

**PRIMENA SAVREMENIH INFORMACIONIH TEHNOLOGIJA U
PROJEKTOVANJU TRANSPORTA OPASNIH MATERIJIA
APPLICATION OF MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES
IN THE DESIGN OF
TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS
M.Sc Vladimir Popović**

***Sažetak:** Problem transporta opasnih materija predstavlja kompleksan transportni proces koji je praćen visokim stepenom rizika. U ovom radu biće prikazan novi metodološki pristup rešavanja ovog problema korišćenjem savremenih informacionih tehnologija, koje pružaju mnoge alate koji mogu olakšati i ubrzati donošenje najadekvatnijih odluka prilikom projektovanja transporta opasnih materija kao i reagovanje u slučaju pojave akcidenta.*

1. UVOD

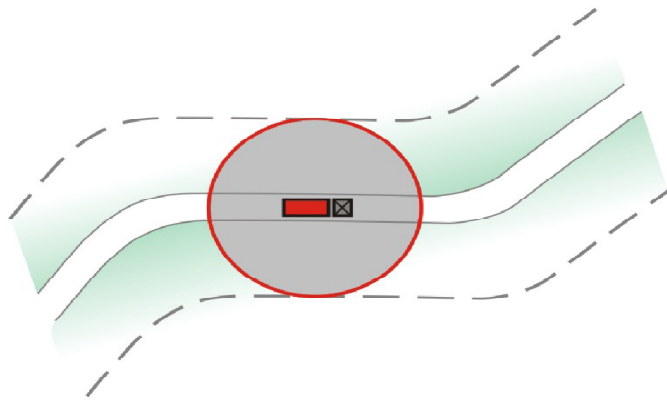
Danas se u razvijenim zemljama transportu opasnih materija pridaje mnogo veći značaj nego što je to situacija na našim prostorima. Svi oni koji učestvuju u transportu opasnih materija počev od transportera (prevoznika) pa do države na čijim se pravcima ovakav transport vrši, dužni su da preuzimaju određene preventivne i zaštitne mere kojima obezbeđuju zaštitu života i zdravlja ljudi kao i čovekove sredine. Analiza stepena rizika od udesnog događaja prilikom prevoza opasnih materija, predstavlja kompleksan proces bez koga je transport ove vrste roba nemoguć. Razvoj savremenih informacionih tehnologija i njihova primena u transportu, omogućili su lakše postavljanje algoritma problema bezbednog transporta opasnih materija kao i njegovo rešavanje, koje će u ovom radu biti prezentovano.

2. RIZIK U TRANSPORTU OPASNIH MATERIJIA

Kada je reč o riziku, u naučnoj i stručnoj javnosti su prisutna podeljena mišljenja o tome šta je zapravo rizik i kako on može da se kvantifikuje. Najveći broj autora smatra da u opštem smislu rizik predstavlja višedimenzionalnu veličinu kojom se opisuju situacije u kojima može doći do nekog neželjenog događaja. Iz tog razloga kvantifikovanje rizika se najčešće realizuje preko:

- verovatnoće nastanka udesnog događaja,
- skupa potencijalno ugroženih objekata, koji zavise od karakteristika same opasne materije, količine materija koje se prevoze u transportnom sredstvu i karakteristika okruženja u kome se akcident dogodio,
- intenziteta ugrožavanja, tj. broja objekata zahvaćenih dejstvom opasnih materija i oblika i obima preventivnih aktivnosti.

Pri tome, kako su u realnim sistemima raspoloživa sredstva po pravilu ograničena, to rizik tipično nije i jedini kriterijum izbora optimalnog ili najprihvatljivijeg rešenja, već se rešenje najčešće svodi na Pareto optimim koji kombinuje minimalni rizik, sa jedne i minimum troškova, sa druge strane. Iako u oblasti definisanja rizika pri transportu opasnih materija postoji i određena regulativa i preporuke, ne može se reći da za to postoji jedinstven i potpuno jednoznačan pristup. Naime, kako incident sa opasnim materijama ima za posledicu prostorno dejstvo u određenom radijusu oko mesta njegovog nastanka, pri realizaciji transporta "krug opasnosti" se "pomera" duž puta kojim se kreće transportno sredstvo (slika 1). Analitičari se pri kvantifikaciji rizika od uticaja opasnih materija na čoveka po pravilu usredsređuju na jedan ili dva faktora - verovatnoću incidenta i broja ljudi na koje dejstvuje ova materija u slučaju incidenta. Najpopularniji izmeritelj je proizvod ovih faktora i može se smatrati kao očekivana posledica incidenta.



Slika 1. Kretanje kruga opasnosti

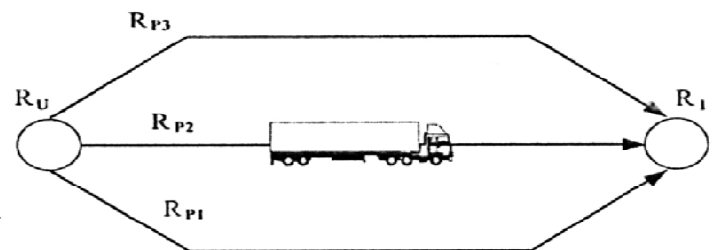
Utvrđivanje rizika jeste "pitanje nad pitanjima" u transportu opasnih materija, jer je jedino na taj način moguće tačno proceniti očekivane posledice, pa tako i predvideti eventualne mere zaštite (slika 2). Naravno, aspekt zaštite odnosi se prevashodno na opštu dobrobit i bezbednost građana, pa je po prirodi stvari to oblast za koju najveći interes iskazuju država i vladine institucije. Međutim, za problem rizika u transportu opasnih materija zainteresovani su po pravilu i drugi akteri: proizvođači, prevoznici, korisnici, a veoma značajan interes za ovu problematiku prisutan je i u osiguravajućim kompanijama. Minimizacija rizika baš u ovom segmentu ima poseban značaj kada se ima u vidu činjenica da transport opasnih materija predstavlja potencijalnu pretnju po pravilu nepripremljenom i za zaštitu neobučenom stanovništvu koje se može

zateći duž trase predviđenog itinerera. To, naravno nije i ne može biti isto što i problem zaštite u industrijskim kompleksima u kojima se opasne robe svakodnevno tretiraju, od strane za to obučene radne snage, pa je sasvim razumljiv značaj koji aktivnosti na smanjenju rizika u ovoj oblasti imaju.

Otuda je glavni zadatak potreba razvoja odgovarajuće metodologije i pratećeg softvera koji bi u našim uslovima omogućio iznalaženje najpovoljnijih ruta za kretanje transportnih sredstava koja prevoze opasne materije. Transportni proces se u tehnološkom smislu predstavlja najčešće kao proces koji objedinjuje faze: utovara robe u početnoj tački, prevoza između početne i odredišne tačke i istovara robe u odredišnoj tački (slika 3).

VEROVATNOĆA UDESA	PROCENA NIVOA RIZIKA				
Vrlo verovatan					
Verovatan					
Moguć					
Malo verovatan					
Isključen					
EFEKAT (POSLEDICE) UDESA	Zanemarljiv	Mali	Srednji	Veliki	Veoma veliki

Slika 2. Utvrđivanje rizika



Slika 3. Transportni proces

Ako je reč o transportu opasnih materija i ako se sa RU i RI označe rizici nastanka neželjenih događaja raspektivno pri utovaru i istovaru i ako Rp1, Rp2, Rp3 označavaju rizike koji su prisutni pri prevozu robe između tačaka A i B korišćenjem prevoznih puteva 1, 2 i 3, tada je očigledno da će ukupni rizik R transportnog procesa biti najmanji za slučaj izbora prevoznog puta za koji je:

$$R_{Pi} = \min\{R_{P1}, R_{P2}, R_{P3}\}$$

Na taj način jasno je da će "izbor optimalne rute", pri čemu optimalnost u ovom slučaju znači minimalni rizik prevoznog puta, rezultovati minimalnim ukupnim rizikom transportnog procesa. Naravno, sve ovo podrazumeva i postojanje određenih preduslova: formiranje i razvoj baza podataka o transportnim mrežama različitih vidova saobraćaja, prikupljanje podataka o njihovom okruženju (naseljenosti, infrastrukturi i dr.), usaglašavanje sa postojećom i planiranom regulativom iz raznih oblasti i izbor adekvatnih kriterijuma i metoda vrednovanja rizika. Ipak, sve to ne bi trebalo da predstavlja nepremostivu prepreku, posebno ako se imaju u vidu efekti na povećanju bezbednosti sa jedne, ali i činjenica da je reč o ne tako velikim ulaganjima koliko o promeni filosofije i tretiranja ove oblasti.

2.1 Ekološki rizik i osiguranje odgovornosti od rizika zagađenja

Ekološki rizik je kompleksna veličina kojom se opisuje proizvod verovatnoće nastanka štetnih događaja koji utiču na zagađenje osnovnih činioca životne sredine, bezbednost i zdravlje ljudi i očekivana veličina posledica tih događaja u jednom zatvorenom (zaokruženom) sistemu životne sredine tokom određenog vremenskog intervala ili tokom određene misije. Za

određivanje nivoa ekološkog rizika, moraju se definisati kriterijumi na osnovu kojih se ekološki rizik može iskazati kvantitativno i kvalitativno. Ruski autori Sokolov V.E. i Perelet R.A. polaze od činjenice da je ekološki rizik povezan sa tehnološkim delatnostima koje uključuju biohemijske ili energetske promene, ili mogu da dovedu do njih. U tom slučaju, pri analizi se mogu razmatrati dve vrste rizika: "udesni" i "kumulativni". Prvi je posledica poremećaja normalnog režima funkcionisanja tehnoloških sistema koji dovode do degradacije ekosistema ili, često nepovratnih, promena prirodnih procesa. Drugi vid rizika ima globalni karakter i razmatra se sa mnogo šireg aspekta, a javlja se kao rezultat dužeg vremenskog akumuliranja negativnih procesa u životnoj sredini, pri normalnom funkcionisanju tehnoloških sistema (klimatske promene, uništavanje ozonskog omotača i sl.) Uzimajući u obzir napred navedenu kategorizaciju, ekološki rizik transporta opasnih materija klasifikuje se kao udesni rizik. Oslobođena energija i emitovane opasne materije, u obliku tečnosti, gasova ili u čvrstom stanju, dovode do zagađivanja ekosistema u okolini mesta udesa, što ima za posledicu izmenu njihovih kvalitativnih karakteristika.

Pod **ekološkim osiguranjem** podrazumeva se sistem utvrđenih zakonskih mera koje imaju za cilj sprečavanje ispoljavanje faktora ekološkog rizika na životnu sredinu, a u slučaju njihovog delovanja, nadoknadu štete, učinjene preduzećima, organizacijama, a takođe i građanima bilo u odnosu na objekte ili dohodak. Pri tome se polazi sa pozicije minimizacije štete koja se nanosi životnoj sredini, kao i sa stanovišta povišenja stepena zaštite životne sredine od negativnih uticaja zagađivanja.

Osiguranje po osnovu rizika koji proizilaze iz transporta opasnih materija isto tako je potrebno kao i za fiksna postrojenja, ali je složenije iz sledećih razloga:

- Prevozni putevi transporta, obično imaju širi geografski opseg. Kako udes može da se dogodi bilo gde duž puta, planiranje reagovanja u ovim situacijama je veoma fleksibilno.
- Zbog istorijskih ili praktičnih razloga, mnogi putevi prolaze kroz gusto naseljene oblasti, duž rečnih dolina ili duž obala jezera u unutrašnjosti, itd. Stoga se u blizini potencijalnih mesta udesa mogu nalaziti mnogobrojni ugroženi objekti (ljudi, imovina ili životna sredina)
- Prepoznavanje opasnosti mnogo je kompleksnije. Mnogi opasni materijali transportuju se mnogo puta kao proizvodi. Ovo znači da, u većini slučajeva, planiranje mora da pokrije širi dijapazon materijala nego kada se radi o fiksnom postrojenju. Kada dođe do udesne situacije prilikom transporta, može da usledi zastoj zbog utvrđivanja o kojim supstancama se radi.
- Broj nosilaca interesa prilikom transporta je uglavnom veći nego kada se radi o stalnim postrojenjima.
- Udesi koji uključuju opasne materije mogu da se dogode tokom tranzita kroz neku oblast koja nema nikakvo fiksno hemijsko postrojenje. Samim tim, malo je verovatno da će interventne službe u toj zajednici biti opremljene da reaguju u ovakvim slučajevima koji uključuju nepoznate i potencijalno neidentifikovane hemikalije.
- Prosečan stanovnik će verovatno znati manje o opasnostima i o tome kako se postupa u udesnoj situaciji. Svi mogu da budu ugroženi stanovnici koji žive u blizini, ljudi u privatnim automobilima ili putnici u zaustavljenim vozovima. Samim tim, biće teže obezbediti i preneti adekvatne informacije. U cilju određivanja tarifa ekološkog osiguranja transporta opasnih materija, nužno je znati kvantitativnu meru ekološkog rizika.

3. PRIMENA SAVREMENIH INFORMACIONIH TEHNOLOGIJA U TRANSPORTU OPASNIH MATERIJIA

U saobraćaju i transportu se danas pod savremenim informacionim tehnologijama u užem smislu podrazumevaju Inteligentni Transportni Sistemi (ITS). Osnovu ITS čine savremeni informacioni sistemi koji omogućuju dostupnost potrebnih informacija u svakom trenutku. Kvalitetni informacioni sistemi moraju u obzir uzeti veliki broj promenljivih, omogućiti dostupnost podataka i njihovu obradu. Proces transporta opasnih materija, kako je prethodno navedeno, neizbežno prati povećani rizik. Sa tim u vezi i organizacija ovakvog transporta zahteva profesionalni pristup rešavanju problema. Moderan način života, pojava sve većeg broja novih proizvoda, urbanizacija sredine, otežavaju pitanje prevoza opasnih materija današnjim transporterima (prevoznicima), bilo da se radi o drumskom ili železničkom vidu saobraćaja. Savremene informacione tehnologije svojim razvojem su dostigle veliki nivo dostupnosti svim ljudima, kako onima koji ih koriste u zabavne svrhe tako i inženjerima kojima u mnogočemu olakšavaju i ubrzavaju rešavanje postavljenih problema. Primena savremenih informacionih tehnologija u svim vidovima transporta, danas, predstavlja neizbežnu realnost. Većina proizvođača teretnih vozila razvija savremene softvere koji omogućuju praćenje vozila i procesa na vozilu. Međutim, ovi sistemi još uvek nisu u potpunosti usavršeni za određene transportne zadatke, a u većini slučajeva, mnogi prevoznici nisu u mogućnosti nabaviti ovakav softver zbog visoke cene koštanja. Kada je reč o transportu opasnih materija, primena savremenih informacionih tehnologija je neizbežna. Proces transporta opasnih materija je složen proces, koji, ukoliko ga rasčlanimo na osnovne komponente, se sastoji od:

1. Analize vrste (tipa) opasne materije i njene količine (odabir transportne ambalaže) koja se transportuje,
2. Izbor optimalnog prevoznog sredstva,
3. Planiranje i definisanje rute (itinerera) kojim će se opasna materija kretati,

4. Praćenje opasne materije u transportu (trenutni položaj vozila, kao i stanje tereta, temperatura, pritisak i sl.)

5. Reagovanje u slučaju nastanka akcidentnog događaja:

- Lociranje mesta udesa, vreme udesa, meteorološki uslovi,
- Dostavljanje podataka logističkom (upravljačko-kontrolnom centru) o karakteristikama udesa, dubini i površini zona prostiranja primarnog i sekundarnog kontaminacionog oblaka, obaveštavanje kriznih ekipa (policija, vatrogasne ekipe, zdravstvene službe, komunalne službe, specijalizovane vojne jedinice i dr.)
- Unošenje i obrada podataka u centralni računar, dobijanje izlaznih podataka i simulacija kretanja opasnosti,
- Formiranje koncepcije reagovanja na osnovu obrađenih podataka i simulacije,
- Dostavljanje podataka o načinu reagovanja akterima udesa i kriznoj ekipi (policija, vatrogasne ekipe, zdravstvene službe, komunalne službe, specijalizovane vojne jedinice i dr.)

Reagovanje aktera udesa i krizne ekipe, izveštaj o sanaciji štete, prikupljanje i smeštanje u bazu podataka. Zahvaljujući računarima i internetu, kreiranje baze podataka o vrstama opasnih materija kao i o vrstama prevoznih sredstava je olakšano. Komunikacija između naručioca transporta i prevoznika je trenutna, tako da je proces analize opasne materije koja se prevozi i izbor optimalnog prevoznog sredstva u mnogočemu olakšan. Međutim mnogo kompleksniji problem, jeste planiranje najbezbednije rute. Ovo ne znači da prevoznik treba izabrati najkraću rutu već najbezbedniju, pri čemu treba pokušati izbeći veća naseljena mesta. Razvoj Geografskog informacionog sistema (GIS) i njegova komercijalizacija, kao i laka dostupnost, rešavaju i ovaj problem. Naime, GIS je skup softverskih alata, koji omogućavaju analizu različitih tipova podataka koji su povezani sa geografskim mapama. Ova tehnologija sadrži alate za unos podataka, kreiranje i obradu systemske baze podataka, postavljanje upita, analizu, kao i alate za prikaz tj. vizuelizaciju i grafički korisnički

interfejs za bilo koju softversku platformu (bilo da se radi o UNIX, LINUX ili WINDOWS operativnom sistemu). GIS prikuplja i smešta u bazu atributne informacije tj. podatke kao skup tematskih nivoa povezanih prostornim informacijama. Korisnici mogu primenjivati standardne operacije nad postojećom bazom podataka, kao što su postavljanje različitih upita, primena statističkih metoda u cilju analize postojećih podataka, unos novih statističkih podataka, pregled postojećih statističkih podataka, pregled rezultata pretrage na geografskim mapama i dr. U osnovi, GIS pruža mogućnost korišćenja velikog broja softverskog alata u cilju pregleda i analize prostornih mreža (kao što su mreže puteva i ulica, železničkih pruga, plovnih puteva, digitalne mape terena i dr.). Agencija za auto-puteve u Francuskoj koristi GIS od 1989 za mnoge namene: uzroci saobraćajnih nezgoda se vizuelizuju te se bezbednost poboljšava tamo gde je najpotrebnije. Praćenje kretanja opasne materije na digitalnoj mapi omogućeno je pridruživanjem GPS-a već pomenutim tehnologijama. GPS je satelitski navigacioni sistem koji se sastoji od 24 orbitalnih navigacionih satelita, šest zemaljskih kontrolnih stanica i više hiljada korisničkih prijemnika. Pozicioni signal poreklom sa 24 satelita distribuiran je na takav način da su najmanje 4 različita satelita u svakom momentu vidljiva sa bilo koje tačke na zemlji i emituju potrebni signal za proračun pozicije. Emitovani signal sa satelita sadrži vremenske informacije, dobijene internim atomskim časovnicima, o poziciji praćenog objekta kao i o trenutnoj poziciji satelita. GPS prijemnik konvertuje signal sa satelita prikazujući trenutnu poziciju praćenog objekta na zemlji, brzinu i vreme. Posle uklanjanja degradacije (greške) komercijalnog GPS signala od strane Bele Kuće, civilnim GPS prijemnicima je omogućena veća preciznost sa greškom manjom od 15 metara, što je omogućilo širu primenu GPS-a u komercijalne svrhe.

Konstantna komunikacija između ekipe u vozilu i logistike transporta (upravljačko-kontrolnog centra), ostvarena je putem GSM-a, kako audio tako i vizuelnom vezom, zahvaljujući GPRS standardu. GSM je digitalni mobilni komunikacioni sistem, koji je nastao u Evropi.

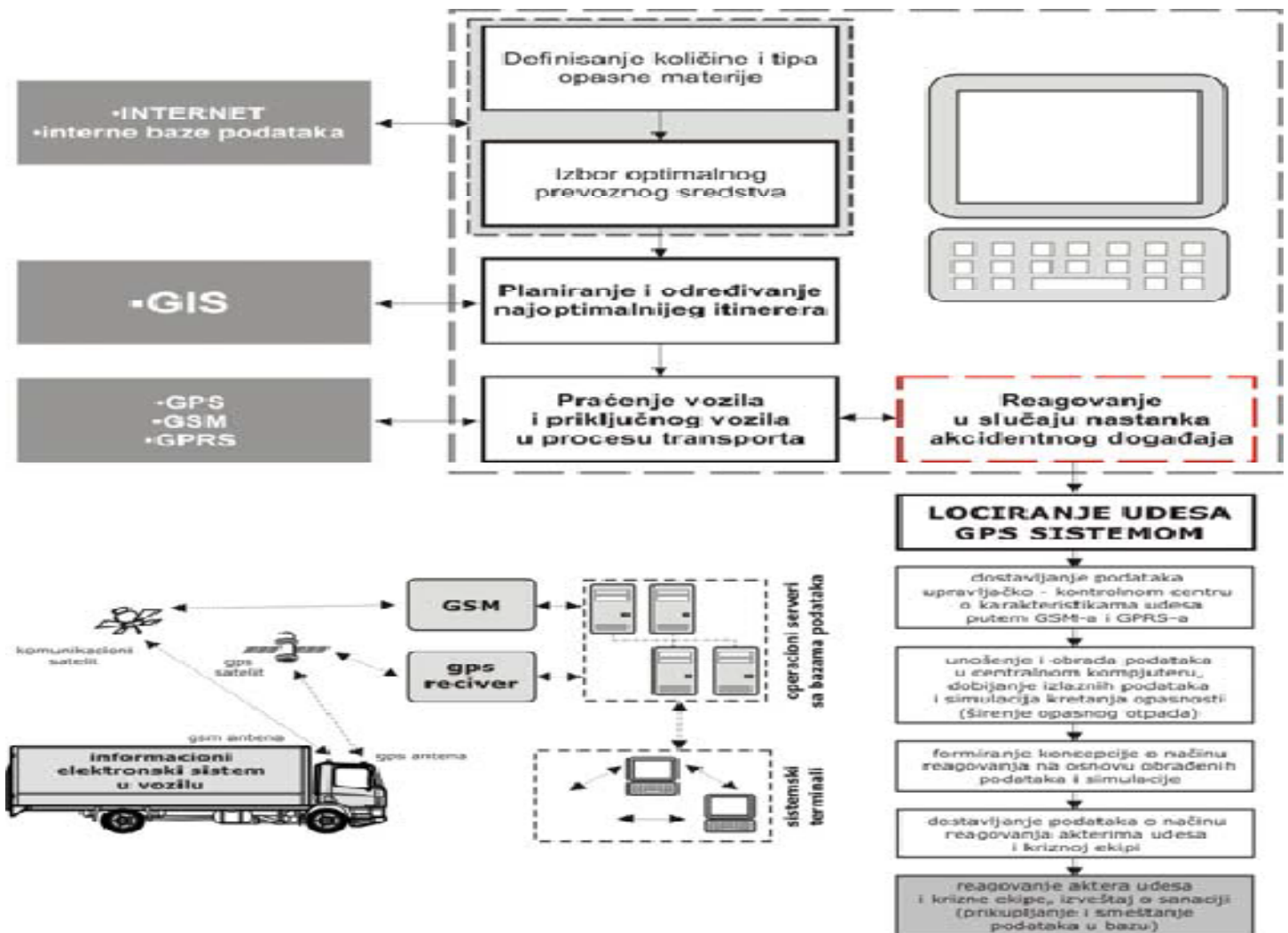
Danas, je ovaj sistem rasprostanjen na svim kontinentima i sa svojim različitim aplikacijama predstavlja osnovu komunikacionih tehnologija.

U transportu, ovaj sistem zauzima veoma bitno mesto jer omogućuje:

1. Komunikaciju na relaciji vozač – dispečer – ostali akteri TP-a,
2. Hitan poziv u slučaju nezgode ili pojave otkaza,
3. Razmenu tekstualnih poruka i drugih digitalnih podataka,
4. Beleženje toka komunikacije,
5. Integraciju sa ostalim postojećim sistemima

GSM sistem se sastoji iz tri ključna podsistema- podsistema mobilnih stanica, podsistema baznih stanica i mrežnog podsistema.

Ovakav sistem, nazvan G3 iz razloga objedinjavanja tri savremenih informacionih tehnologija GIS-a, GPS-a i GSM-a, predstavlja moćnu simbiozu hardvera i softvera koja pojavu rizika u transportu opasnih materija svodi na minimum. Takođe, ubrzava donošenje adekvatnih odluka u slučaju nastanka akcidenta, kao i prikupljanje potrebnih podataka za dalju analizu. (slika 4.)



Slika 4: Algoritam procesa transporta opasnih materija sa primenom savremenih informacionih tehnologija

ZAKLJUČAK

Osnovni činilac svakog procesa upravljanja jeste informacija. Na osnovu nje se donose različite upravljačke odluke na različitim sistemskim nivoima. Kvalitetna informacija je preduslov kvalitetnog upravljanja koje kao rezultat ima povoljne efekte ili stanje upravljanog sistema. Jedan od brojnih atributa kvaliteta informacije je i njena raspoloživost. Informacija može biti tačna, korisna, ažurna, ali ako donosilac odluke do nje ne može da dođe ili je taj proces složen i neracionalan, onda se praktično ne realizuje kvalitet informacije i ne ostvaruje njena puna upotrebna vrednost u funkciji upravljanja.

Savremene informacione tehnologije našle su svoju primenu u svim segmentima društva, počev od svakodnevnog života pa do najviših nivoa u privredi. Današnji saobraćajni sistemi u mnogo čemu zavise od kvalitetne i brzo dostupne informacije. Informacione tehnologije su omogućile ne samo blagovremenu dostavu potrebnih informacija, već i bržu obradu istih a što kao rezultat ima preciznije i kvalitetnije odluke.

U svetu se oblasti transporta opasnih materija posvećuje poseban značaj. Modeli optimizacije ruta pri transportu opasnih materija obično se svode na izbor najkraćih puteva na mreži tj.

puteva sa najmanjim rizikom ili na Pareto optimalnu rutu, pri čemu se mogu koristiti različite metode, modeli i kriterijumi. U suštini, primena savremenih informacionih tehnologija, u ovom slučaju aplikacija G3 sistema u pomenutim oblicima i kroz navedene korake bila bi višestruko korisna iz nekoliko fundamentalnih razloga:

- Efikasno planiranje najbezbednije rute,
- Konstantno praćenje vozila i procesa koji se u tom vozilu ili priključnom vozilu odvijaju,
- Brzo i sigurno dostavljanje podataka,
- U slučaju udesa, trenutno obaveštavanje o mestu udesa upotrebom **GPS** sistema,
- Brza procena efekata dejstva kontaminanta kombinacijom matematičkih modela i mogućnosti koje pruža GIS baza podataka u digitalnoj i 3D verziji,
- Obaveštavanje subjekata o svim podacima koji su neophodni za pravovremenu reakciju na svim nivoima i koordinacija njihovog dejstva upotrebom mrežnog komunikacionog sistema.

G3 sistem je fleksibilan sistem koji poseduje mogućnost prilagođavanja svim vidovima transporta kako drumskom tako i vodnom i vazdušnom. U zavisnosti od vida transporta zavisice i infrastruktura G3 sistema ali princip funkcionisanja ostaje isti.