

Vývoj a ověřování software pro modelování šíření nebezpečných látek v atmosféře

RNDr. Martin Trávníček, Ph.D.^b, Mgr. Michal Vaněček^b, Ing. Michaela Havlová^a, RNDr. Petr Skřehot^c

^aT-Soft s.r.o. Praha, ^bISATech s.r.o. Pardubice, ^cVýzkumný ústav bezpečnosti práce Praha

Abstrakt

Předkládaná práce referuje o vývoji softwarového nástroje určeného k rychlé prognóze dosahů mimořádných událostí spojených s únikem nebezpečných plynných, kapalných a pevných částic. Zvláštní důraz je při řešení projektu kladen na problematiku šíření pevných aerosolů (prachů), které mohou fungovat jako nosiče nebezpečných biologických a radioaktivních materiálů. Je však nutno přihlídnout k tomu, že charakter jejich šíření je závislý na řadě faktorů, které se projekt snaží komplexně řešit za účelem návrhu vhodného modulu modelovacího software.

Při vývoji software je rovněž přihlíženo k požadavkům na snadno a rychle získatelné výsledky modelování, které bude možno použít i pro operativní rozhodování zásahových jednotek, např. IZS. Dále je zvláštní důraz kladen na popis chování a šíření oblaků aerosolů (kapalných nebo pevných) tvořených jednak částicemi respirabilní frakce, jednak částicemi schopnými způsobit plošné zamoření velkých oblastí v důsledku sedimentace. Nástroj bude při zadávání vstupních parametrů zohledňovat obecně uznávané principy vlivu atmosférických podmínek a charakter a reliéf dotčené lokality.

Správnost matematického řešení tohoto software bude ověřena sérií dokumentovaných terénních zkoušek prováděných s vhodně zvoleným stopovačem. Přenositelnost ověřeného matematického aparátu na postup nebezpečných látek atmosférou bude potvrzena prostřednictvím výpočtů, srovnání s výstupy jiných modelovacích softwarů a analogií. Součástí řešení bude vytvoření databáze cca 2500 toxických, hořlavých a výbušných látek plynného, kapalného i pevného skupenství včetně relevantních fyzikálně chemických parametrů.

Abstract

This paper refers on the development of a software tool for the fast prognosis of impacts of major incidents accompanied by the release of hazardous gaseous or liquid substances and solid particles. When solving the project we put stress on the problem of the spread of solid aerosols (dusts) which can be engaged as supports for hazardous biological or radioactive materials. Yet, we must take into account that the character of the dispersion of such materials depend on many factors. The

project tries to find a complex solution with the view to propose the appropriate module of the modeling software.

In addition, we take into account demands for smart and fast accessible modeling results which would be useful for operative decisions of intervening units, e.g. integrated rescue system. We apply slightly different approach to describe the behavior and dispersion of aerosol clouds (liquid or solid) which are partly formed with respirable fractions partly with particles able to contaminate large areas as result of sedimentation. The tool will make provision for commonly accepted principles of influence of atmospheric conditions as well as the character and the relief of the locality.

Correctness of the mathematical solution will be proved with a series of documented external experiments carried out for an appropriate marker. Transformability of proved mathematical apparatus with regard to spread of hazardous substances in the atmosphere will be corroborated by calculations, comparisons with other modeling software outputs and by analogy. A database containing about 2500 toxic, flammable and explosive substances in gaseous, liquid or solid state including their relevant physical-chemical parameters will be an integrated part of the solution of the project.

Úvod

Ruku v ruce s růstem civilizace dochází i k nárůstu mimořádných událostí, jednak průmyslového charakteru, jednak vyvolaných teroristickými akcemi iniciovanými výbušnými nástražnými systémy.

Většina mimořádných událostí byla zvládnuta díky profesionalitě příslušníků Hasičského záchranného sboru ČR a IZS. K rozhodování o dosahu havarijních projevů a k vymezení evakuačního prostoru však dochází pouze na základě citu a zkušeností velitelů zásahu, kteří nemají v podmínkách České republiky dostatečně verifikovaný podpůrný nástroj pro své rozhodování. Stejně tak je tomu i při zneškodňování lokalizovaných výbušných nástražných systémů a rozhodování o velikosti evakuačních vzdáleností. Projekt nabízí vyplnění této mezery s přispěním vysoce odborného týmu složeného z organizací, které se danou problematikou dlouhodobě zabývají a jsou v daném oboru na vysoké kvalitativní úrovni.

Údaje o projektu

Nositel projektu T-Soft spol. s r.o. na základě výběrového řízení vypsánoho Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR na řešení státního grantového úkolu se na projektu podílí kromě hlavních spoluřešitelů

- ISATech, s.r.o.;
- Výzkumný ústav bezpečnosti práce;
- Spolek pro chemickou a hutní výrobu

s dalšími organizacemi a externími pracovníky. Důvodem pro vznik uvedeného konsorcia je využití potenciálu jednotlivých řešitelů na všech úrovních krizového řízení a havarijního plánování z oblasti chemického a petrochemického průmyslu. Zohledněny budou i bohaté zkušenosti konzultačních a spolupracujících organizací získaných v oblasti státní správy ČR (např. MO ČR, MŽP, SUJB, NBÚ).

Cílem projektu je vytvoření softwarového nástroje pro havarijní plánování na úrovni výstrahy a varování společností chemického a petrochemického průmyslu, státní správy a samosprávy, inspekčních orgánů, složek IZS atp.

Výstupem projektu je plně funkční a ověřený software s databází nebezpečných látek. Softwarový nástroj bude umožňovat prognózu dopadů mimořádných událostí vyvolaných explozí nebo při nichž dojde k úniku toxických plynů, hořlavých a výbuchu schopných látek. Ve vstupních parametrech umožní zadat atmosférické podmínky, fyzikálně-chemické vlastnosti látek účastnících se mimořádné události, typu a reliéfu dotčené lokality. Při hodnocení úniku nebezpečných látek umožní zadat charakter a způsob úniku ze zařízení, způsob tvorby plynného oblaku a jeho šíření dotčeným územím, dosah a účinek tlakové vlny a tepelné radiace.

Způsob a forma zadávání bude zohledňovat jednak stresovost situace, pro kterou bude software určen, jednak znalosti o charakteru a formě vstupních dat cílovou skupinou uživatelů.

Jádro cílového řešení projektu, kterým je stanovení:

- následků a dosahů explozí,
- dosahů zraňující a smrtící koncentrace plynů a pevných toxických látek,
- následků a dosahů tepelné radiace,
- rozletu fragmentů výbuchů,

představuje zvládnutí velkého společenského rizika, jehož dopady mohou vést až k neodhadnutelným katastrofám, které jsou, pro zdánlivě malou pravděpodobnost možného výskytu, obecně podceňovány.

Etapy projektu

Řešení projektu započalo v roce 2005 bude ukončeno v roce 2008. Řešení je rozvrženo do několika na sebe navazujících přibližně ročních etap, přičemž každá etapa představuje ucelenou část. Jedná se o tyto etapy:

1. Analýza současného stavu v dané problematice
2. Sestavení systému
3. Analýza modelových situací
4. Návrh softwarového řešení
5. Validace matematického aparátu
6. Verifikace výsledků softwarového řešení
7. Analýza a zpracování databáze látek

První etapa prací spočívala v analýze stavu a nedostatků současných řešení z pohledu vývoje prostředí pro řešení modelových situací havarijních dosahů. Vycházelo se při tom z platné a připravované legislativy a návazných předpisů doplněných o kritický pohled řešitelského týmu na jejich kvalitu z pohledu potencionálních rizik. Souhrnné vyhodnocení umožnilo upřesnění cílů a definici pracovních hypotéz pro zahájení následné etapy – sestavení systému.

Druhá etapa prací zahrnuje sestavení a zavedení systému řešení navrhovaného projektu. Na této úrovni je analyzována v současné době používaná terminologie a

zpracováván přehled vhodné terminologie v českém jazyce s anglickým ekvivalentem, diskusními paralelami a doplňky, který poslouží k přenosnosti jak v pracovní tak i v interpretační fázi řešení. Tato činnost je vedena nově z hlediska automatizace zpracování dat informačními technologiemi, které jsou součástí projektu. V průběhu etapy je postupně navrhována a zpracovávána forma výstupu, alternativně jako dílčí výstup v podobě klasifikačních systémů (číselník, klíčová slova, symbolické charakteristiky s výkladem významů apod.).

Cílem třetí etapy bude analyzovat modelové situace a srovnat analýzu s dostupnými pracemi teoretického a praktického charakteru. Analyzovanými modelovými situacemi budou: dosah a účinky rázové a tlakové vlny, jednorázový únik nebezpečné látky, kontinuální únik, tepelná radiace, rozptyl toxických částic.

Na základě analýzy současného stavu a analýzy modelových situací bude ve třetí realizována modelová reflexe zjištěných poznatků. Strukturalizace jednotlivých vrstev a částí řešené problematiky s odpovídajícími vzájemnými vazbami přinese první výzkumné výstupy, na které bude dále navazováno v návrhu softwarového řešení.

Navržené metody, algoritmy a postupy budou ve čtvrté etapě řešení zpracovány do pilotní implementace SW nástrojů tak, aby bylo možno tuto metodiku ověřit a vyhodnotit. Na základě tohoto vyhodnocení budou potom stanoveny podmínky pro definitivní implementaci SW vybavení k rutinnímu využití vyplývajícímu z pohledu konečného uživatele (příslušníci HZS, policie a příslušní zaměstnanci státní správy).

Praktické ověření vlastností navržených matematických modelů je klíčovým prvkem důvěryhodnosti a praktického využití nástroje. Matematický aparát bude ověřen sérií zdokumentovaných terénních zkoušek. Problematika validace softwaru modelujícího migraci látek atmosférou naráží několik úskalí:

1. výběr reprezentativní látky,
2. záznam dosahu modelovaného experimentu,
3. homogenitu migračního prostředí – stálost atmosférických poměrů v průběhu experimentu
4. záznam vlastností migračního prostředí v průběhu experimentu

Modelová látka použitá jako stopovač pro ověření matematických modelů musí na základě výš uvedených bodů vyhovovat několika kritériím. Musí být netoxická, a přitom vykazovat shodné fyzikální parametry jako mají látky toxické. Při šíření atmosférou v průběhu experimentu za sebou musí zanechávat stopu a umožňovat snadnou detekci.

Dosah experimentu bude monitorován dvěma způsoby. Koncentrace na povrchu země budou měřeny tak, že okolo zdroje, tj. místa uvolnění stopovače, budou značkami vytyčeny kružnice o různých průměrech. V dobře připravených terénních podmínkách tak bude možné vyhodnotit nejen dosah experimentu, ale i koncentraci stopovače v závislosti na vzdálenosti od zdroje. Druhý způsob monitoringu bude založen na požadované viditelnosti stopovače v průběhu experimentu. Průběh experimentu bude zaznamenáván na obrazový materiál snímáný vyšší frekvencí snímků pro zajištění čitelné kvality.

Validace matematického aparátu terénními experimenty je nejen finančně náročným úkonem, ale je podmíněna i nepoužíváním zdraví nebezpečných látek. Aby bylo možné ověřit transformovatelnost validovaného matematického aparátu na postup nebezpečných látek atmosférou, bude přistoupeno k verifikaci modelových projevů úniku chemických látek. Výsledky modelování nežádoucích událostí softwarem budou verifikovány (ověřeny a dokumentovány):

1. výpočty,
2. modelováním za použití vybraných softwarů
3. vyhodnocením analogických modelových situací z databáze dostupných a relevantních výsledků zkoušek prováděných ředitelstvím HZS ČR.

Cílem závěrečné etapy bude ověřit databázi výbuchu schopných, toxických a hořlavých látek zpracovávanou v průběhu řešení projektu. Databáze bude obsahovat všechny fyzikálně chemické charakteristiky nebezpečných látek potřebné pro výpočet dosahů mimořádných situací doplněné o další, jako např.: horní a dolní mez výbušnosti, IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health), NPK_m (nejvyšší přípustná koncentrace), ekvivalent TNT atd.

Závěr

Analýzy havárií a mimořádných stavů v průmyslu, transportu a energetice ukazují, že přes dílčí zlepšení stále zůstává stanovení dosahu a rozsahu havarijních projevů nejméně standardizovaným článkem vyhodnocovacího systému. Se stejným problémem se potýká i vyhodnocování bezpečnosti v případě zneškodňování nástražných výbušných systémů.

Snahou řešitelského týmu je poskytnout konečnému uživateli verifikovaný a validovaný, plně funkční software pro rychlý odhad dopadů mimořádných situací, při nichž dochází k úniku nebezpečných látek plynného, kapalného nebo pevného skupenství. Modelovací program bude zohledňovat rozdílný charakter šíření materiálů v ovzduší a bude poskytovat uživateli potřebný výpočetní komfort.