

Hodnocení rizika toxické havárie s modelováním a vizualizací podkladů

Kolejka, J.: Risk Assessment of Toxic Accident Using Data Modelling and Visualizing. Životné prostredie, 2012, 46, 2, p. 84 – 88.

Geoinformation technologies (GIT) represent a set of tools assisting quickly and efficiently solving spatial tasks. Risk events of natural and anthropogenic origin are taking place in the landscape and have a strong spatial aspect and close relationships with the features of the territory. The paper outlines the possibility of application existing data accessible in databases using commercially available GIS software. Different scenarios of crisis situations can be conveniently used to model and their solutions can be supported by geographic knowledge. Visualized basic geodata, their derivatives and special purpose instructions can be forwarded to the disaster management staff as well as to forces operating in the field directly for the decision making. Other materials generated in the map form represent an appropriate material for decision making in other phases of disaster management.

Key words: disaster management, scale-to-scale, maps, GIT, decision making

Rozmanité katastrofy se staly běžným tématem médií. Obyvatelé jsou prakticky denně informováni o různých neštěstích. Vzrůstající počet takových informací patrně zčásti odpovídá zlepšené komunikaci a vzájemné informovanosti mezi regiony světa, ale také nepochybně přímo souvisí se skutečným růstem počtu takových událostí. Příčin růstu množství škodlivých událostí je řada: vyšší hustota obyvatelstva díky růstu populace, větší koncentrace majetku a růst jeho hodnoty, vyšší mobilita obyvatelstva a růst přepravy nebezpečných materiálů, častější výskyt některých extrémních přírodních procesů a jevů, úbytek až ztráta historické krajinné paměti a nerespektování míry přírodních rizik, přecenění lidských schopností a technologií, růst cen movitého a nemovitého majetku a nákladů na nápravu škod.

Krizový management jako soubor prostorových úloh

Moderní krizové řízení – neboli krizový management (KM), je soubor aktivit zaměřených na přípravou, operační a nápravnou fázi vypořádání se v krajině s procesy ohrožujícími lidské životy a hmotné statky. Funguje jako ucelený systém řídicích činností přísluš-

ných orgánů zaměřených na analýzu a vyhodnocení bezpečnostních rizik, plánování, organizování, realizaci a kontrolu činností prováděných v souvislosti s řešením krizové situace (Antušák, Kopecký, 2003). Všechny škodlivé jevy a události se odehrávají v geografickém prostředí a rozmanitými způsoby se jich účastní přírodní, ekonomické a humánní komponenty krajiny. Cílem krizového řízení (krizového managementu) je:

- minimalizovat (zamezit) možnosti vzniku krize (formou prevence a korekce krizových situací ve spojitosti s účinnou protikrizovou intervencí);
- redukovat rozsah škod, minimalizovat dobu trvání krize, odstraňovat následky působení negativních faktorů krizových situací a obnovit systém do běžného stavu (Dvořáčková, 2008).

Pro řešení krizových situací v ČR byl koncipován Integrovaný záchranný systém ČR, který koordinuje společný postup svých základních složek (Hasičský záchranný sbor ČR, Zdravotnická záchranná služba, Policie ČR) a případně dalších vyčleněných složek (ostatní záchranné sbory, zařízení civilní ochrany, vyčleněné ozbrojené síly apod.) při přípravě na mimořádné události a při provádění záchranných a likvidačních prací (Rektořík a kol., 2004).

Geodata a expertní znalosti vždy hrály důležitou roli v omezování negativních dopadů přírody na člověka a naopak, lidských aktivit na krajinu. V současné době navíc počítačové vybavení (ICT), geografické informační systémy (GIS), dálkový průzkum Země (DPZ), počítačová kartografie apod. v rukou odborníků, jakožto výkonné nástroje společně s expertními systémy, mohou napomoci daleko rychlejšímu, spolehlivějšímu a účelnějšímu vedení KM. Zatím se tak děje většinou na bázi administrativně technického přístupu, který se postupně otevírá expertním poznatkům a strukturovaným datům o krajině (podle typu struktury), což nabízí KM nebyvalé šance již do nejbližší budoucnosti.

Geoinformační technologie v krizovém managementu

Součástí široké nabídky informačních technologií jsou hardwarové a softwarové prostředky geoinformatiky (geografické informační systémy GIS, DPZ, globální navigační systémy, počítačová kartografie, expertní systémy). Díky včasnému rozvoji geoinformačních technologií (GIT) a také dostatku zkušeností lze geoinformační podporu rozhodování v krizovém řízení oprávněně opřít o řadu výhodisek:

- Dosavadní digitální geoprostorová data lze účelně využít v krizovém managementu a nabídnout je uživatelům diferencovaně podle hloubky jejich znalostí a výkonné odpovědnosti.
- K dispozici jsou technologie, a další pokročilejší budou pravděpodobně vyvinuty v budoucnosti, které umožňují efektivní uložení, zpracování, vyhodnocení a přenos geodat a geoinformací k uživateli a zpět do databází, resp. zpracovatelského systému v reálném čase.
- Jsou připraveny formulační, formalizační a programátorské kapacity schopné účelově integrovat do potřebné podoby datové zdroje, technologie a expertní představy do podoby 2D, 3D a 4D kartografických modelů podporujících rozhodování v jednotlivých etapách KM.
- Chybějí některá relevantní data a formalizované vědomosti na vstup do mobilní/dynamické kartografické podpory KM. Nezbytné informace však lze získat vhodnou interpretací a integrací již dostupných datových zdrojů a doposud izolovaných expertních poznatků. Dosavadnímu modelování a podpoře KM chybí široký rozhled, dostatečná komplexnost, vnitřní integrita a uživatelská přáteliskost, obzvláště má-li se nabízet uživateli pochopitelný kartografický produkt k podpoře jeho rozhodování.
- V ČR jsou k dispozici geoprostorové databáze poskytující data pro krizový management. Tyto databáze jsou většinou vzdálené, vzájemně i vnitřně

často heterogenní (z hlediska měřítka, rozlišení, formátu, uložení, přístupu apod.). Jsou však velmi důležité pro všechny etapy KM.

Použití geoinformačních technologií v KM se logicky odvíjí od disponibilních geodat, resp. takových dat o území, které jsou běžně dostupné a standardně pochopitelné zpravidla úředníku, nikoliv školenému odborníku. Vždy má přednost záchrana života a zdraví obyvatel. Vztah k životnímu prostředí, k jeho ochraně, ačkoliv jeho zachování v příznivé obyvatelné podobě má stejný význam jako záchrana majetku, nemá doposud náležité zohlednění v operativním plánování zásahů, nemluvě o následných opatřeních.

Ve stručnosti lze dosavadní použití GIT v KM na území ČR rekapitulovat takto:

- Geodata a GIT slouží k lokalizaci krizové události (ty jsou v ČR katalogizovány v konečném počtu případů) a k zobrazení lokality výskytu v určitých územních souvislostech na mapě tak, aby jednotlivé složky KM byly o typu události spolehlivě informovány, mohly k místu události co nejrychleji dospět a efektivně zasáhnout ve smyslu ochrany života a majetku; takové mapové podklady jsou jim distribuovány elektronicky z dispečinku.
- GIT poskytují dispečinku KM informace o aktuální poloze zúčastněných jednotek zásahu, průchodnosti přístupových tras, ohrožených objektech (typech a případech odvozených obvykle z topografických map), případně i o adresách objektů specifického významu (rizikové objekty či objekty s ohroženým obyvatelstvem pro případ evakuace).
- Technologie umožňuje kvalifikovaně odhadovat geometrické aspekty zásahů (vzdálenosti, časy potřebné k jejich překonání, možná rizika cestou, případně koordinovat některé zásahy), někdy i s ohledem na měnící se situaci v průchodnosti terénu (např. při zaplavení úseků komunikací).

Dosavadní systémy KM využívající GIT se poměrně málo opírají o jiná geodata, než ta, jež jsou součástí obsahu digitálních topografických map, zejména DMÚ 25 (v souřadnicovém systému S-42), ačkoliv pro operativní zásah by díky vyššímu rozlišení (a dostupnosti) lépe vyhovovaly digitální podklady ze zdroje ZABAGED 1, resp. 2 (v souřadnicovém systému S-JTSK). Řada krajských úřadů v ČR vybuodovala pro potřeby KM daleko rozsáhlejší geodatabáze, obsahující další informace zejména ochrannářského charakteru (vždy však s potřebou konverze do stále více používaného souřadnicového systému WGS84). Pomineme-li otázku nezbytné úpravy a formální integrace geodat v geodatabázi KM, obecným problémem zůstává, která geodata a jak je v KM využít.

V relativně nedávné době došlo v ČR k jisté standardizaci problematiky krizového řízení, pokud jde

o typologii možných rizikových procesů. V současnosti je rozlišováno 71 typů krizových procesů od ryze přirozených (např. povodně) přes člověkem odstartované (např. lesní požáry) po zcela technické (havárie zařízení). Po formální stránce ke každému typu je k dispozici přehledný popis a nástin doporučených opatření. Prakticky při řešení kteréhokoliv z těchto 71 hazardů je používána dokumentace, jejíž použití závisí na rozsahu události, znalosti situace a území, potřebě rozmanitých prostorových analýz a povinnosti vytvářet dokumentaci. Prozatím není závazně stanoven postup nasazení geografických dat (geoprostorových dat čili geodat), který by bylo zapotřebí dodržet v případě konkrétní události. Ovšem rozdílná geodata lze použít v jednotlivých fázích

(etapách krizového řízení) podle toho, k jakému časovému horizontu rozhodování jsou potřebné.

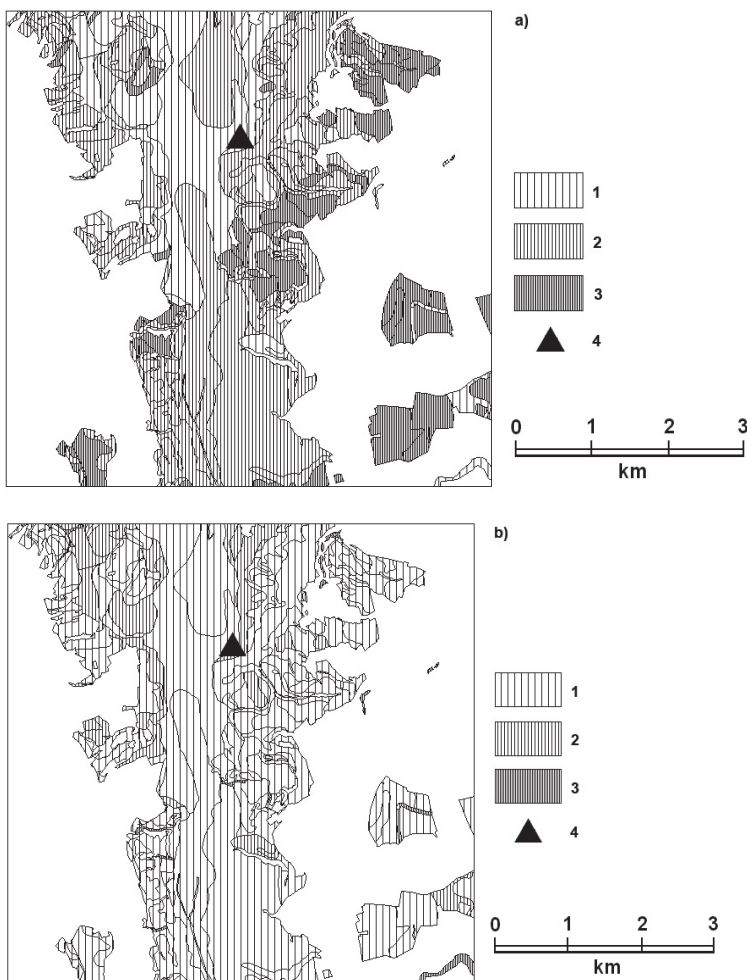
Konkrétní práce s geografickými daty během nasazení v jednotlivých typech událostí je poměrně složitým mnohostupňovým procesem. Vzhledem k tomu, že v drtivé většině případů hraje klíčovou roli čas, je nezbytná dlouhodobá příprava, a to nejen co se týče výkonných týmů krizového managementu, jednotlivých složek, techniky a dílčích osob, ale rovněž kartografické podpory. Bez ohledu na to, zda půjde ve vztahu k dostupným geodatům o proceduru generování mapových výstupů *on-line* nebo *off-line*, je zapotřebí mít předem promyšlený tok myšlenek, operací a opatření.

Skutečná práce s geografickými daty nastává inicializací procesu vyhledávání relevantních dat (*data mining*). K tomuto účelu je zapotřebí vytvoření předběžného katalogu dostupných geodat, neboť zpočátku nemusí být zcela zřejmá použitelnost jednotlivých datových vrstev s ohledem na typ hazardu a na etapu reagujícího krizového managementu. Přehled dostupných geodat by měl zahrnovat následující údaje: oblast vědění, k níž se data vztahují, název geodat, jméno správce/držitele, příp. autora a rámcový popis obsahu. Tato předběžná katalogizace je nezbytným předpokladem pro další předběžné analýzy geodat, neboť představuje relativně nepřehlednější a snadno případnému uživateli pochopitelný seznam všech existujících geodat, aniž by z toho již vyplývala nějaká závazná povinnost k jejich využití v kterémkoliv kroku či operaci krizového řízení.

Vlastní popis již relevantních dat, dostupných *on-line* nebo *off-line*, pro tu či onu proceduru krizového řízení již musí mít podrobný charakter, který pak umožní rychlé vyhledávání potřebných geodat v hierarchizovaném, či pro potřeby krizového managementu vytvářeného objektově orientovaného informačního systému. Krizový manager by se tak mohl připojovat na existující geodatabáze a na vzdáleném mapovém serveru generovat mapové výstupy, či účelové deriváty anebo (což bude dlouhou dobu zřejmě častější případ) si potřebné datové vrstvy po předběžném nebo operativním udělení souhlasu stahovat a dále účelově zpracovávat. Účelové deriváty v podobě tematických map jsou pak dodávány krizovému štábu na podporu rozhodování.

Obr. 1. Výřezy pro okolí simulované havárie z map rizik chování polutantu v půdním prostředí na vizualizované účelové interpretaci půdní mapy pro povodí dolní Svitavy: a) riziko vsakování, b) riziko splachování. Zdroj: data Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, Praha

Legenda: 1 – nízké, 2 – střední, 3 – vysoké, 4 – místo nehody



Modelování krizové situace v GIS za pomoci dostupných geodat

Operativní fáze krizového řízení je zaměřena na záchranu životů a posléze majetku. Operativní rozhodování v této etapě se děje především na podkladě digitálních topografických dat demonstrujících lokalitu události a přístupových cest k ní. V rámci řešení výzkumného záměru MŠMT ČR č. MSM0021622418 *Dynamická geovizualizace v krizovém managementu* byla v obci Ráječko (nedaleko Rájce-Jestřebí a Blanska) severně od Brna simulována havárie cisterny přepravující po silnici toxickou kapalinu.

Navazující krátkodobá opatření k omezení rozsahu havárie již musejí vycházet z hlubšího poznání prostředí, v němž se má odehrát zásah určený na omezení dopadů události. V posloupnosti dalších opatření mají přednost ta, která mají zabránit vzniku doprovodných škod na životech, zdraví, majetku a životním prostředí obecně.

Příkladem užitečného, byť simulovaného využití geodat o krajině pro potřeby rozhodování v krizovém řízení jsou digitální geoinformace o půdním a geologickém prostředí, které výrazně ovlivňují chování tekutého polutantu v prostředí po uvolnění během havárie, např. na silnici, a jsou uloženy ve vzdálených odlišných institucionálních geodatabázích (Česká geologická služba, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Ústav pro hospodářskou úpravu lesa). Informace o půdách jsou zahrnuty do geodatabází o půdním pokryvu na zemědělských i lesních pozemcích (bonitované půdně-ekologické jednotky – rozlišení 1 : 5 000, lesnické typologické mapy – s rozlišením odpovídajícím měřítku 1 : 10 000) a dostupné na intranetu. Digitální geologické mapy (s kvartérním pokryvem a rozlišením 1 : 50 000, částečně i 1 : 25 000) jsou k dispozici veřejně na internetu.

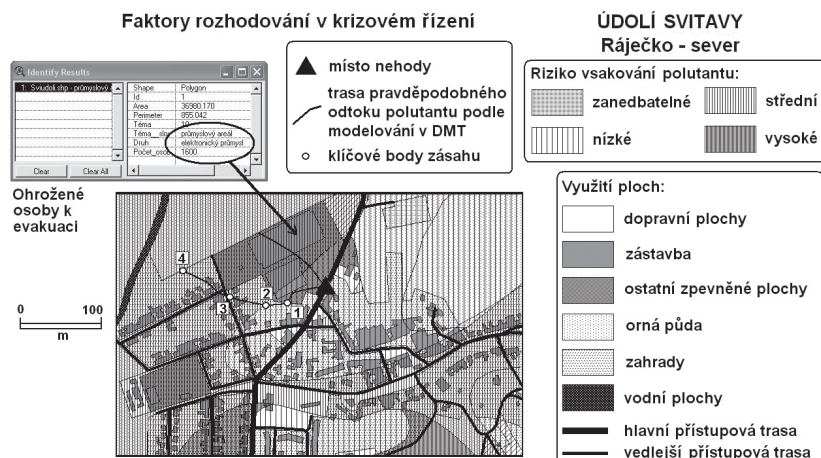


Obr. 2. Generování cenové mapy pozemků z dostupných dat pro potřeby výběru optimální trasy k místu zásahu a k lokalitě vybudování záchytné bariéry povrchového odtoku polutantu v údolí Svítavy. Zdroj: data Českého úřadu zeměměřického a katastrálního, Praha a Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, Praha

Legenda: Úřední cena půdy a využití ploch (Kč.m⁻²): (1) 10,01 – 14,50, (2) 7,01 – 10,00, (3) 5,01 – 7,00, (4) 1,01 – 3,00, (5) < 1,00, (6) místo nehody, (7) řeka, (8) trasa pravděpodobného odtoku polutantu podle modelování v digitálním modelu terénu, (9) – hlavní přístupová trasa, (10) – vedlejší přístupová cesta. Poznámka: interval 3,01 – 5,00 se nevyskytuje.

Obr. 3. Odhadované trasy povrchového odtoku kapalného polutantu od místa havárie k nejbližšímu povrchovému toku na pozadí účelově interpretované kvartérní geologické mapy a využití ploch. Zdroj: Český úřad zeměměřický a katastrální Praha, Česká geologická služba Praha a Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha

Legenda: Klíčové body: 1 – poslední bod tečení polutantu po vydlážděné ploše, 2 – poslední bod tečení polutantu prostředím s omezeným vsakováním, 3 – poslední bod povrchového tečení polutantu před možným vstupem do kanalizačního systému, 4 – poslední bod tečení polutantu před vtokem do povrchového vodního toku



Otázkou zůstává, zda by dispečink krizového řízení pod tlakem probíhající krizové události byl schopný, či vůbec měl čas tyto podklady vybrat,

účelově (vzhledem k dané události) interpretovat (definovat míru rizika) a použít k urychlení správného rozhodnutí. Jistým řešením je předběžná příprava takových interpretovaných map (využitím expertních poznatků) pro možné scénáře jednotlivých typů krizových událostí, byť v případě kvalitního SW by je počítač mohl generovat na požádání. Předpokládaný nedostatek času a možné ohrožení výpadku spojení však je prozatím proti generování takových podkladů *on-line*. Další nepřehlédnutelnou skutečností je to, že štáby krizového řízení nemají úplné povědomí o tom, jaká data a jaké způsoby jejich interpretace by ještě zvýšily efektivnost jejich práce. Štáb KM však může být zásobován nezbytnými předpřípravenými kvalitními podklady pro krátkodobé rozhodování s cílem omezit šíření havárie, jak ukazují následující příklady.

Pro toto území a simulovanou událost byly již předem připraveny mapy hodnocení rizika chování kapalného polutantu v geologickém a půdním prostředí – riziko vsaku a povrchového odtoku v originálním rozlišení 1 : 50 000 až 1 : 10 000. Tyto podklady lze postupně podle potřeby vizualizovat v přehledné (obr. 1) i podrobné formě (obr. 2).

Prvním krokem vlastní podpory krátkodobého rozhodování bylo vytvoření odhadu tras pravděpodobného povrchového odtoku od místa události. K tomuto účelu byl použit digitální model reliéfu s rozlišením 10 m a procedura hydrologického modelování v SW GIS ESRI ArcGIS.

Tyto odhadované trasy povrchového odtoku kapalného polutantu pak nutno porovnávat s mapami rizik vsaku nebo povrchového odtoku v/nad půdním a geologickým prostředím a tak odvodit úseky odlišného chování polutantu během pohybu, což má zásadní význam pro výběr opatření a lokalizace místa jejich nasazení (obr. 3).

Kombinováním informace o charakteru povrchu a podloží lze vyhledat místa, kde nutno diferencovaně zasáhnout, aby se povrchově odtékající polutant nedostal z místa omezených možností vsaku do prostředí, kde je riziko znečištění a následných škod vyšší. Jakmile je místo přechodu povrchově odtékajícího polutantu z méně do více riskantního území z hlediska vsaku do geologického prostředí nalezeno, lze posoudit možnosti dostupnosti lokality pro těžkou techniku (vybudování překážky odtoku, odběr kontaminované zeminy) také s ohledem na cenu pozemku, což může být hodnota poškozená také zmírňujícími opatřeními (obr. 2).

Demonstrování kartografické vizualizace účelově interpretovaného obsahu dostupných tematických vrstev uložených v rozmanitých geodatabázích slouží managementu technického zásahu a napomáhají rozhodování v krátkodobém horizontu pro zamezení

šíření následků havárie. Podobně lze použít digitální mapu významných objektů a citlivé infrastruktury, z nichž by bylo zapotřebí před zásahem obyvatel evakuovat, nebo alespoň na zásah upozornit.

* * *

Moderní informační a komunikační technologie ve spojení s dostupnými digitálními tematickými mapami a expertními pokyny znamenají zásadní podmínku úspěchu managementu krizové události. Umožňují nejen zásobit krizový štáb a jeho výkonné složky v terénu nezbytnými geoprostorovými podklady v jednotlivých etapách řešení, ale díky modelačním schopnostem lépe předvídat vývoj události a tím umožnit v předstihu plánovat výběr způsobu, místo a čas efektivní reakce. Zatím plnému účelovému uplatnění dat a znalostí brání absence dostatečné participace odborné sféry, přírodovědné i sociální, v krizovém plánování (poměrně lépe je tomu při středně a dlouhodobém řešení úkolů KM, zejména ve zmírňování a nápravě škod). Dosavadní výrazně technokratický přístup k operacím KM jednoznačně vyplývá z obecného nedostatečného přehledu o dostupných geodatech a možnostech jejich využití za podpory *domain experts*, tedy odborníků v konkrétních specifických oblastech vědění. Vzhledem k rostoucí potřebě prohlubování spoluúčasti a spolupráce oborů věd a výkonných složek KM může výrazně pozitivní roli rovněž sehrát náležitá propagace vědeckých poznatků. Ta je zatím poměrně neefektivní zřejmě z důvodu nedostatečné vzájemné informovanosti o potřebách KM z jedné strany a možnostech vědy ze strany druhé. Mezioborová komunikace je tak klíčovým faktorem dalšího zkvalitnění KM po teoretické i praktické stránce, z hlediska prevence, plánování, přípravy i provedení zásahu ve všech etapách KM.

Literatura

- Antušák, E., Kopecký, Z.: Úvod do teorie krizového managementu I. 2. vydání. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, 2003, 98 s.
- Dvořáčková, T.: Ohrožení obyvatelstva mimořádnými událostmi v povodí řeky Svitavy. Diplomová práce. Brno: Masarykova univerzita, 2008, 90 s.
- Rektořík, J. a kol.: Krizový management ve veřejné správě. 1. vydání. Praha: Ekopress, 2004, 249 s.

Doc. RNDr. Jaromír Kolečka, CSc.,

kolejka@ped.muni.cz, kolejka@geonika.cz

Katedra geografie Pedagogické fakulty Masarykovy univerzity, Poříčí 7, 603 00 Brno;

Ústav geoniky AV ČR, v. v. i., Ostrava, pobočka Brno, oddělení environmentální geografie, Drobného 28, 602 00 Brno