влияние между отделните инфраструктурни обекти, което може допълнително да утежни последиците от бедствието. Следователно за оценка на реалната заплаха за елементите на КИ е необходимо да се анализират различните аспекти на възникналата кризисна ситуация.

---

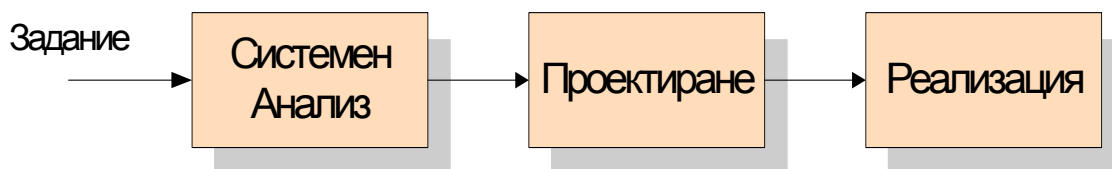
\* This publication is supported by NATO Scientific Division in the framework of Science for Peace Program – Project Sfp 981149 (2005-2007) Center of Excellence in Operational Analyses (<http://www.gcmarsshall.bg/sfp981149>)

Целта на статията е да се представи методология за разработка и внедряване на средата използвана за проведеното в България КПУ за управление на кризисни ситуации EU-TACOM 2006 (European Union Terrorist Act Consequences Management in South-East Europe 2006).

## 2. Подход за разработка и внедряване на среда за КПУ

За изграждането на концепцията за обща симулационна среда за КПУ за управление при кризи е използван системния подход. По същността си това е интердисциплинарен подход, който обхваща целия жизнен цикъл на една сложна система, като се започне от ранните етапи на системната спецификация и се завърши с тестването на системата. Необходимостта от използване на такъв подход идва от сложността на изследвания проблем, което налага да се обобщи опита на различни специалисти (системни инженери, ИТ специалисти, математици и т.н.) с цел дефиниране на изискванията към архитектурата на симулационната среда за симулиране и анализ на елементи от КИ. Ползата от този подход е възможността да се оцени максимално точно кризисната ситуация и да се вземат правилните решения за действия в такава обстановка.

Реализирането на КПУ EU-TACOM SEE 2006 е съобразено с изискванията и стандартите за изграждане на сложни симулационни системи. Съвременните методи на работа изискват да се следва определена последователност, наложена от съответните стандарти, при реализиране на широк кръг от системи (Фигура 1).



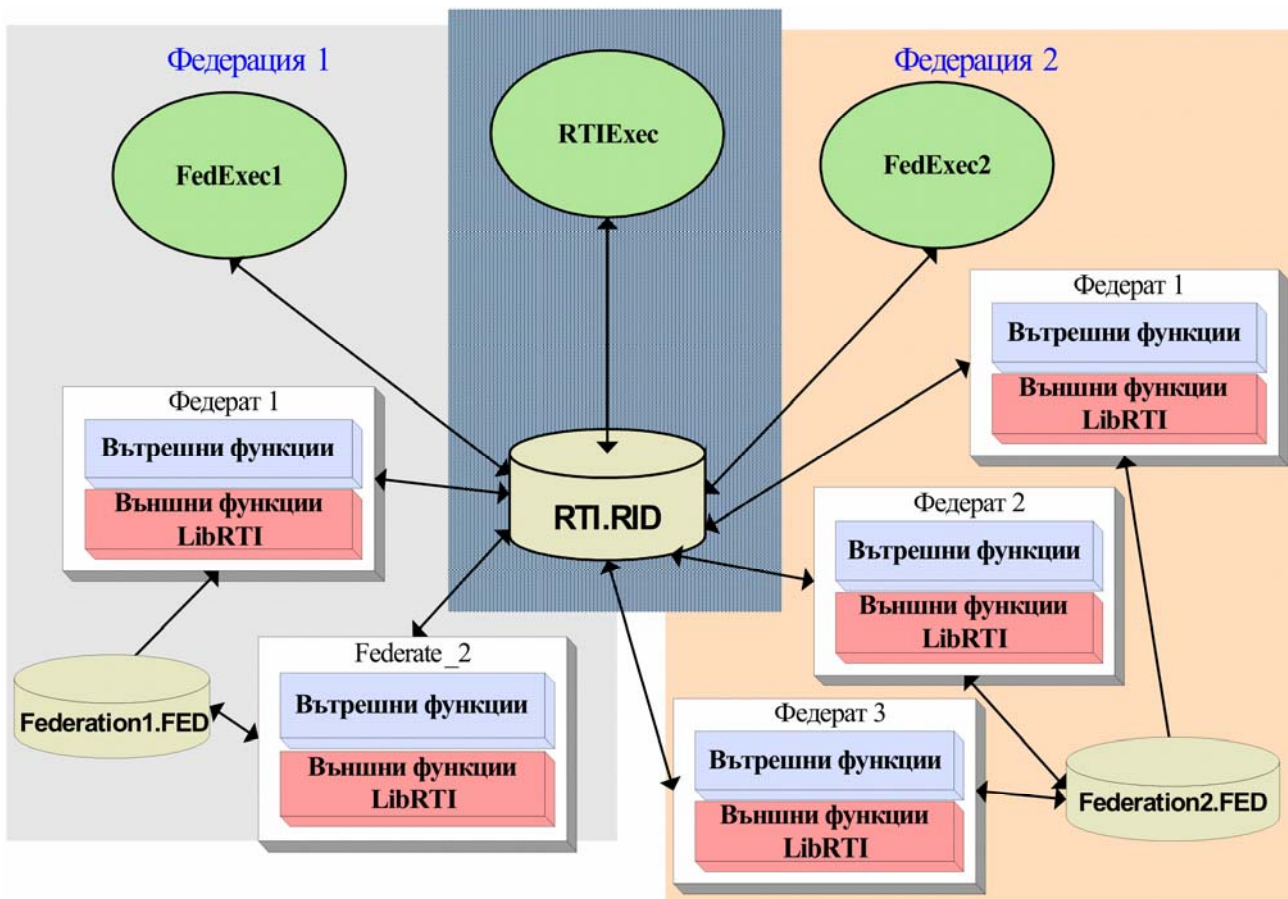
Фиг 1. Етапи на изграждане на симулационната система

## 3. Симулационна технология

Ролята на Моделирането и Симулирането (M&C) [4] при изследване на влиянието на различни инциденти върху КИ е осъзната още преди няколко десетилетия [6]. Докато в началото на 80-те години тя се е изразявала в моделиране на отделно събитие, съвременното технологично развитие позволява детайлното изследване на инцидента, като се моделират основните му аспекти, неговото влияние върху населението, реакцията на държавните служби и агенции, отговорни за действия в такива ситуации.

Поради сложността на изследваната област за пълното описание на бедствие трябва да се изградят множество симулационни модели, които да комуникират помежду си. Това налага използването на комуникационна архитектура базирана на стандарта HLA (High Level Architecture), която предлага стандартизация на интерфейсите между отделните модели и позволява стандартизиран механизъм за обмен на информацията между моделите [7]. HLA стандарта дава една систематична и последователна основа за проектиране и разработване на разпределени симулации.

Според терминологията на HLA, една федерация представлява набор от симулации, свързани посредством HLA RTI стандарта. Всяка симулация в рамките на федерацията се нарича федерат. Отделните федерати си взаимодействат помежду си посредством комуникационната среда или механизъм за разпределение на моделите и данните, наречен Run Time Infrastructure (RTI). RTI предоставя комуникационни функции и услуги, които освобождават програмиста от процедурите необходими за интегриране на симулационните модели и комуникациите между тях. Основните компоненти на примерна симулационна система, базирана на HLA RTI стандарта са показани на Фигура 2:



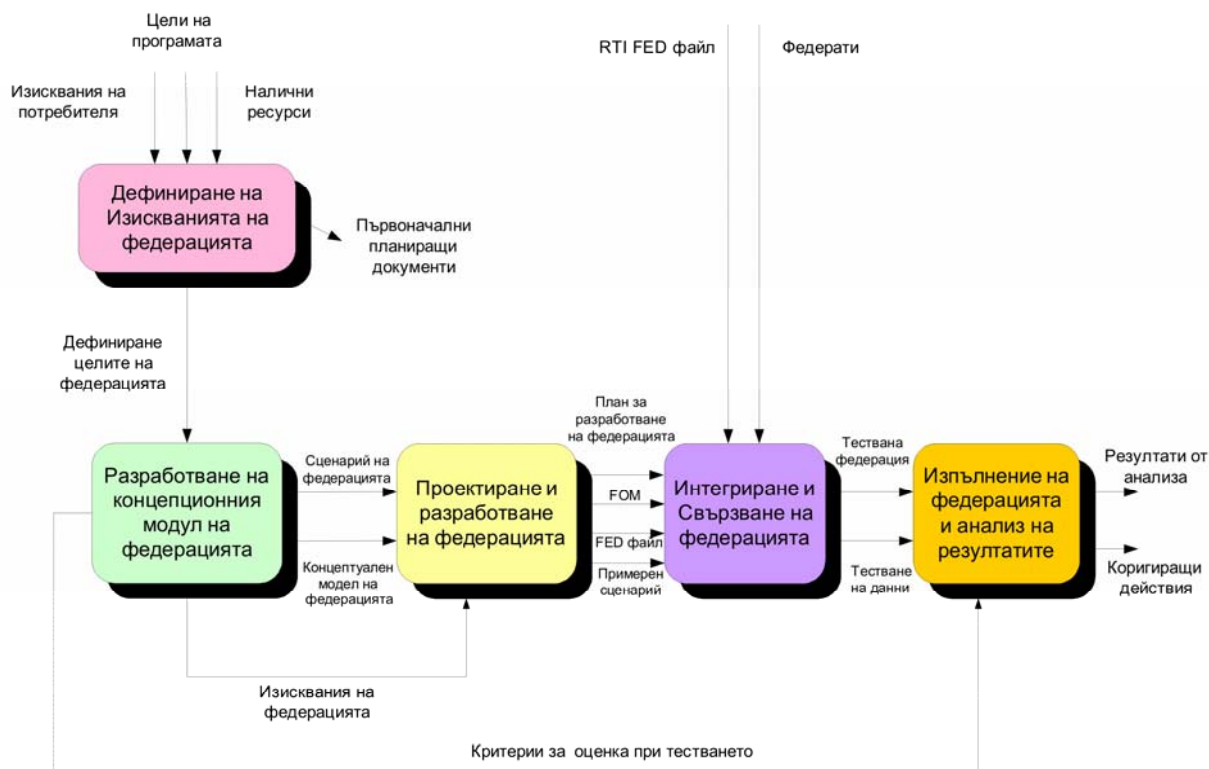
Фиг. 2. Компоненти на HLA симуляционна система

- Федерация – разпределена симуляция съответстваща на множество федерати, които си взаимодействат посредством RTI услугите плюс един FOM;
- Федерат –HLA-съвместима програма за симуляция;
- FedExec – процес, който управлява федерацията, като позволява на федератите да се свързват и отказват от нея и улеснява размяната на данни между участващите във федерацията федерати;
- FED файл (файл с данни за изпълнението на федерацията) – съдържа информация, която е получена от FOM и използвана от RTI в реално време;
- RTIExec – глобален процес, който управлява създаването и спирането на федерациите;
- RID файл – данни за инициализация на RTI и компютърната мрежа;
- LibRTI – прави услугите (методи) на HLA достъпни за федератите.

Всяка HLA симуляционна система има по един файл RTIExec и RTI.RID, използвани съответно от двете федерации. Всяка федерация съдържа свой собствен FedExec и FED файл. FedExec1 управлява изпълнението на Федерация1, FedExec2 управлява изпълнението на Федерация2. Федерация1 съдържа два федерата: Федерат1 и Федерат2. Федерация2 съдържа три федерата: Федерат1, Федерат2 и Федерат3.

#### 4. Процес на разработване и изпълнение на федерации

Процесът на разработване и изпълнение на една симуляция (FEDEP - Federation Development and Execution Process) е описан на Фигура 3. FEDEP е процес на високо ниво, който подпомага интегрирането на независими симулации и позволява повторно им използване на симуляционно ниво посредством единна симуляционна среда, в която независими симуляционни модули могат да бъдат комбинирани.



**Фиг. 3. Етапи на изграждане на симулационната система**

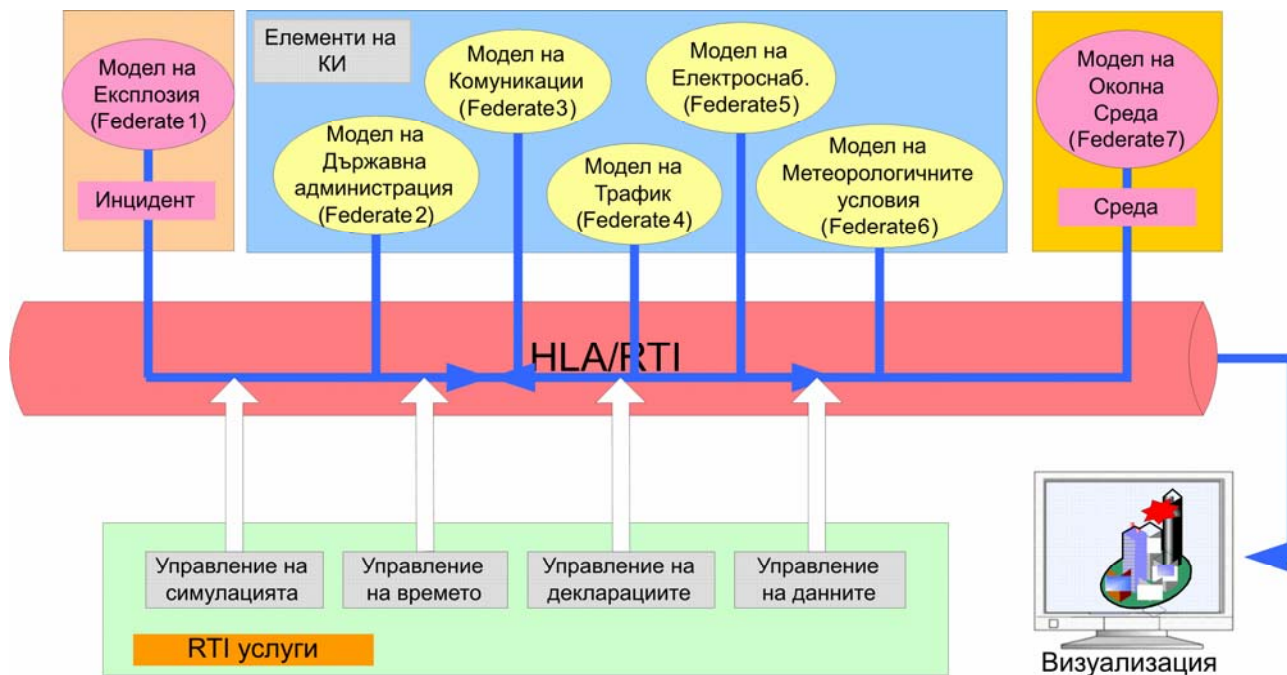
В първата част на FEDEP се определят целите и изискванията, които ще поддържа федерацията. Една федерация може да се изгради за единично упражнение или анализ или може да продължи да съществува във времето. Концептуалният модел на най-високото ниво на федерацията се използва като ръководство за действителното създаване на федерацията.

Втората стъпка на FEDEP е да се извърши детайлно проектиране на федерацията посредством избор на модели или симулации, които ще бъдат включени и решаване каква функционалност носи на федерацията всеки модел и средство за симулационна поддръжка/управление. Най-важната част от процеса на установяване на съвместимостта между различните симулации е разработването и документацията на FOM (Federation Object Model), използван за дадената федерация. FOM включва детайлно описание на цялата информация, която се обменя в разпределената федерация и трябва да отчита възможностите на различните членове на федерацията.

Разработването на дадена HLA федерация обикновено изисква интензивно сътрудничество между участници и потребители в областите на дефиниране на изискванията, разработването на сценария и последващото изпълнение, тестване и анализ на федерацията. При такава сложност и потенциални възможности за грешки, инженерите разработващи федерации препоръчват използването на средства за автоматизация на потока от дейности.

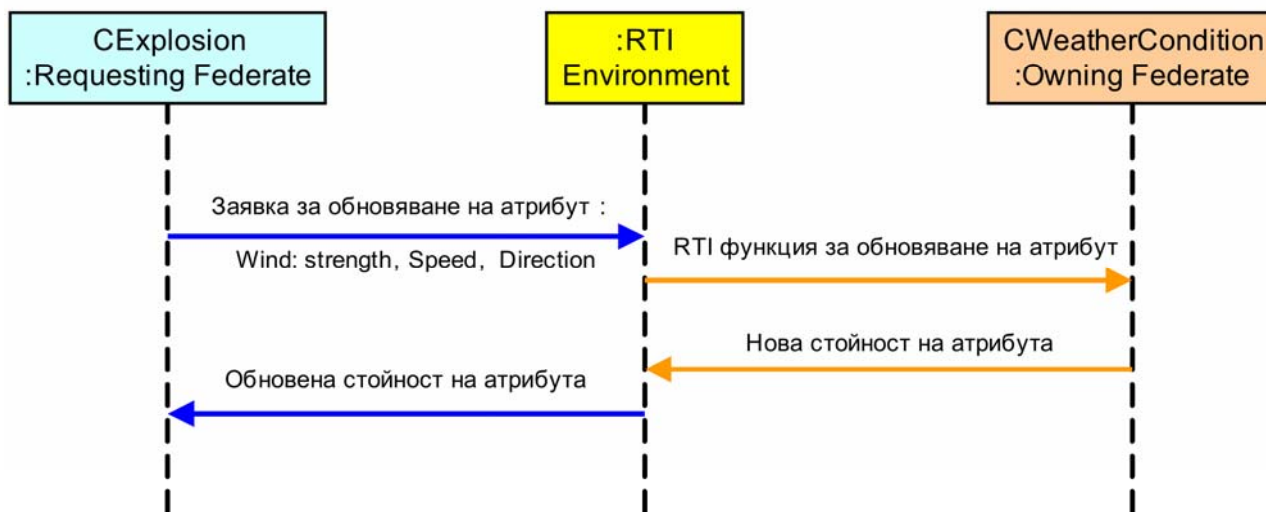
#### 4. Приложение на симулационната технология

Предимствата от предлаганата симулационна среда за КПУ за управление при кризи са демонстрирани в КПУ EU-TACOM SEE 2006 като е разгледан конкретен пример за избухване на "мръсна" бомба (цезий) по време на футболен мач [3]. В примерния сценарий необходимите симулационни модели са дефинирани на базата на анализ на предметната област на управлението при кризи. Моделите са взаимно-зависими, което означава, че те трябва да комуникират посредством общоприет стандарт. На базата на внимателно изследване на връзките между отделните елементи на федератите се дефинират данните, които трябва да се обменят между симулационните модели (Фигура 4). Интегрираните модели не комуникират директно, а посредством RTI. За тази цел RTI предоставя комуникационни функции и услуги, които изолират потребителския интерфейс от процедурите необходими за реализирането на информационен обмен. Интерфейсът между моделите и RTI се реализира посредством API на няколко програмни езика.



Фиг. 4. Симуляционен модел за разглеждания пример

Фигура 5 показва последователността при обмена на информация между федератите на експлозията и метеорологичните условия във федерацията на разпространение на радиоактивното замърсяване. Демонстрирана е ролята на RTI като посредник при обновяването на атрибутите на моделите.



Фиг. 5. Обмен на стойностите на атрибутите

## 5. Заключение

Статията представя предимствата от използване на симуляционните подходи за моделиране и анализ на елементите на Критичната Инфраструктура. Те могат да се обобщят в моделиране на взаимните връзки между различни събития, произтичащи от една кризисна ситуация, като по този начин по-точно могат да се прогнозираат последиците за хората и елементите на КИ и да се планират по-ефективно спасителните действия. Разгледан е конкретен пример, в който е използвана симуляционна среда, която позволява интегрирането на различни симуляционни модели, които да комуникират помежду си на базата на стандартизиран HLA/RTI механизъм за обмен на информацията.

## Литература

1. Analysis and Assessment for Critical Infrastructures Protection (ACIP), <http://www.iabg.de/acip/index.html>
2. J a i n, S., M c L e a n R. (2003), A Framework for Modeling and Simulation of Emergency Response, Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference, Dec. 7-10, New Orleans, Louisiana, pp. 1068-1076.
3. К и р о в Г., Интегриране на симулационни модели на елементи от Критичната Инфраструктура в единна симулационна среда, Конкурс: "Научна поддръжка на трансформацията в сектора за сигурност – 2006" ЦЕНТЪР ЗА ИЗСЛЕДВАНИЯ ПО НАЦИОНАЛНА СИГУРНОСТ И ОТБРАНА – БАН, 27 Септември, София, България, 2006, Сборник „Научна поддръжка на трансформацията в сектора за сигурност“, Академично издателство „Проф. Марин Дринов“ ISBN-10: 954-322-175-8, ISBN-13: 978-954-322-175-2, стр 143-159
4. L a w, A., K e l t o n D. (2000), Simulation Modeling and Analysis, (3) New York: McGraw-Hill. pp. 296- 297.
5. National Research Council (2002), Making the Nation Safer: The Role of Science and Technology in Countering Terrorism, Washington DC: National Academies Press.
6. S u l l i v a n, T h o m a s J. (1985), Modeling and Simulation for Emergency Response, Lawrence Livermore National Laboratory, Report No. UCRL 9.
7. The HLA Web Site: <http://www.dmsomil/public/transition/hla>.