



БРОЙ
11/2017

SOS 112

специализирано издание за пожарна безопасност и защита на населението



ПЕРНИК – НАГРАДА ЗА СПАСЕН ЧОВЕШКИ ЖИВОТ

Перник

Награда за спасен човешки живот ▼



Естония

Проект по програма „Еразъм+“ ▼



Разработка

Функционална устойчивост на комуникационните мрежи

Крумовград

Старт на проект за повишаване на енергийната ефективност

България – Турция

Подобряване превенцията при бедствия ▼



Транспортни инциденти

С белег в световната история
Х. Лак Мегантик – канадски влак изравнява със земята центъра на града ▼



Европейска програма „Еразъм+“

Разработване на игра по проект FORETEL

Община Стара Загора

Спасителите проведоха учение

SOS 112 Специализирано издание
за пожарна безопасност
и защита на населението

Основано през декември 1894;
Бр. 11/ 2017 г. (897)
Година двадесет и четвърта
ISSN 1314-8044

Банкова сметка:
IBAN: BG50BNBG9661 3100 1561 01
БНБ - Централно управление
ГДПБЗН - МВР
BIC: BNBG BGSD

Редакционна колегия
Ръкописи не се връщат
Графика:
Рей Дизайн
Броят е приключен на:
04.12.2017 г.

АДРЕС: 1309 - СОФИЯ, УЛ. "ПИРОТСКА" 171 А, ГДПБЗН -1 ЕТАЖ, ТЕЛЕФОН: 9821132, E-MAIL: spisanie_sos112@abv.bg

Награда за спасен ЧОВЕШКИ ЖИВОТ

Областният управител Ирена Соколова награди деветимата пожарникари, спасили сръбски шофьор, чийто камион надвисна над речно дере в Трънско

Областният управител Ирена Соколова удостои с грамоти и награди деветимата служители на Регионалната дирекция „Пожарна безопасност и защита на населението“ – Перник, спасили живота на сръбски шофьор, чийто камион надвисна над дерето на р. Ябланица в Трънско. „Да бъдеш пожарникар не е само професия, това е призвание, чест, преживяване на смисъл и огромна отговорност. Чрез действията си в трудни ус-



ловия през нощта вие доказавате, че сте достойни хора, които могат да жертват своя живот, за да спасят чуждия. Щастлива съм, че комисар Марков разполага с такива горди служители и че жителите на област Перник са в добри, сигурни ръце“, сподели Соколова.

Паметен знак за проявена смелост, професионализъм и жертвост при изпълнение на служебен дълг получиха инспектор Васил Василев, младшите инспектори Иво Петров, Станислав Йоцев, Васил Петров,

Чавдар Димитров, Живко Живков, Веселин Димчев и младшите експерти Димитър Томов и Явор Цанков.

Екипът на деветимата пожарникари работи усърдно за овладяване на ситуацията, при която тежкотоварен автомобил със сръбска регистрация аварира тежко при моста на разклона

за село Вrabча преди град Трън и кабината му надвисна над реката.

Огнеборците изказаха благодарност към Ирена Соколова за вниманието, признанието, оказаната чест и разказаха подробности за тежката спасителна операция.

Пожарният екип, работил 24

часа без прекъсване, разказа за ужаса в очите на шофьора, оцелявал два часа между живота и смъртта, чийто живот по-късно са спасили и за дълбоката благодарност, която са изпитали самите те, когато са свършили успешно и прецизно работата си.

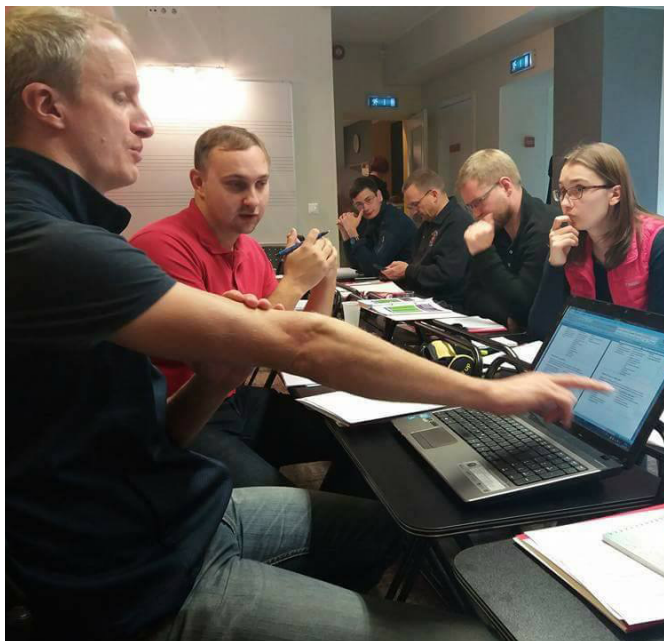
Проект по програма „Еразъм+“

В периода 20-31 октомври 2017 г. беше проведена транснационална дейност за обучение, преподаване и учене „С4 краткосрочно съвместно обучение на служители“ по проект „Разработване и въвеждане на единна система за обучение на ръководители, работещи с деца и младежи от пожарните служби в Република България, Република Естония и Федерална Република Германия“ (DISBEG), финансиран по Европейска програма „Еразъм +“.

Участие в срещата взеха представители на Главна дирекция „Пожарна безопасност и защита на населението“ – МВР, „Естонска спасителна служба“, Естония и „Пожарна служба за младежи в Зул“, Германия.

В рамките на срещата съвместно бяха подготвени идеи за видео материали и бяха разработени общи образователни-методически материали за специалистите от пожарните служби, работещи с деца и младежи.





Всички дейности се проведоха съгласно изготвения дневен ред. В рамките на обучението бе обсъден обхвата и съдържанието на методическото ръководство.

Разработеният продукт включва осем теми, обхващащи въпроси, свързани с следните проблеми: „Процес на работа с деца“, „Комуникация“, „Дидактика и методология“, „Мотивация“, „Опасности“, „Закони и правила“, „Практически съвети“ и „Финансиране“. Проведоха се дискусии, относно вида, съ-

държанието, както и визията на учебните материали. Ръководството за специалистите (обучителите) бе изготвено на английски език, като ще бъде преведено на български, естонски и немски език.

Участниците съвместно подготвиха идеи за видеоматериали, които ще подпомагат работата на специалистите, работещи с деца и младежи. Обучителите разработиха и 300 въпроса, необходими за една от игрите – „Естонска спасителна служба“, предвидена за подрастващите.

Интелектуалните продукти ще спомогнат за формиране на работна среда, предоставяща лесно приспособими, полезни и ефективни условия за работа с обучаеми – деца и младежи от различни възрастови групи.

Следващата транснационална дейност за обучение, преподаване и учене по проект DISBEG ще се организира от ГДПБЗН-МВР, като се предвижда да се проведе в България през месец юни 2018 г.

Припомняме, че през 2016 година ГД „Пожарна безопасност и защита на населението“ получи престижна награда за качествено цялостно изпълнение на европейския проект DISBEG, финансиран по програма „Еразъм+“. Бюджетът му е за над половин милион лева, а целта му е да бъдат обменени добри практики и идеи между пожарникари от България, Германия и Естония за обучението на деца.

Подобряване превенцията при бедствия

От 13 до 15 ноември 2017 г. група от петима представители на ГДПБЗН-МВР взе участие в планирана работна среща в гр. Одрин, Р Турция по проект СВ005.1.11.005 – „Повишаване оперативния капацитет за горски пожари и подобряване превенцията при бедствия“ изпълняван по оперативна програма за трансгранично сътрудничество България – Турция.

Срещата беше част от дейности по проекта за разработването на наръчник по пожарна безопасност от група експерти и осъществяване на работни срещи на екипите за управление. По време на командировката бяха осъществени редица съвместни дейности между екипите за управление на водещия партньор в проекта ГДПБЗН-МВР и турския ни партньор – община Одрин, съгласно предварително обявения дневен ред.

На тях бяха обсъдени извършените до момента дейности, графика за обществени поръчки, проведените такива и предстоящи в близък план. Обсъден и уточнен бе отново комуникационния план по проекта, графика на предстоящите работни срещи и други текущи въпроси по изпълнение дейностите по проекта.



От страна на ГДПБЗН бяха представени обучителни материали, които се ползват в системата на предучилищното и училищно образование, както и други, разработвани по европейски проекти.

Групите експерти от българска и турска страна работиха съв-

местно по разработването на наръчник по пожарна безопасност, включващ общи методи за превенция, подходящи за деца в рамките на предвидените дейности по проект СВ005.1.11.005 „Повишаване оперативния капацитет за горски пожари и подобряване превенцията при



бедствия“.

В хода на работа бяха уточнени общите моменти от практиката на българската и турската страна, темите и съдържанието на наръчника, както и вида и обема на материалите. Разпределени бяха конкретни задачи на експертите и те работиха по тях.

Гл. инсп. Стефан Стефанов
Началник сектор
„Превантивна дейност“
ДКИПК при ГДПБЗН – МВР

Учение

Реакция при пожар или атентат

В пълномащабно учение на летището в Бургас взеха участие 81 огнеборци и 17 броя специализирана техника и автомобили

На 15 ноември Летище Бургас проведе пълномащабно учение с участието на Аварийно-спасителната, Медицинската и Пожарна служби на летището, Летищен център за обслужване на въздушното движение, Гранично полицейско управление, Център за спешна медицинска помощ и Регионална дирекция Пожарна безопасност и защита на населението в Бургас, както и Районен център 112 в града. По сценарий беше симулиран пожар в складовото стопанство за Гориво-смазочни материали на летището, неговото потушаване, евакуация на служителите





в обекта, работа с аварийното оборудване, както и проверка на времето за явяване и координиране на действията с външ-

ните организации. След проведената тренировка беше демонстриран новия аварийно-спасителен автомобил,

закупен от „Фрапорт Туин Стар Еърпорт Мениджмънт“ АД.

Европейска програма „Еразъм+“

Разработване на игра по проект FORETEL

Виртуална среда, стимулираща различни инциденти, ще учи децата на правилно поведение при възникването им

В рамките на един учебен час 25 ученици от столичната Национална професионална гимназия по прецизна техника и оптика „М. В. Ломоносов“ имаха възможност да разберат начините за регистрация, създаването и персонализирането на собствен аватар, специфичните изисквания и съдържанието на

виртуалната игра. Осмокласниците бяха първите български деца, които тестваха възможностите на 3D-средата. Служителите на ГД „Пожарна безопасност и защита на населението“ им предоставиха възможност да стартират самостоятелна игра и да проверят знанията си за реакция при пожари и навод-

нения. Децата получиха автономни димни датчици и научиха повече за ползите от използването им в домашни условия, начините за монтиране и експлоатацията на уредите. Според експертите на Главната дирекция димните датчици предупреждават хората за възникването на пожа-

рен инцидент и по този начин им предоставят допълнително време за евакуация и безопасно напускане на горящата сграда.

Инициативата за създаването на виртуална 3D-среда, която да симулира пожари и наводнения и да учи децата на правилно поведение при възникването им е на ГД „Пожарна безопасност и защита на населението“, в партньорство с Гръцки свободен университет, Малтийски университет и FELCOS UMBRIA, неправителствена организация от Италия. Разработването на играта е част от дейностите по проект „Безопасност от пожари и наводнения във виртуалния свят“ (FORETELL), финансиран по Европейска програма „Еразъм+“. Той е с продължителност от 24 месеца.

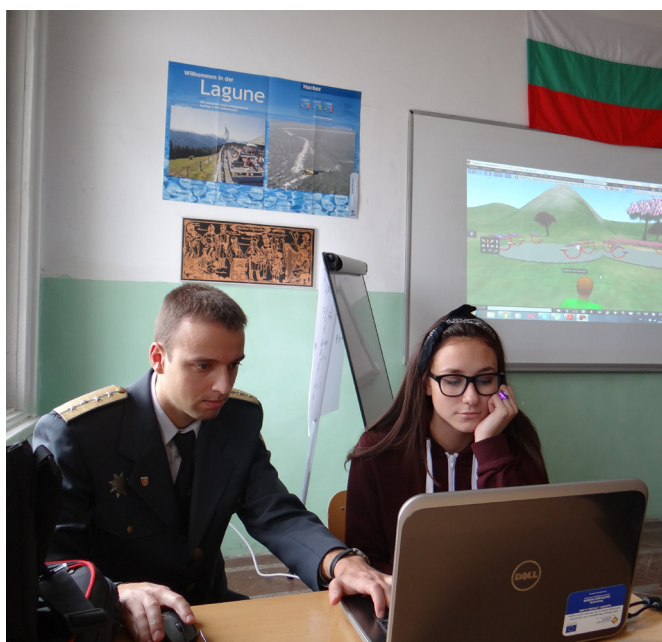
Основната цел е повишаване нивото на подготовка на ученици на от 8 до 15-годишна възраст и намаляване на риска



в случай на възникване на инциденти. Идеята е чрез използването на 3D-видео симулация те да формират навици за безопасно поведение и правилни действия в случай на пожари и наводнения.

В помощ на учителите е създадена и обучителна среда, съдържаща текстови и видео материали, свързани с пре-

венция и действия в случай на инциденти. Разработени са четири индивидуални сценария с различни нива на трудност. Те акцентират върху конкретни реални опасности и начините за справяне с тях – пожар в дома, наводнение сред природата, евакуация от обществена сграда, горски пожар и др.



Спасителите проведоха учение

Със заповед на кмета на Община Стара Загора Живко Тодоров на 31 октомври 2017 г. се проведе учение на частите на Единната спасителна система на тема: „Дейност на органите за управление и частите на Единната спасителна система за организиране и провеждане пожарогасителни и аварийно-спасителни работи при възникване на инцидент в терминал за съхранение на втечнени въглеводородни горива ЗАРА ГАЗ АД“.

В учението участваха оперативни групи от състава на щаба за изпълнение на плана за защита при бедствия на община Стара Загора, екипи на РС ПБЗН, екипи на ОД МВР Стара Загора, екипи на ЦСМП, аварийни екипи на „ЗАРА ГАЗ“ АД, екипи от формирането за овладяване и преодоляване на последиците при бедствия от състава на



Втора механизизирана бригада. В изпълнение на плана за защита на община Стара Загора Щабът и частите на Единната спасителна система оповестиха и приведоха в готовност оперативните групи. Аварийните екипи проведоха спасителни и аварийни дейности при въз-

никване на инцидент на терминал за съхранение на втечнени въглеводородни горива. Съставните части на Единната спасителна система участваха в спасителни и аварийно възстановителни работи при възникване на инцидент в терминал за съхранение на втечен газ.



Старт на проект за повишаване на енергийната ефективност

На 1 ноември 2017 г. в гр. Крумовград с официална церемония „Първа копка“ бе даден старт на проект за внедряване на мерки за енергийна ефективност в сградата на Районна служба „Пожарна безопасност и защита на населението“ Крумовград по Приоритетна ос 2 „Подкрепа за енергийна ефективност в опорни центрове в периферни райони“ на ОПРР 2014-2020г.

На церемонията присъстваха директора на Главна Дирекция „Пожарна безопасност и защита на населението“ – главен комисар Николай Николов, кмета на община Крумовград госпожа Себихан Мехмед, областния управител на област Кърджали г-н Никола Чанев и Директора



на РДПБЗН Кърджали комисар Сергей Заимов.

Проектът е на стойност 188 974.17 лв., от които 160 628.05 лв. от Европейския фонд за регио-

нално развитие и 28 346.12 лв от Национално съфинансиране. Крайната дата за реализиране на проекта е 9 май 2018 г.



С белег в световната история

Х. ЛАК МЕГАНТИК – КАНАДСКИ ВЛАК ИЗРАВНЯВА СЪС ЗЕМЯТА ЦЕНТЪРА НА ГРАДА

На 6 юли 2013 г. настъпва един от най-тежките железопътни инциденти в историята на Канада, когато в град Лак Мегантик, намиращ се в източната част на провинция Квебек, около 1:15 часа товарен влак, превозващ 74 цистерни със суров петрол започва да се спуска неконтролируемо по линията с 1,2% наклон, дерайлира в центъра на града, при което възниква пожар и експлозия на няколко от цистерните.

След инцидента е потвърдена смъртта на четиридесет и двама души, а още пет са обявени за изчезнали. Повече от 30 сгради, намиращи се в центъра на града са унищожени, а голяма част от останалите трябва да бъдат разрушени, поради замърсяване с петрол. Първоначалните доклади показват радиус на взрива от 1 километър.

Смъртта на 47 човека го прави четвъртата най-смъртоносна железопътна катастрофа в канадската история и най-смъртоносната, включваща влак без пасажери.

Предистория

Товарните влакове, които превозват суров петрол и други суровини из цяла Северна Америка, редовно спират да пренощуват на правата отсечка, сгъшена в тъмната борова гора на Квебек.

Обикновено, преди да се оттегли за нощта, отговорникът на композицията включва ръчните спирачки и оставя един локомотив да работи, за да захранва въздушните спирачки, които

помагат на влака да се задържи на едно място върху леко наклонения железен път. На следващата сутрин отговорникът или някой от машинистите стартира локомотива и машината продължава по пътя си.

Какво се случва

Около 10.50 часа вечерта на 5 юли 2013 година в Нант, Квебек пристига влак собственост на железопътната компания Montreal, Maine & Atlantic

Railway (ММА). Жп-композицията превозва 7,7 милиона литра суров петрол разпределен в 72 цистерни от Ню Таун, Северна Дакота към Сейнт Джон, Ню Брънсуик.

В съответствие с установените по това време железопътни практики, след пристигането в Нант, главният машинист спира влака върху леко наклонен участък от основната жп-линия. По план пътуването на композицията трябва да продължи

себе си, те вземат решение да отложат въпроса за следващата сутрин.

Скоро след като машинистът отива да почива, в 23.50 часа в противопожарната служба на Нант се получава сигнал за пожар във влака. Пристигналите на мястото на произшествието пожарникари първо спират подаването на гориво към двигателя на локомотива, а след това в съответствие с инструкциите, с които разполагат, преместват електрическите прекъсвачи в кабината в изключено положение.

На мястото на пожара пристига и представител на ММА – бригадир, който обаче няма опит в управлението на локомотиви. След като пожарът е ликвидиран, пожарникарите, бригадирът от ММА и отговорникът за движението в Фарнхам провеждат разговор относно със-

тоянието на влака, а скоро след това напускат мястото на произшествието.

Нито един от локомотивите на жп-композицията не е оставен да работи, в следствие на което въздушният компресор не създава налягане в системата на въздушните спирачки. В резултат на различни неплътности постепенно налягането на въздуха в спирачната система спада, а с това намалява и ефективността на въздушните спирачки на локомотивите.

Малко преди 01.00 часа сутринта на 6 юли налягането на въздуха в системата спада до стойност, при която спирачното усилие прилагано едновременно от ръчните и от пневматичните спирачки е недостатъчно за да задържи влака в спряно положение. Жп-композицията започва да се движи бавно надолу по склона в посока Лак

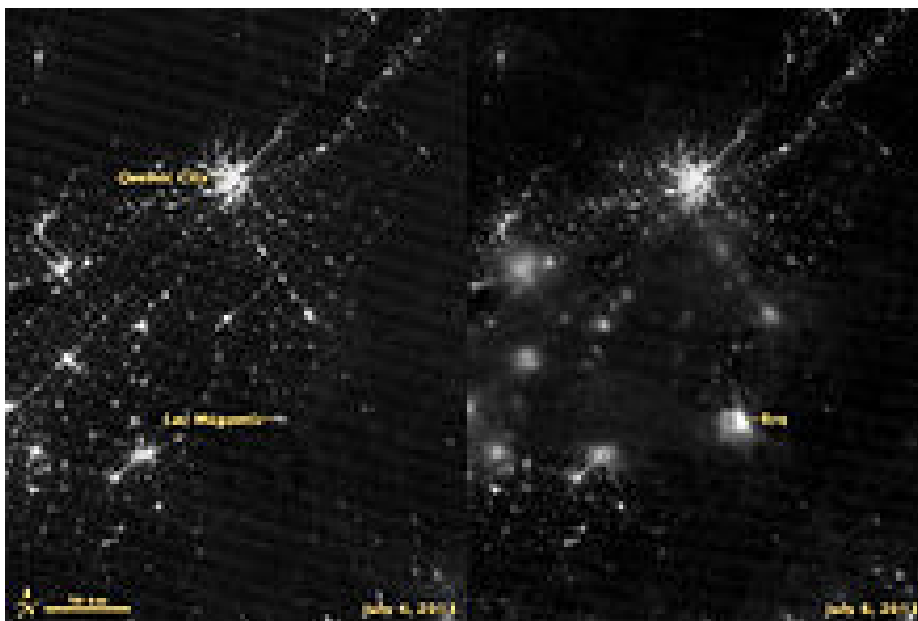
Мегантик, отстоящ на 10 километра. Спускайки се по наклон влакът постепенно ускорява и достига скорост около 105 km/h.

В 01.15 часа сутринта на 6 юли движещата се жп-композиция навлиза в крива от трасето с ограничение на скоростта 16 km/h, буферният вагон и 63 от общо 72 жп-цистерни дерайлират в близост до центъра на град Лак Мегантик. 9 вагон-цистерни в задната част на композицията остават върху жп-линията и в следствие при изпълнение на пожарогасителните и спасителни дейности са изтеглени на безопасно разстояние.

В резултат на катастрофата се получава разлив на около 6 милиона литра суров петрол и възниква пожар, който е последван от няколко експлозии.



Фиг. 2 Пожарът, възникнал след дерайлирането



Фиг. 3 Инфрочервено изображение, заснето от НАСА показва огъня, възникнал след дерайлирането: отляво, два дни преди; отдясно, около два часа след експлозиите.

Размерите на избухналия пожар са толкова големи, че са запечатани върху кадри с изображението на Квебек, заснети от сателит на НАСА на 6 юли.

На мястото на произшествието са изпратени около 150 пожарникари. Някои от тях са изпратени на помощ от град Шербрук, отстоящ на около 90 километра, други 30 пожарникари и 8 противопожарни автомобили са изпратени от окръг Франклин, Мейн, САЩ. Безразборно струпаните в центъра на града жп-цистерни и огромното количество горящ петрол правят тяхната работа изключително трудна. Въпреки това техните действия са добре координирани и през ранния следобед на същия ден пожарът е локализиран.

20 часа след възникването на произшествието пожарът все още не е изгасен, 5 отделни езера, образували се от разлетия суров петрол, продължават да горят. Пожарникарите организират охлаждането с водни струи на 5 жп-цистерни които не са експлодирали. 36 часа след началото на инцидента все още съществува риск от експлозия тъй като две цистерни продължават да горят.

Пожарът е окончателно погасен вечерта на 7 юли, след като е горял почти два дни.

Какви са резултатите

В резултат на възникналия пожар и последвалите го експлозии загиват 47 души. Около 1000 човека са евакуирани от района на произшествието вед-

нага след неговото възникване, а по-късно през деня са евакуирани още 1000 заради голямото количество токсични продукти на горенето. На 1200 души е разрешено да се завърнат по домовете си следобед на третия ден, още 600 души се прибират в домовете си през шестия ден след произшествието. В крайна сметка 160 души остават без място където да живеят.

Петте локомотива на дерайлиралата жп-композиция по-късно са намерени непокътнати на около 800 метра източно от мястото на инцидента. Почти всички 63 дерайлирали жп-цистерни са повредени, като по голяма част от тях има значителни разкъсвания и множество пробойни.



Фиг. 4 Щетите след дерайлирането и експлозиите

Местната болница приведена в състояние на готовност, съответстващо на код „Оранжево“ тъй като очаква постъпването на голям брой пострадали. Поискана е допълнителна помощ от други медицински заведения, но сериозно наранени хора така и не постъпват за лечение. Пострадали в резултат на пожара и възникналите експлозии няма, всички хора намиращи се в района на произшествието в момента на неговото възникване са мъртви. Централната част на града е опустошена, разрушени са най-малко 30 сгради, в това число градската библиотека, историческата сграда на бившата банка, търговски и жилищни сгради. Нарушено е водопо-

даването в зоната на произшествието поради авария на водопровода. Прекратена или временно преустановена е работата на 115 различни фирми, които се намират в пострадалия район. Жп-линията остава прекъсната до месец декември същата година, това оказва негативно влияние върху промишлеността в града. Почвата в района на възникването на инцидента е силно замърсена от разлетия суров петрол и от продуктите, получени в резултат на неговото изгаряне. При провеждане на възстановителните работи са изкопани повече от 75 000 куб. метра замърсена почва, които са откарани в специално хранилище в близост до града. По предва-

рителни оценки деконтаминирането на тази почва ще струва между 75 и 100 милиона долара.

В резултат на инцидента са замърсени езерото Мегантик и Река Шодьер. До 22 юли от езерото са събрани и изпомпани 457 500 литра суров петрол. В река Шодьер се изливат около 100 000 литра петрол, разливът се движи по течението на реката и достига до град Сейнт Джордж, който се намира на около 80 километра североизточно. Местните власти са принудени да използват бонови заграждения, за да прекратят по нататъшното разпространение на замърсяването.

Исковете които са предявени към местните застрахователни-

те фирми възлизат на около 25 милиона долара.

За да не се повтаря

Двете най-големи канадски железопътни компании приемат регламент, според който да не се оставят без надзор локомотиви извън терминалите, както

и жп-цистерни с опасни вещества без надзор на главни жп-линии.

В Мейн държавните органи по транспорта се свързват с всички конкурентни оператори на товарни превози, за да изготвят план за действие в извънредни ситуации.

Операциите в рамките на Лак Мегантик са подложени на множество ограничения, като забрана за превоз на опасни товари; забрана за паркиране на линии до 4 км (2 мили) от центъра на града; изискване на борда да има машинист и инженер; скоростта на влака не трябва да



Фиг. 5 и 6 Разрушените вагони

надвишава 16 km / h (10 мили в час).

Съветът по безопасност на транспорта на Канада (TSB) започва разследване на произшествието. В доклада си от август 2014 г. TSB идентифицира 18 отделни причини и допринасящи фактори, сред които е оставянето на влака без наблюдение на главната линия, неспособността да се задействат достатъчно ръчните спирачки, липсата на резервен механизъм за безопасност, лошата поддръжка на локомотива и няколко грешки при обучението и надзора.

На 23 август 2013 г. Федерация-

та на канадските общини (FCM), работеща по безопасност на железопътния транспорт, настоява федералното правителство да предприеме бързи действия относно безопасността на железопътния транспорт. Работната група на FCM има три препоръки:

1. Съдействие за екипирането и подкрепата на общинските лица, отговарящи за транспорта и информирането им за вида на опасните товари, които се транспортират с железопътния транспорт през техните общини, за да се планират извънредните ситуации.

2. Да се гарантира, че федерал-

ните и индустриалните политики и регламенти засягат опасенията на общинските власти по безопасността на железопътния транспорт и включват тези опасения при оценката на риска и развитието на политиката за железопътната безопасност.

3. Укрепване на регулирането на застраховката за гражданска отговорност за железопътните компании, така че разходите за железопътни бедствия да не се поемат от местните данъкоплатци.

инж. Стефан Илиев,
инж. Стефан Първанов
Факултет „ПБЗН“ – АМВР



Фиг. 7 Разрушенията в центъра на града

Литература

1. Transportation Safety Board of Canada, Lac-Mégantic runaway train and derailment investigation summary (<http://www.tsb.gc.ca/eng/rapports-reports/rail/2013/r13d0054/r13d0054-r-es.asp>).
 2. <http://www.firefightingincanada.com> (Lac-Mégantic devastation).
 3. Lac-Mégantic runaway train and derailment investigation summary.
 4. "Mayors urge Ottawa to act swiftly on rail safety". CBC News. August 23, 2013.
- В работата са използвани фотографии от следните интернет източници:
1. "Train Derailment and Fire, Lac Mégantic, Quebec : Natural Hazards". NASA Earth Observatory. July 4, 2013. Retrieved July 9, 2013.
 2. http://www.dnevnik.bg/sviat/2013/07/10/2100525_istoriata_na_kanadskiiia_vlak_koito_izravniava_sus/.
 3. Lac-Mégantic runaway train and derailment investigation summary.

Разработка

Функционална устойчивост на комуникационните мрежи

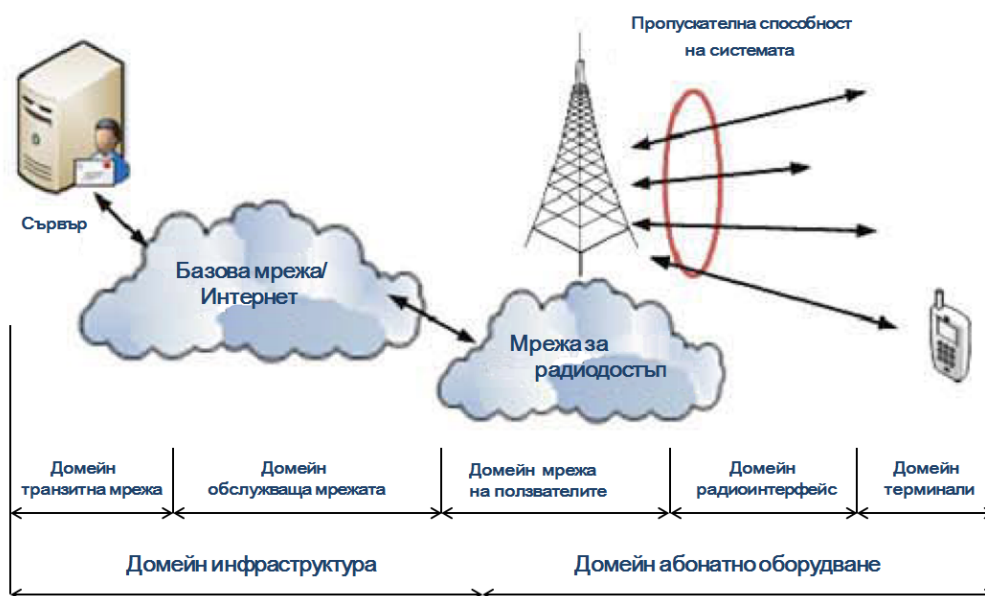
Чрез декомпозиране е изследван йерархичният модел на устойчивостта на комуникационните мрежи като композиция от няколко модела на устойчивост на подсистеми на по-ниско ниво. С помощта на числен анализ са определени параметрите на комуникационната мрежа по критерий „устойчивост“ в случай на еднаква вероятност за оцеляване на базовите станции. Предложени са мерки за повишаване функционалната устойчивост на отделни компоненти и мрежата като цяло.

В нашите дни светът изцяло е станал зависим от услугите, предоставяни от комуникационните мрежи и системи. Както е известно, всяка съвременна система за мобилни комуникации е с многостепенна йерархична структура, включваща в себе си множество компоненти, свързани помежду си по определен начин. Това от своя страна ги прави особено уязвими, тъй като излизането от строя на един компонент от системата, провокира каскадно излизане от строя или спиране на много други компоненти. В тази връзка неблагоприятните въздействия върху тях, причинени от техногенни, природни, социални, криминални или други видове фактори, могат да доведат до блокирането им и откази в обслужването на ползвателите.

Функционалната устойчивост на комуникационните мрежи е свойство, характеризиращо способността им да функционират ефективно при получаване на повреди (разрушения) или да възстановяват

тази способност в определено време. Повредите на мрежите могат да бъдат най-различни в зависимост от вида на извънредната ситуация [1].

Изследването на устойчивостта на мобилните мрежи към разрушаващите въздействия е невъзможно да бъде направено без анализиране влиянието на отделните и компонентите. Разделянето на системата на подсистеми чрез декомпозиране, позволява да бъдат отделени най-важните компоненти на мрежата, осигуряващи устойчивост към разрушаващите въздействия, а така също да се анализират последствията от тяхното излизане от строя [2]. По този начин йерархичният модел на устойчивостта може да се представи като композиция от няколко модела на устойчивост на подсистеми на по-ниско ниво, като: оборудване за множествен радиодостъп, абонатни терминали, базова мрежа и шлюзовете за комуникация с външните мрежи (фиг.1).



Фиг.1. Декомпозиран модел на мрежова архитектура

При това положение вероятността за оцеляване на системата/мрежата в извънредни ситуации може да се определи с произведението [3]

$$(1) \rho_o = \rho_{ao} \rho_{bm} \rho_{rd}$$

където ρ_{ao} – вероятността за оцеляване на абонатното оборудване; ρ_{bm} – вероятност за оцеляване на базовата мрежа; ρ_{rd} – вероятност за оцеляване на радиодостъпа в мрежата.

Възможни са два вида извънредни ситуации:

- природни /техногенни катастрофи;
- умишлени атаки.

Характерна особеност на природните и техногенни катастрофи се явява лошата им предсказуемост, внезапност, мълниеносното разпространение, както и случайност на поразяването на обектите в епицентъра на катастрофата. Основна задача на комуникационната система в извънредна ситуация е организиране оповестяването на населението, следователно, критерият за устойчивост се определя с вероятността за блокиране на повикванията E (или интензивността на отказите). За определянето им ще бъдат въведени следните означения:

n – общ брой базови радиостанции в зоната на извънредната ситуация; ,

- k – брой на базови станции, съхранили работоспособността си;
- m – брой на каналите на базовите станции;
- λ – интензивност на постъпващите повиквания;
- μ – интензивност на обслужваните на запитванията [4].

Ще предположим също така, че вероятността за оцеляване на всички БС е еднаква. Абонатите, в зоната на повредените БС автоматично се захващат от оцелелите базови станции или сами преминават към тях. Интензивността на повикванията или средната продължителност на сеансите зависи от броя на авариралите станции. В този случай вероятността за блокиране на повикванията $P_{\text{бл}}(k)$ може да бъде определена с ред [5]:

$$(2) \quad P_{\text{бл}}(k) = \sum_{k=1}^n C_N^k p^k (1-p)^{N-k} \frac{\rho^{mk} / (mk)!}{\sum_{i=0}^{mk} \rho^i / i!} + (1-p)^N$$

където: $\rho = \lambda / \mu$ – интензивност на постъпващото натоварване на мрежата, p – вероятност за оцеляване на БС. Първото събираемо в (2) характеризира вероятността за блокиране на повикванията при наличие на оцелели базови станции, а второто – вероятността за блокиране при излизане от строя на всички базови станции, която достига 100%. При това положение, формула (2) се преобразува във вида:

$$(3) \quad P_{\text{бл}}(k) = \sum_{k=1}^n C_N^k p^k (1-p)^{N-k} \frac{\rho^{mk} / (mk)!}{\sum_{i=0}^{mk} \rho^i / i!},$$

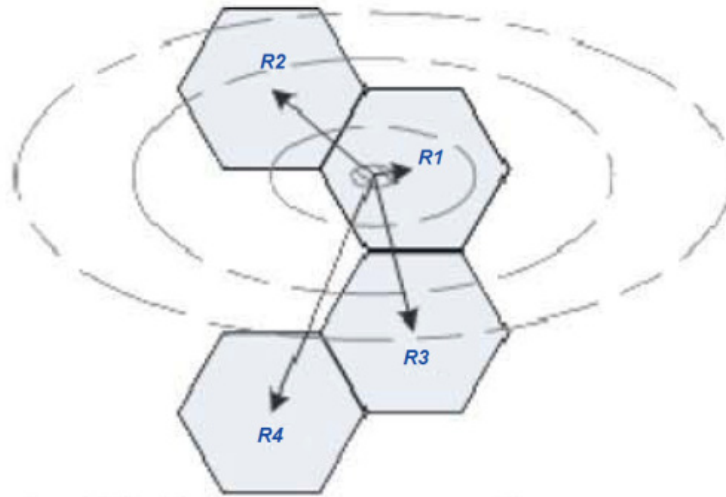
а формулата за оценка на функционалната устойчивост е []:

$$(4) \quad Sur = 1 - \sum_{k=1}^n C_N^k p^k (1-p)^{N-k} \frac{\rho^{mk} / (mk)!}{\sum_{i=0}^{mk} \rho^i / i!}$$

Вижда се, че интензивността на повикванията или средната продължителност на сеансите зависи от броя на излезлите от строя базови станции.

Сега ще предположим, че вероятността за оцеляване на базовите станции нараства с увеличаване на разстоянието от епицентъра на поразяване (фиг. 2). Ще подредим вероятността за оцеляване на БС по възходящ ред и ще ги номерираме:

$$p_1 > p_2 > p_3 \dots > P_n P_i = P(R_i)$$



Фиг.2. Декомпозиране на мобилните мрежи на сайтове

Ще отбележим, че вероятността равенството $R_i = R_j$ за i различно от j е равна на нула. Ще въведем означение на множеството от индекси .

При това положение формула (4) за функционалната устойчивост добива вида:

$$(5) \quad Sur = 1 - \sum_{k=0}^n \sum_{j_1 \dots j_k} p_{j_1} \dots p_{j_k} \prod_{i \in I\{j_1 \dots j_k\}} C_N^k p^k (1-p)^{N-k} \frac{\rho^{mk} / (mk)!}{\sum_{i=0}^{mk} \rho^i / i!}$$

При голям брой радиоканали $m \rightarrow \infty$ вероятността за блокиране на повикванията се определя от последното събираемо във формула (2) и е равна на вероятността за унищожаване на всички БС:

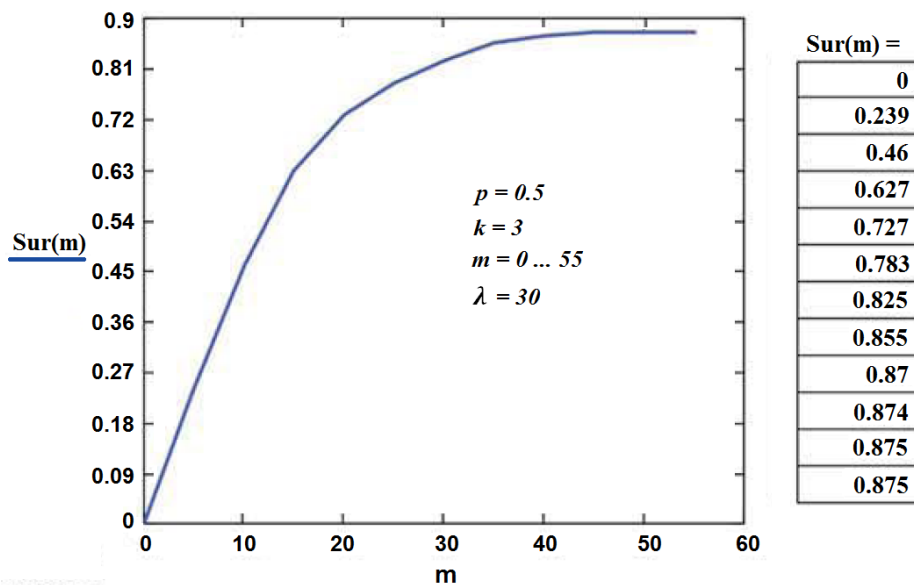
$$(6) \quad \lim_{m \rightarrow \infty} \left(\sum_{k=1}^n C_N^k p^k (1-p)^{N-k} \frac{\rho^{mk} / (mk)!}{\sum_{i=0}^{mk} \rho^i / i!} + (1-p)^N \right) = (1-p)^N$$

При $p=1$ (т.е. всички БС са оцелели) формула (3) се превръща във формулата на Ерланг за загубите [6]:

$$(7) \quad E_n(\rho) = \sum_{k=1}^n C_N^k p^k (1-p)^{N-k} \frac{\rho^{mk} / (mk)!}{\sum_{i=0}^{mk} \rho^i / i!}$$

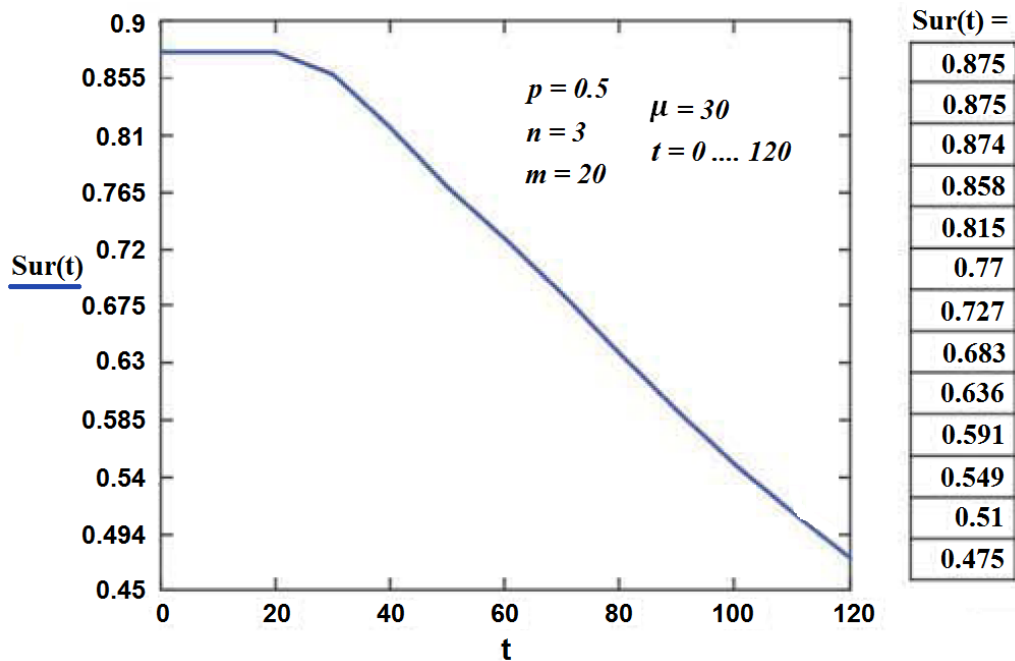
Числен анализ

Нека в центъра на поражението са се оказали три (3) БС, като една БС поддържа 20 дуплексни канала. В нормално състояние средното време за обслужване на повикванията е 1 минута, а натоварването на кластера е 30 повиквания в минута. Съгласно (7) при нормални условия на функциониране на мрежата вероятността за блокиране на повикванията е от порядъка на 10^{-6} . В условията на извънредни ситуации натоварването нараства на порядък, а така също част от БС излизат от строя. При нарастване на натоварването на 50 повиквания в минута, вероятността за блокиране е равна на 2,2%. Ако вероятността за излизане от строя на една БС е равна на 0,2, тогава получаваме, че вероятността да бъдат блокирани повикванията нараства на 5%. В условията на извънредна ситуация, когато тези две събития протичат едновременно, вероятността за отказ на обслужването рязко нараства до 17,4%. С помощта на формула (3) ще бъде показано, как броят на радиоканалите на базовите станции влияе на устойчивостта на мрежата. Ще приемем, че в кластера влизат 3 БС с по 20 дуплексни канала. В рамките на една минута постъпват по 30 повиквания а времето за обслужване на едно повикване е 1 минута. Вероятността за излизане от строя на една БС е равна на 0.5. Резултатите от анализа са представени в графичен и табличен вид на фиг. 3. От тях се вижда, че при увеличаване броя на каналите устойчивостта се повишава, но в разглеждания случай максималната стойност е 87,5%, следователно минимално възможните загуби съставляват 12,5%.



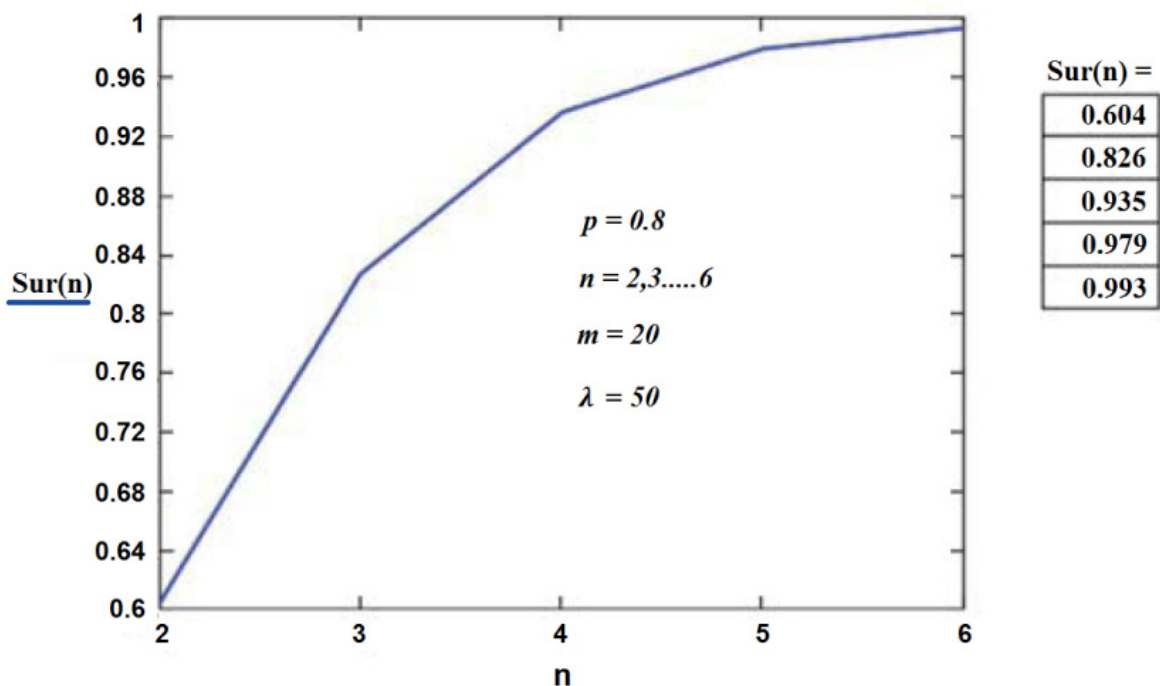
Фиг.3. Функционална устойчивост във функция от броя на каналите

Зависимостта на интензивността на обслужване върху загубите от средното време за обслужване на повикванията t (в секунди) е показана на графиката на фиг. 4 и таблицата до нея. Вижда се, че колкото по-кратки са повикванията, толкова по малка е възможността за отказ, но функционалната устойчивост като цяло не превишава 87,5 %, а интензивността на блокиране не може да бъде по-ниска от 12,5%. От получените данни се вижда, че вторият метод води до по-добри резултати. На практика е целесъобразно да бъде прилагана комбинирана стратегия, но и нейният резултат ще бъде ограничен от вероятността за излизане от строя на всички базови станции [7].



Фиг.4. Функционална устойчивост във функция от средното време за обслужване

За повишаване на функционалната устойчивост на системата могат да бъдат приети мерки за повишаване вероятността за оцеляване на отделни БС, например, чрез дублирането им с мобилни базови станции. Но даже и в случаите на увеличаване броя на БС при голямо натоварване на мрежата вероятността за нейното блокиране остава висока. По такъв начин, дадените мерки нямат самостоятелна ценност и е целесъобразно да бъдат използвани само като допълнение към разгледаните по-горе методи.



Фиг.5. Функционална устойчивост във функция от броя на базовите станции

Ще отбележим, че поради мобилността на абонатите и възможността им да напускат зоната на поражение и да се включват към оцелелите БС, клетъчните мрежи с голям брой БС притежават достатъчно висока структурна и функционална устойчивост. На фиг.5 в графичен вид е показана зависимостта на вероятността за успешно обслужване на повикванията от броя на базовите станции в условия на увеличено време за обслужване и при работоспособност на БС равна на 0,8.

Ще отбележим, че тука критерият за функционална устойчивост характеризира ефективността за осигуряване на мобилна връзка в рамките на цялата система, докато в същото време както в разгледаните по-горе случаи са изследвани загубите в епицентъра на извънредната ситуация.

Изводи

Анализът на резултатите позволява да бъдат направени следните изводи. Най-ефективният начин за осигуряване функционирането на мобилните комуникации в условията на извънредни ситуации се явява повишаване на интензивността на обслужване на повикванията, например, чрез взаимодействие посредством SMS. Увеличаване броя на радиоканалите на работещите БС в повредения кластер е целесъобразно да стане чрез преразпределение каналите на повредените базови станции. По нататъшното увеличаване броя на радиоканалите в повредения кластер води до необходимостта от решаване на достатъчно трудоемка задача, насочена към отстраняване на радиочестотната интерференция. По такъв начин, даденият метод наред с повишаване на функционалната устойчивост на отделни БС е целесъобразно да бъде прилаган като спомагателна мярка.

Доц. д-р Вася Илиев - АМВР

Литература

1. R.J. Ellison, D.A. Fisher, R.C. Linger, et al., "Survivable Network Systems: An Emerging Discipline, Technical Report CMU/SEI-2007-TR-013, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, November 2007.
2. Baker, M.C., Witschoric, C.A., Tuch, J.C., Hagey-Espie, W., and Mendiratta, V.B. (2014). Architectures and disaster recovery strategies for survivable telecommunications services. Bell Labs Technical Journal. Vol. 9(2), pp. 125-145.
3. ANSI/TIA-942-2005. Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers. TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION. Approved: April 12,
4. Ross K. W. Multiservice loss models for broadband telecommunication networks. – London: Springer-Verlag, 2005. – 343 p.
5. Kelly F. P. Reversibility and stochastic network. – Chichester: Wiley, 2009. – 630 p.
6. Iversen V. B. Teletraffic Engineering Handbook. – ITU-D, Nov. 2015. – 323 p.
7. Норми на Европейския институт за стандартизация в областта на комуникациите (ETSI) - EN 300 392-1 V1.3.1 (2005-06). Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 1: General network design.



На прага на зимата – наводнения в Гърция

