

SIMULAČNÍ TECHNOLOGIE A VÝCVIK ZÁCHRANNÝCH SLOŽEK

SIMULATION TECHNOLOGY AND TRAINING OF RESCUE SERVICES

Martin HUBÁČEK, David ŘEZÁČ
martin.hubacek@unob.cz, davidr@vrg.cz

Došlo 29. 7. 2013, přijato 16. 9. 2013.

Dostupné na http://www.population-protection.eu/attachments/047_vol5n3_hubacek_rezac.pdf.

Abstract

This article aims to show a new perspective on the use of constructive simulations. It was used for training of military staffs for a long time. Training of rescue services staffs is a logical continuation of use of this technology. Greater reality of the simulation models can be obtained by the implementation of the CGF in the constructive simulation environment. Constructive simulation environment with elements of CGF is suitable for training of rescue services for many reasons. The most important reasons are the complexity of the training, inducing situations close to reality, the repeatability of training, infinite number of incidents, low cost, health and the environmental protection.

Key words

Constructive Simulation, Training, Rescue System Management, Computer Generated Forces - CGF, Computer Assisted Exercise – CAX.

Simulace a výcvik s využitím simulačních technologií jsou stále rozšířenějším jevem v celém světě. Masivní pronikání simulací do širokého spektra oborů a činností je stimulováno výrazným výkonnostním rozvojem a současným zlevňováním technických prostředků. Simulace se využívá ve výrobě či při plánování výrobních procesů, při projektování staveb se simulují nejrůznější vlivy, které na danou stavbu budou působit (zemětřesení, vítr, deště, povodeň, ...). Simuluje se vliv dopravy na kvalitu bydlení, šíření hluku kolem komunikací, šíření povodňových vln po velkých deštích, efektivita účinků dělostřelecké munice v závislosti na úhlu dopadu a výšce výbuchu nad terénem, vliv použití laserů v okolí letišť na bezpečnost leteckého provozu a další skutečnosti.

Simulaci je tak dnes možné nalézt téměř ve všech oborech lidských činností. V řadě z nich má nezastupitelné místo. Výcvik personálu je právě takovou oblastí, kde možnosti simulace nejsou a nebudou v nejbližší době ani vyčerpány. Přesto do oblasti výcviku osob mimo vojenství proniká počítačová simulace relativně pomalu. Toto je způsobeno nedůvěrou některých lidí v nové technologie a

relativně vysokými počátečními náklady na vybudování komplexních simulačních center (technické a programové vybavení, vypracování metodik a postupů využití, vyškolení obsluh atd.). Mnohem častější je proto výskyt izolovaných jednoúčelových řešení, kterými jsou virtuální simulátory techniky, postupové trenažéry a další relativně samostatné výcvikové moduly. Komplexní simulátory pro výcvik štábů či pro řízení organizačních celků jsou tak až na výjimky k nalezení pouze ve vojenských zařízeních.

I přes výše uvedené skutečnosti se příprava resp. výcvik personálu s využitím simulačních a trenažerových technologií stává v řadě oborů častým a objektivním jevem. Důvody lze spatřovat zejména v tlaku na úspory, které se začínají projevovat již v relativně krátkém časovém horizontu. Dominujícím prostředím určeným zejména pro přípravu personálu pracujícího v týmu je konstruktivní simulace a to i přesto, že jsou v posledních letech rozvíjeny intenzivně metody virtuální simulace a využívání počítačových her pro výcvik.

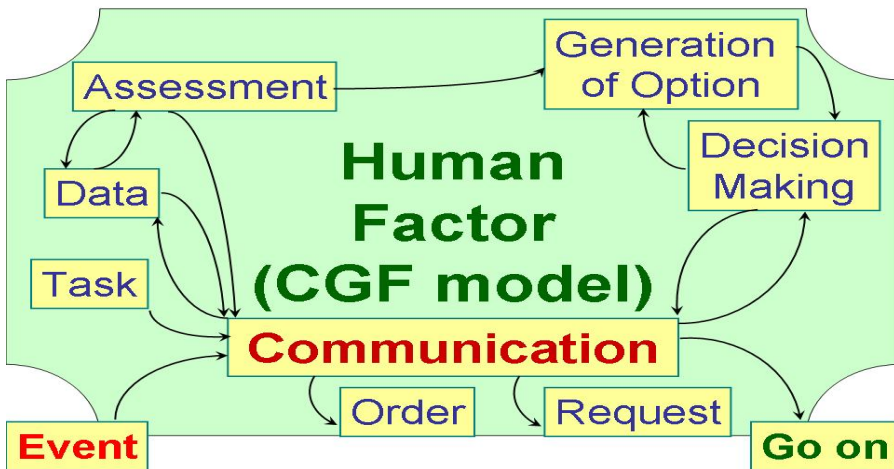
V České republice bylo již v roce 2000 vybudováno Centrum simulačních a trenažerových technologií (CSTT) jako jedinečné armádní výcvikové zařízení. CSTT tak má bohaté zkušenosti z využívání konstruktivní, virtuální a živé simulace k přípravě vojenských profesionálů k činnostem v bojových i nebojových operacích. Od roku 2005 experimentálně a od roku 2007 i při plnohodnotných cvičeních bylo v centru vyzkoušeno, nakolik je prostředí konstruktivní simulace využitelné i pro přípravu personálů ve štábech, které neplní úkoly v bojových operacích a prioritně jsou připravovány k plnění úkolů při ochraně obyvatelstva a majetku. V rámci proběhlých cvičení probíhal výcvik zaměřený na organizování záchranných operací spojených s přírodními katastrofami či kalamitami, ekologickými haváriemi, ochranou VIP a dalšími společensky nebezpečnými událostmi (demonstrace radikálů, řešení následků terorismu) [4] [5].

Prostředí CSTT (technické a programové prostředky) lze využívat k přípravě vybraných specializací IZS a složek MV ČR při respektování některých omezení. Ty jsou dány prioritním zaměřením centra na výcvik armádních uživatelů. Toto zaměření centra a uzpůsobení simulačních nástrojů objektivně snižují možný rozsah použití konstruktivní simulace v CSTT k přípravě specialistů a složek IZS. Přesto všechny zkušenosti z experimentů i uskutečněných cvičení ukazují, že prostředí konstruktivní simulace, ve kterém jsou implementovány modely entit na bázi CGF (computer generated forces), je vhodné pro přípravu příslušníků záchranných složek a krizových štábů. Toto prostředí je ale nezbytné doplnit o další modely týkající se vybavení, úkolů a činností záchranných složek tak, aby jejich vlastnosti, parametry, chování a vzhled odpovídaly co nejvěrněji skutečným objektům, prostředkům, médiím, pomůckám a postupům těchto složek. Toto doplnění pravděpodobně nebude možné plnohodnotně realizovat v armádním prostředí. Omezení vyplývající z financování rozšíření schopností systému, kapacitních možností CSTT a požadavku na mezirezortní spolupráci budou asi zásadními v dalším rozvoji těchto schopností. Možnou alternativou je vybudování obdobného centra zaměřeného na výcvik záchranných složek, případně jeho propojení s CSTT. Návrh řešení simulačního prostředí pro záchranné složky je

popsán i v tomto článku, který vychází z výsledků projektu bezpečnostního výzkumu SIMEDU – „Výzkum využití simulačních technologií pro přípravu a výcvik příslušníků a štábů IZS“.

Požadavky na technická řešení a modely CGF

Při výcviku štábů slouží systémy konstruktivní simulace jako prostředek pro navozování počátku děje (události), pro rozvoj děje a s ním souvisejících průvodních jevů a událostí. Vytváří tak v syntetickém prostředí podmínky, které odpovídají realitě jak z hlediska souslednosti událostí a doby jejich trvání, tak i vzhledem k vlivům simulovaných entit mezi sebou a mezi entitami a prostředím. Systémy, kde je chování entit založené na modulech CGF, je kromě zabezpečení co nejreálnějšího chování možné využít i ve funkci arbitra, který vyhodnocuje kvalitu a adekvátnost řešení některých simulovaných situací a událostí. Potřebná realita provádění správných postupů spolu s vlivem chování člověka v dané situaci (tj. subjektivním faktorem) je do simulace vnášena kromě vnitřních algoritmů simulačních systémů a modulů CGF i tím, že ovládání entit nebo jejich skupin je řízeno specialistou na danou činnost prostřednictvím operátora simulátoru. Tímto způsobem se v systémech konstruktivní simulace eliminují negativní vlivy a nedokonalosti v chování entit CGF v tzv. (polo)automatickém režimu s využitím umělé inteligence.



Obr. 1
Model CGF s hlavními moduly

Obecně pojem CGF představuje počítačový model entit, který prezentuje lidské chování v simulačních výcvikových systémech. Věrnost chování je vždy závislá na požadované úrovni detailnosti simulace. Míra CGF je tedy závislá na požadované kvalitě chování modelů ve srovnání se skutečným objektem.

Vnitřní struktura modelu CGF [2] se skládá z několika modulů, které jsou vůči sobě ve vzájemných vazbách (Obrázek 1). Uvedený příklad je možné chápat jako variantu modelu aplikovaného v modelech rozhodovacích procesů. Model zahrnuje:

- modul, který sestavuje potřebnou sadu strukturovaných dat (modul Data), která vychází z modulu hodnocení situace (modul Assessment);
- modul hodnocení situace (Assessment) – definuje požadavky, podle kterých se vytváří sada dat, tlumočí přijatý úkol (Task), aktualizuje vývoj a hodnocení situace, definuje nebo monitoruje významné nebo kritické události z hlediska přijatého úkolu;
- modul generování rozhodnutí (Generation of Option) – sestavuje sadu možných řešení dané situace a dává modelu CGF „inteligenci“, vytváří směr plnění úkolu;
- modul rozhodnutí (Decision Making) – podle stanovených kritérií „přijímá“ rozhodnutí konečného řešení dané etapy řešení úkolu, podílí se na podpoře „vyjednávání“ rozhodnutí, zda řešení pokračuje v režii modelu CGF nebo jej přejímá člověk;
- komunikační modul (Communication) – zprostředkovává výměnu dat mezi CGF a dalšími prvky simulačního systému a transformuje data do potřebných formátů pro komunikaci mezi niternými prvky modelu CGF a externími prvky simulačního systému, jehož je CGF součástí.

Konečné rozhodování o řešení úkolu (Go on) může být orientováno buď na akci, nebo na cíl, který se má plnit.

Historicky pojato byly systémy CGF vyvinuty jako „náhrada“ nepřítele ve virtuální simulaci (simulátorech). Jejich uplatnění je ale mnohem větší. V posledních letech pronikají do dalších druhů simulace. V konstruktivní simulaci jsou modely CGF implementovány jako objekty, které mají „vlastní inteligenci“. Představují zde konkrétní odraz tzv. lidského chování (jednotlivce nebo i skupin osob, davu apod.) v daných podmínkách, situaci a prostředí. V rozvinutých systémech jsou modely CGF vytvářeny i pro technické prostředky, zařízení, vozidla, zbraňové systémy apod. Řešení konstruktivní simulace s využitím modulů CGF může výrazně snížit požadavky na počet operátorů systému, protože chování objektu-entit na vnější podněty nebo zadané úkoly je algoritmizováno a operátoři mohou obsluhovat větší množství entit. To je vhodné zejména v systémech s malou mírou agregace. Ty jsou určeny pro výcvik malých jednotek a umožňují simulovat činnost jednotlivých vozidel a malých skupin osob či dokonce jednotlivců [7] [10] [13] [14].

Při simulaci záchranných jednotek (hasiči, zdravotníci, policie a další) je agregace jednotek rovněž nežádoucím jevem, protože činnosti, které tyto jednotky vykonávají, provádí často malé skupiny osob nebo se skládají z řady úkolů plněných jednotkou v jeden okamžik na více místech. Z tohoto předpokladu spolu

s vhodností vytvoření modulů CGF bylo vycházeno i při sestavování základní sady entit a nastavování jejich chování v rámci řešeného projektu.

Požadavky na výcvikové pracoviště

Každé výcvikové pracoviště má svá vlastní specifika. Ty jsou dány především formou prováděného výcviku, cílovou skupinou cvičících, lokálními zvyklostmi (tradice, odbornost, ...) a zejména technikou provedení cvičení. Svá specifika mají i pracoviště využívající simulační technologie. Ty se musí zohlednit jak ve vybavení pracoviště, tak i v přípravě a organizaci vlastních cvičení [1] [8].

Jako základ vybavení pracoviště je možné považovat vlastní systém konstruktivní simulace, který tvoří páteř celého výcvikového zařízení. Pracoviště pro výcvik štábů založené na konstruktivní simulaci musí být ale vybaveno i dalšími podpůrnými nástroji, které jsou důležité pro dotváření vazeb mezi jednotlivými zasahujícími složkami. Těmito nástroji jsou prostředky simulovaného komunikačního systému nahrazující reálné komunikační prostředky cvičících (telefony, vysílačky, interkomy, faxy a nejrůznější datová spojení). Jako velmi vhodné se jeví rozšíření možností konstruktivní simulace o 3D vizualizaci. Tento nástroj umožní cvičícím pohled na simulované děje velmi blízký reálným vědom. 3D prostředky mohou simulovat přímý pohled na místo události nebo pohled z kamerového systému či vrtulníku kroužícího nad incidentem. Posledním důležitým prostředkem je „logger“ záznamník průběhu simulace, synchronně nahrávající simulaci i komunikaci vedenou pomocí simulovaného komunikačního systému. Záznam je možné využít při rozboru cvičení, ale i pro tvorbu statistických výstupů z průběhu simulace. Neocenitelnou roli hraje ve sporných situacích, kdy umožňuje přehrát libovolnou situaci a tím i její objektivní zhodnocení. Často je záznam simulace využíván i k diskusím nad dalšími možnými variantami řešení proběhlé situace, čímž obohacuje všechny účastníky cvičení o řadu nových myšlenek.

Kromě technického vybavení je pro vlastní výcvik důležité i rozdělení rolí při cvičení. Struktura cvičícího štábu, jeho vazby mezi členy štábu, vykonavateli a orgány podpory ovlivňuje i strukturu obecného modelu cvičení s využitím konstruktivní simulace. Tento model musí být dostatečně variabilní a nesmí ovlivňovat vazby, jež jsou pro dané štáby nastaveny v běžném životě (mimo výcvik). Zpravidla jsou účastníci cvičení rozděleni do následujících skupin:

- vlastní primárně cvičící (štáby záchranných složek a krizové štáby obcí a územních celků);
- skupina vlastních podřízených jednotek (sekundární cvičící – vykonávající pokyny cvičícího štábu);
- skupina rozehry (iniciace a vedení incidentů a událostí);
- skupina rozhodčí služby a ředitelství cvičení.

Speciálně je nutno zdůraznit, že obsazení vlastního krizového štábu nemusí být stabilní a liší se vždy podle řešené krizové situace, tak jako je tomu v reálné praxi. Proto navržený výchozí model včetně technických prostředků

představuje pouze jedno možné řešení, ve kterém se funkce, pozice a role prvků modelu mohou v průběhu řešení události a incidentu měnit. Celý systém je tak dostatečně variabilní a umožňuje nastavení v závislosti na konkrétních požadavcích výcviku. Například při cvičení, ve kterém bude řešen výbuch v nákupním centru, dominuje činnost hasičů a další složky (policie, zdravotníci, krizový štáb města, ...) působí především na pozicích ve skupinách rozehry a při podpoře cvičení. Po zjištění, že k výbuchu došlo na základě teroristického činu, dojde pravděpodobně k situaci, kdy dominantní roli při řešení události převezme policie.

Lze předpokládat, že podle výcvikových a výukových úkolů budou specialisté z prvků IZS, osoby hrající nebo plnící funkci starostů ORP a další „rotovat“ ve struktuře modelu mezi výše uvedenými skupinami. Proto příprava, provedení a vyhodnocení cvičení příslušníků krizových štábů vyžadují precizní činnost od všech, kteří cvičení připravují, řídí a hodnotí. Velký důraz je kladen na skupinu rozehry, která by svým působením měla vytvářet co nejrealnější situace a odezvy pro všechny úrovně cvičících.

CGF pro IZS

Požadavky na konstruktivní simulaci pro výcvik záchranných složek vycházejí z těchto prvotních předpokladů:

- minimální míry agregace;
- co nejvěrnější vyjádření a simulace prostoru, prostředí a času;
- maximální míra zachování skutečných časových norem při plnění úkolů;
- zachování postupů a souslednosti činností jako ve skutečném světě.

Tvorba vlastního technického (programového) řešení CGF „WASP“ se snažila všechny tyto požadavky naplnit v maximální míře. Prostedí je v simulátoru zabezpečeno kombinací terénní databáze vytvořené z podrobných geografických dat, modelu počasí a ostatních dynamických environmentálních modelů. Terénní databáze obsahuje všechny obvyklé objekty krajiny (vodstvo, komunikace, zástavbu, vegetaci, reliéf, půdy a další objekty). Jednotlivé objekty v závislosti na svém druhu mají předdefinovány vlastnosti ovlivňující simulaci vlastních entit [11]. Editor počasí umožňuje nastavit základní parametry (datum a čas, teplotu vzduchu, rychlost a směr větru, typ a intenzitu srážek, vlhkost a tlak vzduchu, druh oblačnosti, intenzitu světla, ...). Některé z parametrů jsou spolu vzájemně provázány na základě dějů probíhajících v atmosféře známých z meteorologie [6].

Dynamické modely prostředí umožňují dotvářet krajinu o objekty a jevy, které mění svou podobu v průběhu času. Těmito jevy jsou např.:

- vznik požáru a jeho možnost šíření v závislosti na počasí, objektech krajiny, sklonu terénu a půdách;
- vznik suti při výbuchu v zastavěné oblasti;
- možnost získání přírodních materiálů z existujících zdrojů (čerpání vody, těžba dřeva, kamene, písku, zeminy apod.);

- vznik kontaminovaných oblastí při úniku látek z průmyslových zdrojů;
- doplnění terénní databáze o budovy měnící svůj stav (hoření, demolice, ...) a vstup do budov.

Kromě definice prostředí je velmi důležitá i část modelů CGF, které musí s prostředím působit ve vzájemné interakci. Využití prvků CGF v konstruktivní simulaci použité pro přípravu záchranných složek vyžaduje vytvoření zcela nových modelů simulace nebo doplnění stávajících modelů simulátorů konstruktivní simulace o vlastnosti, které prozatím neměly implementovány. Stávající simulátory konstruktivní simulace například nesimulují proces postupného hoření objektu v závislosti na jeho stavu a konstrukčním materiálu, možnost hašení hořícího objektu, kontaminaci půdy a vodních zdrojů ropnými látkami a mnoho dalších vlastností a jevů. Kromě vlastní konstruktivní simulace je pro výcvik záchranářů důležitá i jednoznačná identifikace modelů osob a vozidel (entit) ve 3D zobrazení podle příslušnosti k dané jednotce a sboru. Dále musel být vyřešen problém jak vizuálně rozpoznat, zda hasič má nebo nemá nasazenou kyslíkovou masku a ochranný oděv. Toto je jen dílčí výčet problémů, které bylo nutné řešit při tvorbě prostředí konstruktivní simulace pro podmínky záchranných operací. Tato „slabá místa“, která má například konstruktivní simulace na bázi OTB a OneSAF využívaná v CSTT, výrazně omezují využití tohoto centra ve větším měřítku pro výcvik jak velitelů zásahu, tak i velitelů jednotek/úseků apod. Některé konkrétní postupy řešení těchto problémů souvisejících do značné míry s tvorbou entit a úkolů chování nebytných pro vlastní simulaci budou popsány v další kapitole.

Požadavky na modely prvků CGF zaměřené na výcvik IZS jsou obecně charakteristické zvýšenými nároky na detailnost těchto modelů v porovnání s modely používanými při výcviku vojenských štábů. Je nutno mít na paměti, že modely, jak jsou rozděleny a popsány níže, zasahují svými projevy do všech ostatních oblastí a uvedené dělení je tedy spíše orientační. Uvedený popis také nelze brát za konečný, neboť vzhledem k variabilitě nasazení složek IZS, je možné systém postupně obohacovat o další řešené úkoly.

Modely prostředí

Model oblasti – terénní databáze – je vyžadován v co nejvyšší míře detailnosti (relief i terénní prvky). Kvalita parametrizace jednotlivých terénních elementů se přímo promítá do průběhu simulace environmentálních jevů (např. typ půdy nebo porostu do modelu hoření, detailní výškopis do simulace záplavy) a také do simulace objektů – entit (typ půdy a sklon svahu ovlivňuje rychlost přesunu, druh a výška porostu nebo zástavby ovlivňují viditelnost). Pro výcvik IZS jsou významné i metainformace typu čísla domů, identifikační čísla sloupů el. vedení, mostů atp.

Na rozdíl od detailního zpracování terénu je vzhledem k rozsahu působnosti složek IZS dostačující model uniformního počasí v rámci celé terénní databáze. Předpokládá se parametrizace všech základních veličin charakterizujících stav počasí, zejména těch, které ovlivňují modely jevů v prostředí (např. teplota,

vlhkost, vítr, srážky ovlivňují model hoření), a chování ostatních objektů-entit (např. denní doba, mlha apod. ovlivňují viditelnost, možnost pohybu atd.).

Simulační systém musí umožňovat rovněž oboustrannou interakci entit s prostředím, ve kterém se pohybují. Z hlediska entity to je např. možnost založení nebo hašení požáru v terénu, zadýmení prostoru, chemická kontaminace oblasti, možnost čerpání vody z vodních toků a ploch, ničení budov s jejich případným rozpadem, kopání zeminy aj. V závislosti na této činnosti environmentální model „pokračuje“ v předpokládaném jevu, tj. požár nebo kontaminace se šíří nebo zaniká v závislosti na vstupních parametrech a parametrech prostředí, nebo následné činnosti entit, které jsou dějem v syntetickém prostředí rovněž ovlivňovány (teplotou, kontaminací apod.). Tyto požadavky na extrémní detailnost modelu prostředí implikují nejen zvýšené výpočetní nároky, ale také nároky na obsluhu, která musí všechny pro danou situaci podstatné prvky a jejich vliv na simulaci správně interpretovat.

Modely entit

Modely entit určených pro výcvik IZS se v obecné rovině neliší od modelů entit určených pro vojenský výcvik. Jedná se víceméně o řešení aspektů týkajících se činnosti IZS. V systému je připravena databáze entit obsahující:

- techniku a osoby z oblasti IZS (sanitky, hasičská a policejní vozidla, lékaře, hasiče, policisty apod.);
- civilní osoby a techniku (varianty modelů muž, žena, dítě pro vytvoření davů, civilní prostředky individuální a hromadné osobní dopravy, prostředky nákladní dopravy);
- funkční objekty (hasicí přístroje, tlakové lahve, čerpací stanice, hydranty, nosítka atd.);
- entity dotvářející scénu (mobiliář, stavební prvky, části staveb, plotů, hromady materiálu, dopravní prvky apod.).

Všechny modely respektují vlastnosti příslušných reálných objektů (takticko-technická data, rozměry, rychlosti, časové normy, transportní kapacity apod.). U entit se rovněž předpokládá celá škála možností poškození (žárem, dýmem, otravnou látkou, výbuchem, nárazem, pádem, ponořením, náhodná porucha). Dále se předpokládá ovlivnění schopností entit prostředím, ve kterém se pohybují (světelné podmínky, počasí), i entitami samotnými (míra poškození a stavu provozních zásob, působení ostatních entit). Pro danou oblast výcviku jsou specifické a nutné rovněž některé logické podmínky chování (automobil bez nasednutého řidiče nejede, ke spuštění čerpání PHM je potřeba obsluha apod.).

U živých entit je navíc nutné, aby míra jejich „poškození“ byla odrazem zranění, která vznikla v důsledku jevů prostředí, nebo činnosti ostatních entit. Zranění se mohou v čase vyvíjet, vyústit ve smrt (katastrofické zničení entity), případně jejich dopady mohou být v důsledku poskytnutí první pomoci či léčení eliminovány.

Modely úkolů a chování

Chování vytvořených modelů je možné rozdělit do dvou skupin. Tou první jsou vlastnosti typické pro téměř všechny objekty (modely) dané třídy a to ať zadávané pomocí operátorů systému nebo automatické chování. Do této skupiny patří takové úkoly, jako je přesun osob, zvířat a vozidel, nasedání a sesedání osob z vozidel, nakládání a vykládání předmětů a látek na vozidla, připojování, tažení a odpojování přívěsů či jiných entit. Příkladem automatického chování je respektování omezení prostředí při přesunu, nemožnost jízdy vozidla bez nasednutého řidiče nebo bez PHM, nemožnost překonat terénní překážku, která je nad rámec technických možností vozidla, množství nasednutých osob a hmotnost naloženého nákladu, rychlost jízdy po komunikacích a volným terénem v závislosti na podmínkách prostředí (snížená viditelnost, srážky, stav a sklon vozovky, povrch terénu) apod. Modely automatického chování jsou vytvořeny pro entity nebo jejich skupiny na základě analýzy potřeb výcviku a zamýšleného využití simulačního systému (u civilních osob může být např. žádoucí automatická reakce – útěk od místa požáru, naopak u hasičů je toto chování nežádoucí). Všechny tyto úkoly a vlastnosti lze relativně jednoduše parametrizovat a lze je nastavit na vytvářené entity podle potřeby.

Druhou skupinu úloh představují činnosti typické pro činnost záchranářů a zpravidla je vykonávána jen malou skupinou entit, či je dokonce podmíněna jejich kombinací, vybaveností materiálem nebo vlastnostmi prostředí. Těchto úkolů je velké množství a jejich vývoj nelze ukončit stejně tak jako jejich výčet. Systém musí svou otevřeností umožňovat v závislosti na nových požadavcích vytváření nových úkolů a tím zvyšovat schopnosti výcviku. Jako příklady specifických úkolů lze uvést:

- připojení se ke zdroji zásob, odpojení se od zdroje zásob, přesunutí (vlastních) zásob, řetězové předávání zásob (např. při propojení více hasičských cisteren);
- čerpání vody z řeky nebo vodní plochy;
- způsobení nebo zastavení unikání zásob (unikání PHM, oleje při poškození entity nebo na pokyn operátora např. při vypouštění zásobníku);
- zažehnutí požáru (zapálení entity, nebo bodu, linie, plochy v terénu);
- hašení bodu, linie, ochlazování (hašení již nehořícího objektu);
- kopání (s vytvořením hromady zeminy), generování sutí (při zničení budovy);
- ovládání vrtulníku (vzlet, vis, přistání, kroužení) či vlaku (umístění na koleje, otočení vlaku, ovládání dveří soupravy);
- specifické úkoly živé síly (změna postoje, nasazení masky nebo záruvzdorného obleku);
- úkoly vázané na vybrané entity (ošetření zraněného, operace s proudnicí, sebevražedný útok).

Reakce

Výhodou použití reakcí jako vlastností simulovaných entit je výrazné zjednodušení ovládání systému. Reakce jakožto speciální úkoly jsou automaticky

spouštěny na základě podnětů v simulaci. Fungování entit v syntetickém prostředí je pak z hlediska pozorovatele daleko realističtější, než při pouhém „ručním“ úkolování. Reakce se mohou vázat jak k jednotlivým entitám (např. reakce na štěkání/kousání psa, na hrozící srážku, na střelbu, výbuch nebo hoření, na přítomnost plynu), tak mohou být definovány skupinové reakce (při rozhánění davu vodním dělem, reakce na pohyb obkličované entity apod.). Vždy je nutné pečlivě zvážit, jaký typ reakcí kterým entitám či jednotkám přiřadit, aby nedocházelo k nežádoucím situacím (policista utíkající před autem, hasič snažící se uniknout z místa požáru apod.).

Podpora rozehry

Praktické provedení výcviku pomocí CGF systému obecně vyžaduje rovněž další podpůrné prostředky, které umožňují nebo usnadňují vytvoření simulačního scénáře, případně modifikaci jeho průběhu. Pro přípravu cvičení jsou to podpůrné prvky pro tvorbu taktických zákresů do mapy ve vrstvách (předpokládá se knihovna symbolů pro zákresy příslušných cvičených složek), možnost libovolného počtu stran s asymetrickými vzájemnými vztahy, dynamické tvoření/rušení jednotek.

V průběhu simulace jsou pak z hlediska rozehry důležité nástroje ovlivňující běh simulace. Těmi jsou například nástroj nastavení míry poškození či zranění entit, nástroj pro modifikaci zásob entit, nástroj „ručního“ výbuchu, založení/hašení požáru, vytvoření davu v oblasti, vytvoření nasednutých pasažérů, zamoření oblasti, nastavení parametrů počasí, případně také nástroje zkoumání vlastností terénu a měření vzdáleností.

Obecné vlastnosti

Z hlediska obecných požadavků na vlastnosti, které jsou od CGF systému očekávány, je možno jmenovat ukládání/načítání scénářů, nastavitelnost uživatelských práv (kdo co ovládá, včetně možnosti vidění „fog of war“). Výhodou systému je to, že má distribuovanou architekturu s automatickým rozložením zátěže (load balancingem) a z hlediska uživatele se jeví jako cloud system. Rovněž je požadována systémová modularita pro případné snadné doplnění vlastností a škálovatelnost. Předpokládá se rovněž maximální možné využití standardů, a to jak v oblasti využití vlastních dat, tak pro propojitelnost s ostatními simulačními systémy.

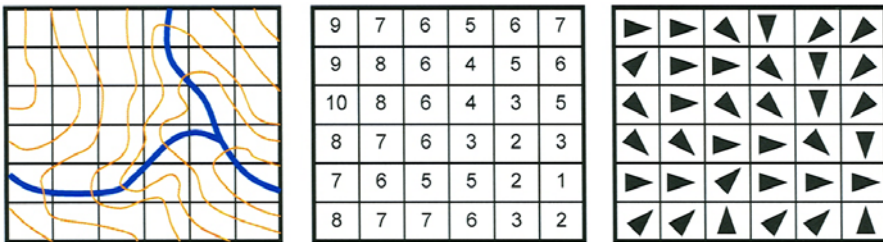
Implementované úkoly a modely chování do CGF

Popsat všechny vytvořené entity a jejich vlastnosti, včetně modelů chování je nad rámec tohoto článku, a proto bude rozebráno principiální řešení jen několika vybraných příkladů. Těmi se pokusíme ukázat širí záběr, který bylo nutné řešit při tvorbě systému určeného pro výcvik záchranných složek. Systém tak, jak

je v současné době koncipován, není ukončen. Nelze ani očekávat, že bude obsahovat všechny možné modely entit a úkolů. Tvorba modelů byla primárně podřízena vytvoření základního funkčního vzorku a následně i námětu závěrečného cvičení.

Šíření ropné látky v terénu

Prvním z příkladů je pohyb unikajících nebezpečných látek (zpravidla ropných) a jejich šíření volným terénem. K parametrizování tohoto úkolu byly využity základní znalosti fyziky a morfometrické analýzy terénu. Z digitálního modelu reliéfu, který je součástí terénní databáze, je možné na základě znalostí morfometrické analýzy vypočítat spádové křivky pro každé místo povrchu. Zjednodušeně lze toto vyjádřit pomocí obrázku 2. Na něm je ukázán převod vektorového výškového modelu na spojitý rastrový model a vyjádření spádových poměrů na daném území [3].



Obr. 2

Vrstevnicový výškový model s prvky vodstva, rastrový výškový model, hlavní spádové křivky jednotlivých buněk

Ze známých hodnot sklonu svahu, vektoru odtokové křivky a vzdálenosti sousedních buněk je možné vypočítat rychlost pohybu unikající látky. K výpočtu je využito zákonitostí pohybu tělesa po nakloněné rovině. Při výpočtu předpokládáme, že látka se pohybuje rovnoměrně zrychleným pohybem ve směru spádové křivky až k nejbližšímu vodnímu toku. Poté se pohybuje souběžně s vodním tokem rychlostí, která odpovídá rychlosti vodního toku. Pokud dojde k zanedbání odporu vzduchu a vsakování látek do podloží, je možné rychlost pohybu po terénu stanovit podle následujícího vzorce.

$$v_{i+1} = v_i + \sqrt{s_{i,i+1} \cdot g \cdot (\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha)} \quad (1)$$

Ve vzorci 1 představují proměnné:

s ... vzdálenost středů sousedních buněk ve směru největšího spádu,

g ... gravitační konstantu,

α ... hodnotu sklonu ve směru pohybu,

f ... koeficient tření v závislosti na povrchu terénu.

Hoření/hašení

Obdobným způsobem jako při řešení pohybu látek po terénu bylo přístupováno k problematice hoření a hašení. Oblast hoření je rozdělena do buněk, kdy v každé jednotlivé buňce se počítá mj. teplota, množství dostupného a vyhořelého paliva a další parametry. Kromě fyzikálních veličin látky paliva (měrná tepelná kapacita, výhřevnost apod.) se pro šíření ohně a jeho hašení uvažuje také vliv prostředí – sklon terénu, směr a intenzita větru, vlhkost prostředí a atmosférické srážky. Hoření se může rozšiřovat do sousedních buněk, případně může ovlivnit entitu v hořící oblasti (zapálit ji nebo poškodit žářem či kouřem). Využitý model rychlosti šíření ohně je v [9] a [12] definován sadou rovnic, ve které určitým způsobem figurují všechny uvedené veličiny a množství experimentálně získaných koeficientů. Zjednodušeně lze uvést, že rychlost šíření požáru v_f je v systému definována pomocí vztahu 2.

$$v_f = \frac{I_R \cdot \xi \cdot (\Phi_w + \Phi_S)}{\rho_B \cdot \varepsilon \cdot Q_{ig}} \quad (2)$$

Kde:

- I_R ... intenzita reakce,
- ξ ... koeficient šíření ohně z místa X,
- Φ_w ... vliv meteorologických podmínek (rychlost a směr větru, srážky),
- Φ_S ... vliv terénu (sklon, půdní kryt, vegetace),
- ρ_E ... hustota paliva (látky),
- ε ... koeficient hoření paliva,
- Q_{ig} ... zápalné teplo sledované látky.

Zranění/ošetření

Posledním modelovým příkladem je ošetření zraněných osob. Model poškození živých entit vyžaduje pro účely využití IZS jiný přístup než v případě poškození techniky. U živých entit se jedná o zranění, která mají časový vývoj bez dalšího zásahu jiných entit. Proto je pro každý typ zranění generovaného na základě určitého podnětu definována řada parametrů modelu:

- pravděpodobnost, kdy v případě neošetření dojde k bezvědomí nebo smrti;
- čas nutný k ošetření daného zranění;
- čas potřebný k úplnému vyléčení;
- úroveň zákroku potřebného pro ošetření (první pomoc, lékařský, operace).

Ošetření může být komplexní nebo pouze částečné. Částečným ošetřením vážného zranění se prodlouží doba setrvání stavu zranění a oddálí okamžik smrti zraněné osoby T_D (viz rovnice 3).

$$T_D = T_W + t_{DT} \cdot f_{QF} \quad (3)$$

Ve vzorci 3 představují:

T_D ... čas úmrtí vznikem zranění,

T_W ... čas vzniku zranění,

t_{DT} ... čas zbývající do ukončení životních funkcí pro daný typ zranění,

f_{QF} ... faktor kvality ošetření.

Vzhledem k zaměření nástroje na typ poskytnutí ošetření zranění nejsou v této fázi řešeny zdravotnické materiály. Poskytnutí pomoci provádí záchranáři (lékaři, zdravotníci, hasiči, policisté), kteří jsou v případě zásahu vždy vybaveni potřebnými prostředky. Ostatní osoby mohou poskytnout pouze základní první pomoc. Na základě požadavků pro výcvik je možné rozšíření všech těchto zdravotnických modelů.

Experimentální cvičení krizového štábu

„Je slunečné jarní dopoledne a paprsky slunce odrážející se od nedalekých vápencových skal Pavlovských vrchů slibují nádherný den. Najednou se krajinou rozlehne ohlušující výbuch, který je slyšet na několik kilometrů daleko. V krátkém časovém okamžiku je vidět plameny a dým vycházející z průmyslové zóny Šakvice (obr. 3). Krátké ticho po výbuchu přeruší další zvuk, tentokrát je jím pronikavý zvuk sirén ohlašující, že den nebude tak idylický.“ To není začátek žádného katastrofického filmu, ale úvodní námět experimentálního cvičení, jenž mělo za úkol ověřit funkčnost modelů systému CGF WASP přímo při nasazení v reálném cvičení za účasti hasičů, policie, zdravotníků a krizového štábu města Hustopeče.

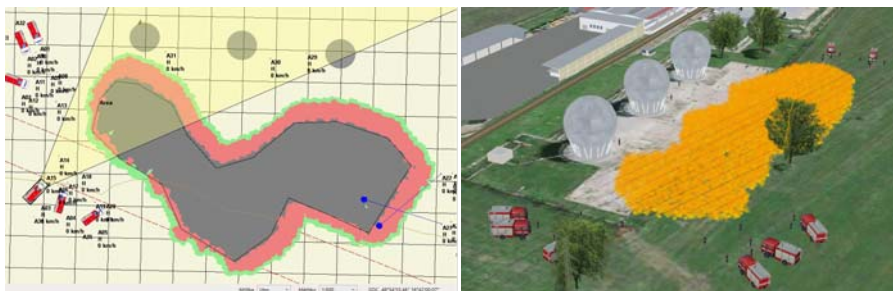


Obr. 3
3D pohled na průmyslovou zónu Šakvice

V průběhu cvičení, které začíná výbuchem a následným požárem v plně naplněných propanbutanových lahvích (obrázek 4), byla nad simulovanými situacemi procvičována kompletní součinnost všech zasahujících složek. Přesně podle toho, jak se vyvíjela situace v simulátoru, byly postupně nasazovány další jednotky a

složky integrovaného záchranného systému. Kromě likvidace požáru, který se postupně šířil a ohrožoval i sousední objekty v areálu, bylo nutné zahájit evakuaci osob z průmyslové zóny i přilehlé osady. Cvičící se museli vypořádat s hrozícím nebezpečím úniku škodlivých a zdraví nebezpečných látek, zabezpečit vyproštění a evakuaci osob ze soupravy projíždějícího mezinárodního vlaku, který zůstal stát poblíž areálu po výpadku elektrického proudu, a souběžně s tím řešit následky dopravní nehody hasičského vozidla s civilním autobusem.

Kromě ověření funkčnosti prostředí a modulů CGF bylo dalšími cíli cvičení ověřit nastavení vazeb mezi jednotlivými skupinami, možnosti jejich dynamických změn v průběhu cvičení v závislosti na vývoji simulace a v poslední řadě i vlastní výcvik řídicích funkcionářů krizového štábu.



Obr. 4
Simulace požáru v plninně propanbutanu (2D a 3D vizualizace)

Všichni účastníci cvičení se po jeho skončení vyjadřovali ve formě dotazníku k řadě otázek, které byly rozděleny do několika skupin:

- vhodnost a přínos daného druhu výcviku pro účastníky cvičení;
- konfigurace vazeb mezi jednotlivými skupinami a prostředky komunikace;
- reálnost prostředí a modulů CGF v simulaci.

Zpracování všech dotazníků probíhá a zjištěné výsledky budou zohledněny v dalším vývoji. Již teď lze říci, že cvičení splnilo požadovaná očekávání a většina jeho účastníků se o simulačním systému vyjadřovala velmi kladně, stejně tak hodnotily celé cvičení jako velký přínos pro jejich budoucí praxi.

Z pohledu řešitelského týmu lze zkušenosti získané při vývoji prostředí konstruktivní simulace na bázi CGF pro záchranné složky a během experimentálního cvičení rozdělit do dvou skupin. První z nich tvoří poznatky ohledně vlastností modulů CGF a druhou skupinu poznatků ohledně konfigurace pracovišť a vlastního průběhu cvičení. Ty nejzásadnější je možné zjednodušeně formulovat takto:

- v maximální možné míře řešit úroveň detailu vlastní simulace;
- zachovat co nejvěrnější časové přiblížení simulovaných dějů realitě;
- podklady pro modelování činností, které vycházejí z empirických zkušeností, je nezbytné ověřovat z více nezávislých zdrojů;

- čím větší je míra detailu prostředí, tím více simulovaná činnost odpovídá realitě;
- náhrada entity (skupiny entit) jinými se stejnými nebo podobnými vlastnostmi a technickými parametry není na závalu a naopak nutí štáb k tvůrčím řešením situace;
- pro některé příslušníky cvičení je nezbytný ke správnému rozhodování i 3D pohled na situaci;
- komunikační prostředky (hlasové, datové) musí zabezpečit stejné možnosti jako prostředky používané při zásahu;
- před vlastním cvičením je nezbytné osvětové zamětnání a seznámení s prostředím.

Závěr

Konstruktivní simulace je neocenitelným pomocníkem při přípravě vojenských štábů již řadu let. Nasazení systémů konstruktivní simulace s prvky CGF pro výcvik štábů záchranných jednotek je logickým vyústěním dlouhodobého vývoje v oblasti simulačních technologií a technologického rozvoje. Zkušenosti získané z experimentálního cvičení spolu s ohlasy cvičících ukazují na správnost nastolení této cesty.

Obsazení krizových štábů příslušníky nejrůznějších složek jim při společném cvičení umožňuje sladit dílčí postupy jednotlivých složek, předávat informace o činnosti a standardech práce a v neposlední řadě se potkat a navázat vztahy dříve než při reálném zásahu. Modely simulace na bázi CGF dodávají celému průběhu cvičení na věrohodnosti a posouvají průběh cvičení i do časových dimenzí odpovídajících realitě. Při řešení některých situací dochází k rozhodování štábu ve velmi krátkých časových okamžicích a na základě dílčích neucelených informací z místa incidentu. Na druhou stranu je štáb často nucen čekat na získání relevantních informací o činnosti zasahujících složek, o situaci na místě události a o výsledcích záchranných prací. To uvádí cvičící příslušníky štábu do stresových situací, se kterými se běžně setkávají v reálném životě.

Vzhledem k velké úrovni detailu simulace, vzbáb mezi cvičícími složkami, jejich podřízenými jednotkami a prvky skupiny rozehry je nezbytné při dalším vývoji dávat velký pozor na následující dvě věci. Moduly chování CGF musí být upraveny tak, aby nevyvolávaly u účastníků cvičení, kteří jsou bezprostředními vykonavateli činnosti v simulátoru, nesprávné návyky. Ty by mohly při reálném nasazení způsobit nesprávné rozhodnutí nebo nevhodné řešení situace a v důsledku toho také neodůvodněné škody na majetku, na zdraví lidí či jejich životech. Druhým zásadním bodem je konfigurace modelů informačních toků (jak v prostředí konstruktivní simulace, tak i mezi všemi účastníky cvičení). Modely použitých komunikačních systémů a jejich služeb se musí co nejvíce podobat reálným informačním tokům, nástrojům pro práci s informacemi, komunikačním a informačním systémům tak, aby bylo možné jejich používáním dosahovat rutinního užití zavedených postupů. Vlastní použití všech technických a

netechnických prostředků simulace musí mít minimální dopad na rozhodovací proces cvičících. Jejich úsudek a rozhodování při cvičení bude ovlivněno jen vlastními znalostmi a zkušenostmi, které musí při řešení krizových situací řešit pouze pod stresem vyvolaným tlakem času, tlakem události a jejího průběhu.

Zkušenosti z provedených experimentálních cvičení výše uvedené pozitivní a negativní aspekty využití konstruktivní simulace pro výcvik záchranných složek potvrdily. Vytvořené prostředí na bázi CGF včetně návrhu metodologie vedení cvičení KŠ s využitím konstruktivní simulace je možné využívat pro výcvik záchranných složek a krizových štábů v navržené podobě. Na základě dalších požadavků je možné vhodně doplňovat celý systém o nové prvky i modifikovat vazby v závislosti na cílové skupině cvičících a definovaných výcvikových cílech. Nabyté zkušenosti lze přímo nebo v modifikované podobě využít i v dalších zemích.

Článek vzniknul v rámci řešení projektu „Výzkum využití simulačních technologií pro přípravu a výcvik příslušníků a štábů IZS“, který je součástí Programu bezpečnostního výzkumu ČR, MV ČR, VG20102013004.

Résumé

Constructive simulation is one of the irreplaceable methods used for the training of commanders and their staffs in developed armies all over the world. During the last decade, specific requirements for non-military group training arise as the need to prevent, avert or cope with new civilization issues such as growing threats of terrorist attack or increasing probability of environmental, industrial or infrastructural disasters. All the involved experts – members of crisis management staff, firemen, police and rescue staff – need to get ready to be able to carry out their duties with expected professional standard. There is a noticeable similarity between the activities of these specialists and activities of the army staff - except for the target groups. The article discusses the starting point, potential solutions and the methodology of harnessing of constructive simulation in the training of the above mentioned people.

The essential steps of the proposed solution are to make use of military CAX experience, to adapt the methodology of training and last but not least to adapt a CGF tool for the purpose and conditions of its utilization in the civilian area. The adaptation of the CGF involves development and implementation of new environmental and behavioral models, set of entities with all significant features and abilities to interact with the environment and among themselves. The project "Simulation technology utilization in emergency management staff education and training" is focused the creation of specific software of constructive simulations and configure the new workplace, which will be adapted for this type of training. The workplace is designed for the training of emergency staffs, firefighters, police and other rescue services in terms of the Integrated Rescue System of the Czech Republic.

Literatura

- [1] CAYIRCI, Erdal a Dusan MARINCIC. *Computer assisted exercises and training: a reference guide*. Hoboken, N.J.: John Wiley, c2009, xvi, 295 s. ISBN 04-704-1229-1.
- [2] DOMPKE, U. Computer generated forces – background, definition and basic technologies. RTO SAS Lecture Series on “Simulation of and for Military Decision Making. In: *RTO-EN-017*. Hague, NC3A – ORFS Division, 2002.
- [3] JEDLICKA, Karel a Pavel MENTLIK. Hydrologická analýza a výpočet základních morfometrických. In: *Geoinformatika: sborník tematického okruhu K/GIS*. Vyd. 1. Ústí nad Labem: Česká geografická společnost, 2002, s. 46-58. ISBN 807044410x.
- [4] HUBÁČEK, Martin a Drahomír HAUSNER. Současnost a budoucnost přípravy vojenských profesionálů s využitím STT. In: *Sborník z konference s mezinárodní účastí „20 let transformace vojenského školství“ příprava personálu pro potřeby OS ČR*. Vyškov: Velitelství výcviku - Vojenská akademie, 2010, s. 162-171. ISBN 978-80-904625-0-2.
- [5] HUBÁČEK, Martin a Vladimír VRÁB. Výcvik vybraných bezpečnostních složek s využitím konstruktivní simulace. *The Science for Population Protection*. 2012, roč. 4, č. 3, s. 1-16. ISSN 1803-635X.
- [6] LAKSHMI, Venkataraman, John ALBERTSON a John SCHAAKE. *Land surface hydrology, meteorology, and climate: observation and modeling*. Washington, DC: American Geophysical Union, c2001, v, 246 s. ISBN 08-759-0352-5.
- [7] PETZ, Igor a Pavel NECAS. Simulation techniques and modeling in training. In: *ICMT'09: International Conference On Military Technologies*. Brno: University of Defence, 2010, s. 482-485. ISBN 978-80-7231-649-6.
- [8] REILLY, Scott Neal, James NIEHAUS a Peter WEYHRAUCH. Modeling Ground Soldier situational awareness for constructive simulation with rules. In: *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*. New York: IEEE, 2010, s. 1431-1443. ISBN 978-1-4244-9864-2.
- [9] ROTHERMEL, Richard C. et al. *A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels*. Intermountain Forest & Range Experiment Station, Forest Service, US Department of Agriculture, 1972.
- [10] RYBÁR, Mikuláš et al. *Modelovanie a simulácia vo vojenstve*. Bratislava: MO SR, 2000. ISBN 80-88842-34-4.
- [11] RYBANSKY, Marian. Effect of the geographic factors on the cross country movement during military operations and the natural disasters. In: *ICMT '07: International Conference on Military Technologies*. Brno: University of Defence, 2007, s. 590-596. ISBN 978-80-7231-238-2.
- [12] SCOTT, Joe H. a Robert E. BURGAN. *Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model*. The Bark Beetles, Fuels, and Fire Bibliography, 2005, 66 s.

- [13] SMITH, Roger D. *Military simulation: where we came from and where we are going*. Orlando, FL: Modelbenders, 2009, 408 s. ISBN 978-098-2304-068.
- [14] TOLK, A. et al. *Engineering principles of combat modeling and distributed simulation*. Hoboken: Wiley, 2012, xlii, 888 s. ISBN 978-047-0874-295.