

ДОКУМЕНТАЦИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

СОФТВЕР ЗА ИДЕНТИФИКАЦИЈУ И РАНГИРАЊЕ ОПАСНИХ МЕСТА НА ПОДРУЧЈУ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

Аутори техничког решења

- др Крсто Липовац, ред. проф.
- др Милан Вујанић, ред. проф.
- др Драган Јовановић, доцент
- мр Миладин Нешић, асистент

Наручилац техничког решења

- ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ

Корисник техничког решења

- ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ

Година када је техничко решење урађено

- 2009.

Област технике на коју се техничко решење односи

- Управљање опасним местима на путевима

1. Дефинисање проблема

Досадашња истраживања у области управљања опасним местима на путевима указују на чињеницу да у, доста обимној и садржајној, литератури не постоји универзална дефиниција опасних места, односно “црних тачака” и “црних деоница”. У складу са тиме у пракси се користе различите дефиниције и методологије за њихову идентификацију. Елвик Р. (Elvik Rune & Truls Vaa¹, 2002.) разликује “црне тачке”² и “црне секције пута”³. Неки истраживачи рангирају опасне локације по стопи незгода (стављањем у однос броја незгода и броја пређених воз.-km), а неки користе и учесталост, односно густину незгода (број незгода по km и сл.). За потребе управљача пута, значајније је пратити густину незгода и страдања, односно колективни ризик настанка незгоде и колективни ризик страдања у саобраћају на путу (број незгода и број настрадалих лица по километру пута).

Рангирања опасних места се може вршити генерално за све путеве (нпр. у односу на европске вредности), тако што се одреде класе – рангови ризика, а затим се за сваку деоницу или тачку одређују вредности ризика и припадност појединим класама. Обично се дефинише пет класа које се одређују бојама, звездицама или другачијом оценом⁴. За наше потребе је прихваћено упоређивање ранга ризика између појединих деоница на свим путевима, а све у циљу хомогенизације ризика на магистралним путевима Србије. У том смислу су за све деонице израчунати ризици, одређене екстремне вредности и расподеле ризика, а затим усвојени рангови ризика, тако да се могу издвојити деонице са највећим ризицима. Са друге стране, имајући у виду ограничену прецизност наших података о месту незгоде⁵ као и чињеницу да се незгоде на аутопуту ретко концентришу на једној “тачки” (до 100 m), у истраживању су рађене две врсте анализе: анализа ризика на саобраћајним деоницама пута и анализа ризика на једнокилометарским деоницама.

2. Предлог нове методологије идентификације опасних места на подручју Републике Србије

Вредновање безбедности саобраћаја представља изузетно сложен поступак. Током тог процеса неопходно је дефинисати параметре, који ће на прави начин репрезентовати угроженост у саобраћају, и одредити њихове квантитативне вредности меродавне за компарацију резултата утврђених параметара.

На глобалном нивоу нису усаглашени параметри за вредновање опасних места на путевима. Истраживањем реализованим у неколико студијских пројеката (Студија безбедности саобраћаја на Коридору X; Мапирање ризика на мрежи државних путева I реда; Израда процедура за ажурирање базе података о опасним местима на државним путевима Републике Србије) истраживачки тим дефинисао је нову методологију за идентификацију опасних места засновау на следећим параметрима:

1. Кориговани Колективни Ризик незгода – KP_{CH}^* (коригован тежином незгода)

Неки аутори, при утврђивању ризика на путу, а посебно при дефинисању опасних деоница и тачака користе само податак о незгодама са погинулим, неки обухватају и незгоде са повређеним. Коначно неки аутори сматрају да треба узети у обзир и незгоде само са

¹ Elvik, R. i T. Vaa: THE HANDBOOK OF ROAD SAFETY MEASURES, 2002.

² Аутори “црну тачку” (*black spot*) дефинишу као место на путу највеће дужине 100 m, где су се најмање 4 незгоде са настрадалим лицима, у последње 4 године биле пријављене полицији.

³ Као “црну секцију пута” (*black road section*) аутори су дефинисали део пута највеће дужине 1 km, на коме је у периоду 4 године, пријављено полицији најмање 10 незгода са настрадалим лицима.

⁴ ROAD SAFETY AUDIT AND SAFETY IMPACT ASSESSMENT, European transport safety council, 1997.

⁵ На терену се не користе савремени GPS уређаји за прецизно одређивање места незгоде!

материјалном штетом, а детаљнијом анализом конкретних услова проверити да ли на том месту има услова за незгоде са настрадалим (случајно није било повреда). Да би се коректно узели у обзир сви оправдани разлози за истицање опасности на деоници пута, најкоректније је узети у обзир све саобраћајне незгоде. Са друге стране, да би се узеле у обзир значајне разлике у последицама незгода са погинулим, повређеним и материјалном штетом, одабран је поступак пондеризације незгода. Пондери су одређени у складу са укупним друштвеним последицама појединих врста незгода, а у намери да се све незгоде "сведу" на незгоде са материјалном штетом. Прихваћено је да је једна незгода са погинулим лицима, у просеку, тежа 150 пута од незгоде са материјалном штетом, а да је незгода са повређеним лицима тежа око 20 пута од незгоде са материјалном штетом (Пондерисани Број Саобраћајних Незгода-ПБСН, формула 1).

$$\text{ПБСН} = (n_1 \cdot 1 + n_2 \cdot 20 + n_3 \cdot 150) \quad (1)$$

где су:

- n_1 - број саобраћајних незгода са материјалном штетом,
- n_2 - број саобраћајних незгода са повређеним,
- n_3 - број саобраћајних незгода са погинулим.

Међутим, постоје врсте незгода, односно деонице путева у којима, по правилу, међу настрадалим лицима има више погинулих. Да би се узео у обзир повећан број погинулих, пондерисан број саобраћајних незгода је коригован тако да се добијају нешто веће вредности, ако је на посматраној деоници забележен већи број погинулих међу настрадалим лицима (ПБСН коригован њиховом тежином-ПБСН*, формула 2).

$$\text{ПБСН}^* = (n_1 \cdot 1 + n_2 \cdot 20 + n_3 \cdot 150) \cdot (1 + (\text{ПОГ} / (\text{ЛТП} + \text{ТТП} + \text{ПОГ}))) \quad (2)$$

где су:

- ПОГ – број погинулих у саобраћајним незгодама,
- ТТП – број тешко повређених у саобраћајним незгодама,
- ЛТП – број лако повређених у саобраћајним незгодама.

Стављањем у однос пондерисаног броја саобраћајних незгода коригованог њиховом тежином и дужине предметне деонице добија се вредност коригованог Колективног Ризика незгода (КРСН^* , формула 3).

$$\text{КРСН}^* = \frac{\sum_{i=1}^G \text{ПБСН}_i^*}{G \cdot L} \cdot \left(\frac{\text{незгода}^*}{\text{km} \cdot \text{годишње}} \right) \quad (3)$$

где су:

- G - број година (период за који се врши анализа),
- L - дужина посматране деонице.

2. Кориговани Индивидуални Ризик незгода – ИРСН^* (коригован тежином незгода)

Сходно чињеници да се при израчунавању индивидуалног ризика узима у обзир број возило километара, стављањем у однос пондерисаног броја саобраћајних незгода коригованог њиховом тежином и бројем возило километара добија се вредност оригованог Индивидуалног Ризика незгода (ИРСН^* , формула 4)

$$ИР_{сн}^* = \frac{\sum_{i=1}^{\Gamma} ПБСН_i^*}{L \cdot 365 \cdot \sum_{i=1}^{\Gamma} ПГДС_i} \cdot 10^6 \left(\frac{незгода^*}{мил \cdot воз \cdot км} \right) \quad (4)$$

где је:

ПГДС - просечан годишњи дневни саобраћај.

3. Колективни Ризик Страдања – КРС (коригован тежином последице)

Трошкови саобраћајних незгода зависе и од врсте повреда које учесници у саобраћајним незгодама претрпе. Због тога је уместо простог збира броја настрадалих, њихов број потребно пондерисати тежином последица. Пондери су одређени на основу укупних друштвених последица које носи поједина врста страдања, а све у циљу да се сви настрадали сведу на број лако повређених лица. Тако је одређено да једно тешко повређено лице, по укупним последицама, кошта друштво као 5 лако повређених, а једно погинуло лице као 50 лако повређених (Пондерисани Број Настрадалих-ПБН, формула 5).

$$ПБН = 1 \cdot ЛТП + 5 \cdot ТТП + 50 \cdot ПОГ \quad (5)$$

Стављањем у однос пондерисаног броја настрадалих и дужине предметне деонице добија се вредност Колективног Ризика Страдања (КРС, формула 6).

$$КРС = \frac{\sum_{i=1}^{\Gamma} ПБН_i}{\Gamma \cdot L} \cdot \left(\frac{настрадалих}{км * годишње} \right) \quad (6)$$

4. Индивидуални Ризик Страдања – ИРС (коригован тежином последице)

Стављањем у однос пондерисаног броја настрадалих и број возило километара добија се вредност Индивидуалног Ризика Страдања (ИРС, формула 7).

$$ИРС = \frac{\sum_{i=1}^{\Gamma} ПБН_i}{L \cdot 365 \cdot \sum_{i=1}^{\Gamma} ПГДС_i} \cdot 10^6 \left(\frac{настрадалих}{мил \cdot воз \cdot км} \right) \quad (7)$$

У свету постоје значајне разлике у дефинисању појединих појмова у области безбедности саобраћаја (саобраћајна незгода, погинуло лице, тешко повређено лице, лако повређено лице и др.) што отежава компарацију безбедности саобраћаја између појединих земаљ на глобалном нивоу. Како би се ти проблеми превазишли било је потребно наћи репрезентативан заједнички имениоц за све земље у којем су одступања по појединим показатељима најмања. Сва стручно сагледана мишљења указују да су та одступања најмања код броја погинулих и броја тешко повређених, као и саобраћајних незгода које проузрокују те последице. Пратећи ове трендове у оквиру Студије, поред досадашњих наведених параметара (коришћени у Студији безбедности саобраћаја на Коридору X), уведена су нова четири параметра и то:

5. Колективни Ризик Погинулих и Тешко Повређених – $KP_{П+ТП}$

Стављањем у однос броја погинулих и тешко повређених у саобраћајним незгодама и дужине предметне деонице добија се вредност Колективног Ризика Погинулих и Тешко Повређених ($KP_{П+ТП}$, формула 8).

$$KP_{П+ТП} = \frac{\sum_{i=1}^{\Gamma} (ПОГ + ТТП)_i}{\Gamma \bullet L} \left(\frac{пог. и тешко пов.}{km * годишње} \right) \quad (8)$$

У складу са претходно наведеним овај параметар ће бити репрезентативан за рангирање микродеоница по величини ризика у саобраћају.

6. Индивидуални Ризик Погинулих и Тешко Повређених – $ИР_{П+ТП}$

Стављањем у однос броја погинулих и тешко повређених у саобраћајним незгодама и броја возила километара добија се вредност Индивидуалног Ризика Погинулих и Тешко Повређених ($ИР_{П+ТП}$, формула 8).

$$ИР_{П+ТП} = \frac{\sum_{i=1}^{\Gamma} (ПОГ + ТТП)_i}{L \bullet 365 \bullet \sum_{i=1}^{\Gamma} ПГДС_i} \bullet 10^6 \left(\frac{пог. и тешко пов.}{мил \bullet воз \bullet km} \right) \quad (9)$$

7. Колективни Ризик Погинулих – $KP_{П}$

Стављањем у однос броја погинулих у саобраћајним незгодама и дужине предметне деонице добија се вредност Колективног Ризика Погинулих ($KP_{П}$, формула 10).

$$KP_{П} = \frac{\sum_{i=1}^{\Gamma} ПОГ_i}{\Gamma \bullet L} \left(\frac{погинулих}{km * годишње} \right) \quad (10)$$

8. Индивидуални Ризик Погинулих – $ИР_{П}$

Стављањем у однос броја погинулих у саобраћајним незгодама и броја возила километара добија се вредност Индивидуалног Ризика Погинулих ($ИР_{П}$, формула 11).

$$ИР_{П} = \frac{\sum_{i=1}^{\Gamma} ПОГ_i}{L \bullet 365 \bullet \sum_{i=1}^{\Gamma} ПГДС_i} \bullet 10^6 \left(\frac{погинулих}{мил \bullet воз \bullet km} \right) \quad (11)$$

Након дефинисања параметара вредновања потребно је било приступити њиховом израчунавању. На основу података о саобраћајним незгодама и њиховим последицама, свака саобраћајна незгода и њене последице "спуштени" су на одговарајући путни правац, на саобраћајну деоницу и на једнокилометарску деоницу (километар пута). Тако је утврђена просторна дистрибуција и припремљене табеле основних података о незгодама и настрадалим лицима по саобраћајним деоницама и по једнокилометарским деоницама

пута. За сваку деоницу су утврђени следећи основни подаци: дужина деонице, ПГДС на посматраној деоници, број незгода са погинулим лицима, број незгода са повређеним лицима, број незгода са материјалном штетом, број погинулих, број тешко повређених и број лакше повређених лица. За све саобраћајне и за све једнокилометарске деонице путне мреже израчунати су колективни и индивидуални ризици настанка саобраћајних незгода и ризици страдања.

3. Активности на реализацији софтверског решења

Израда софтверског решења реализована је кроз следеће активности:

- ❖ сачињена је методологија за идентификовање и рангирање опасних места – тачака нагомилавања саобраћајних незгода на државним путевима Републике Србије,
- ❖ дефинисан је предлог модела идентификовања и рангирања опасних места на државним путевима Републике Србије,
- ❖ извршена је типизација опасних места,
- ❖ сачињена је методологија за идентификовање и анализу “црних тачака”,
- ❖ дефинисан је предлог модела идентификовања и анализе “црних тачака”,
- ❖ на основу дефинисаног модела идентификовања и рангирања опасних места креиран је оригинални SOFTWARE: релациони модел података, пројектована и креирана база података “Рангирање опасних места”. База података креирана је у Релационом систему за управљање базама података (PCYБП) Microsoft SQL Server 2008. У базу података унети су улазни подаци за идентификовање и рангирање опасних места.
- ❖ на основу дефинисаног модела идентификовања и рангирања опасних места пројектована је и развијена ОРИГИНАЛНА клијентска Windows апликација “Рангирање опасних места” у интегрисаном развојном окружењу Microsoft Visual Studio 2008. Ова апликација омогућава израчунавање показатеља на основу којих се врши аутоматско идентификовање и рангирање опасних места.
- ❖ на основу дефинисаног модела идентификовања и анализе “црних тачака” дефинисан је релациони модел података који описује реални систем у ком егзистирају опасна места, као и сама опасна места, пројектован је оригинални SOFTWARE: база података “Црне тачке”. База података “Црне тачке” креирана је у PCYБП Microsoft SQL Server 2008. База података је тестирана, тако што су унети подаци о 5 опасних места.
- ❖ на основу дефинисаног модела идентификовања и анализе “црних тачака” пројектована је и развијена клијентска Windows апликација “Опасна места” у интегрисаном развојном окружењу Microsoft Visual Studio 2008. Ова апликација омогућава управљање подацима на основу којих се врши анализа “црних тачака”.

4. Опис софтверског решења

Основни ентитет који се моделира у бази података је опасно место (“црна тачка”). Главни мени апликације (Слика 1.) омогућава:

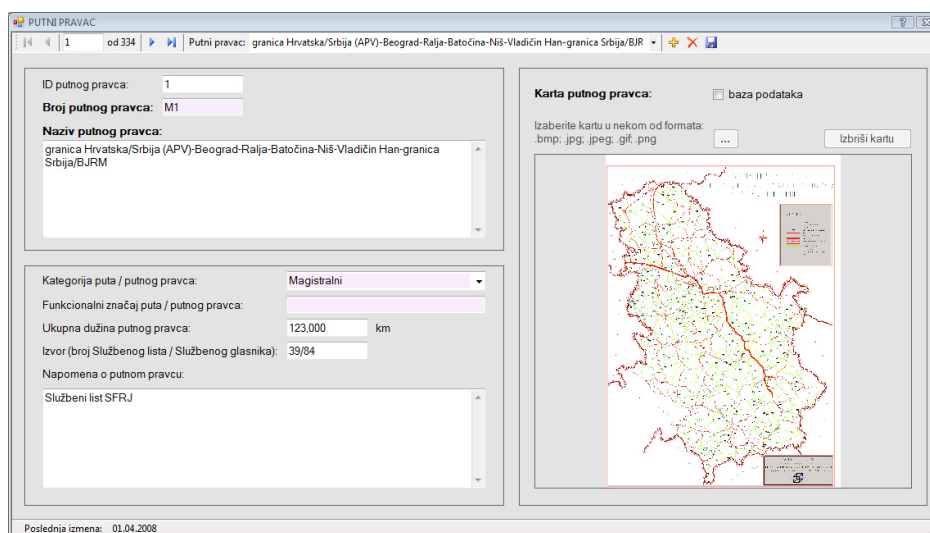
- увид у податке о референтном систему Републике Србије,
- ажурирање података о опасним местима,
- ажурирање података о саобраћајним незгодама,
- генерисање извештаја, на основу података из базе података.



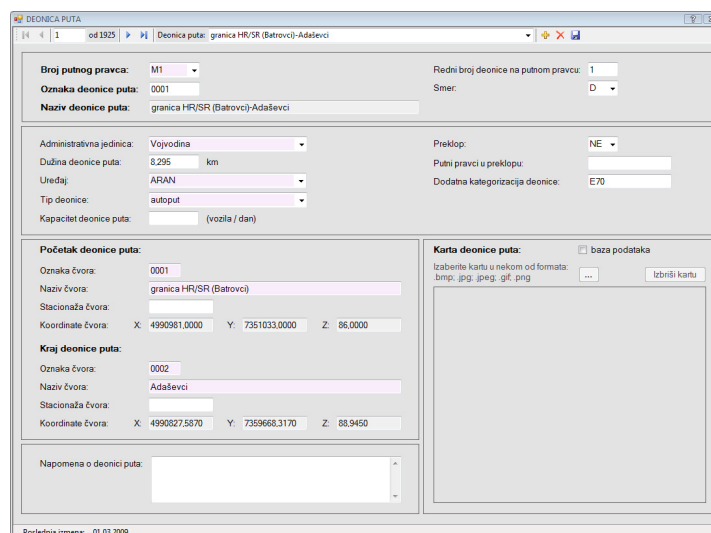
Слика 1. Главни мени апликације (“опасна места”)

Референтни систем Републике Србије обухвата податке о:

- путним правцима (Слика 2),
- деоницама путева (Слика 3),
- укрштањима (Слика 4).



Слика 2. Путни правци



Слика 3. Деонице

ID ukrštanja: 0003
Naziv ukrštanja: Kuzmin 1 (autoput)
Administrativna jedinica: Vojvodina
Broj glavnog puta: M1
Naziv glavnog puta: granica Hrvatska/Srbija (APV)-Beograd-Rajla-Batočina-Niš-Vladin Han-granica Srbija/BURM
Uređaj: Leica totalna stanica
Koordinate ukrštanja: X: 4898639.3390, Y: 7372984.8280, Z: 84.9965
Redni broj čvora na glavnom putu: 3
Stacionaža na glavnom putu:
Kućni broj u l. ulici (najmanji kućni broj u zoni ukrštanja):

Tip čvora: Pimami
Vrsta čvora: M-R
Osiguranje čvora: NE
Vrsta ukrštanja: Denivelisano
Tip raskrsnice:
Broj krakova: 4
Postojanje dodatnih čvorova: DA
Način reg. provenstva prolaza:
Napomena o ukrštanju:

Skica ukrštanja: Izbaberite sliku u nekom od formata: bmp, jpg, jpeg, gif, png. Izbriši sliku.

Redni broj prilaza	Broj putnog pravca	Naziv deonice puta	Naziv ulice
*			

Poslednja izmena: 05.03.2010 Petar Petrović

Слика 4. Укрштања

Подаци о опасном месту (ОМ) обухватају:

- ПГДС у зони ОМ,
- снимање саобраћаја у зони ОМ (Слика 5),
- снимање брзина у зони ОМ,
- снимање саобраћајних конфликта у зони ОМ,
- застоји у зони ОМ,
- радови на путу у зони ОМ

ID snimanja saobraćaja: 5
Naziv opasnog mesta: Bulevar vojvode Mišića - Ruska

Početak snimanja: Datum: sreda, 23. septembar 2009, Vreme: 16:40
Završetak snimanja: Datum: sreda, 23. septembar 2009, Vreme: 17:40

Ukupno broj vozila | **Procenat komercijalnih vozila**

IZ \ KA	1	2	3	4	5	6	Ukupno
1		60	2511				2571
2	180		60				240
3	3255	0					3255
4							0
5							0
6							0
Ukupno	3435	60	2571	0	0	0	6066

Slika saobraćajnih tokova: Izbaberite sliku u nekom od sledećih formata: bmp, jpg, jpeg, gif, png. Izbriši sliku.

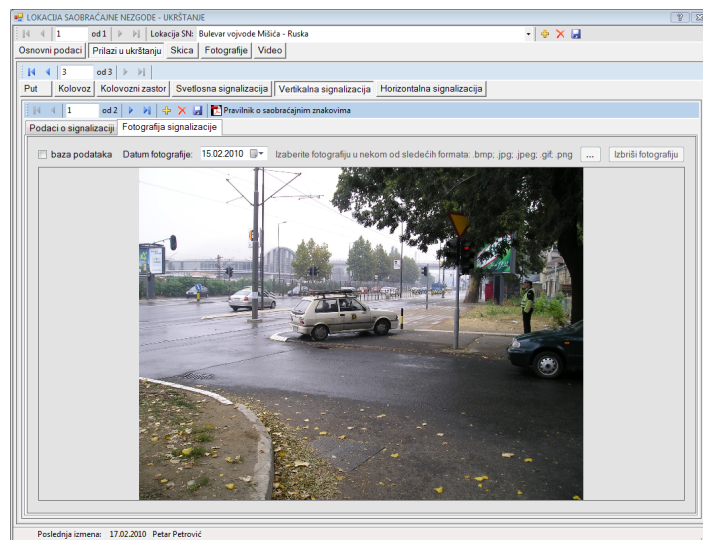
Datum ažuriranja slike: 23.09.2009

Poslednja izmena: 06.03.2010 Petar Petrović

Слика 5. Обим и структура саобраћаја у зони опасног места

Подаци о саобраћајним незгодама (СН) обухватају:

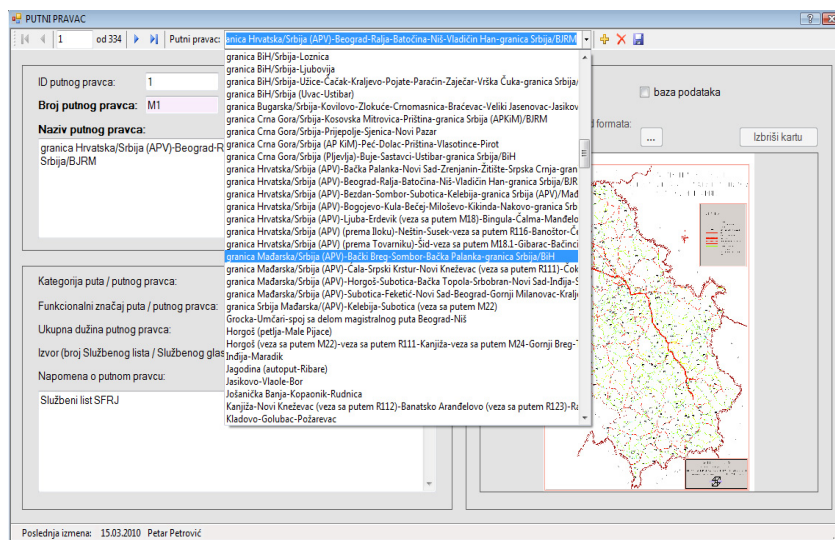
- податке о локацији СН (Слика 6),
- основне податке о СН,
- возила – учесници СН,
- лица – учесници СН.



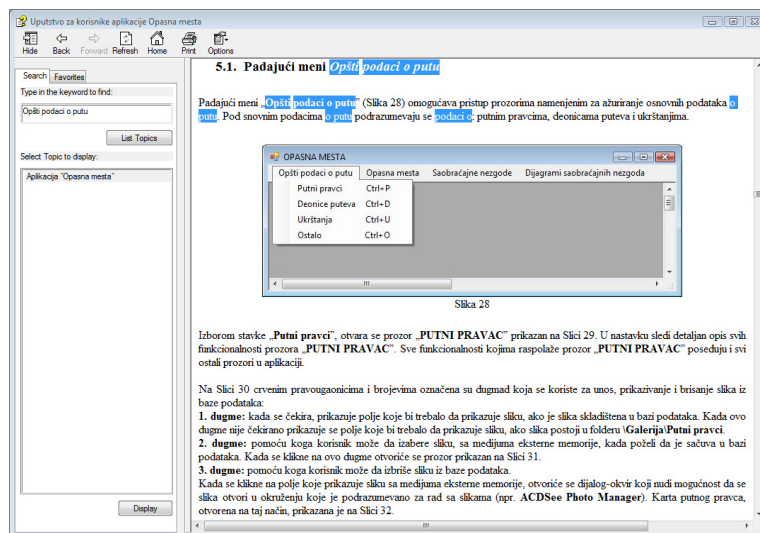
Слика 6. Локација саобраћајне незгоде

Софтвер такође омогућава:

- претраживање свих ентитета у бази података (Слика 7),
- филтрирање података о свим ентитетима по великом броју параметара,
- приказивање фотографија, цртежа, видео записа,
- експортовање извештаја у .pdf и .xls формат,
- штампање извештаја,
- електронска помоћ кориснику (Слика 8).



Слика 7. Претраживање ентитета – путни правац



Слика 8. Електронска помоћ кориснику

5. Примена софтверског решења

Предложени модел идентификовања и рангирања опасних места, као и модел идентификовања и анализе “црних тачака”, прихваћени су од стране Јавног предузећа “Путеви Србије”. Претходно поменуте базе података постављене су на серверу Јавног предузећа “Путеви Србије”. Обе апликације инсталиране су на рачунарима у Јавном предузећу “Путеви Србије” и користе се као подршка за идентификовање опасних места и “црних тачака”, као и при доношењу одлука које су у вези са управљањем опасним местима на државним путевима Републике Србије.

МИШЉЕЊЕ

Аутори техничког решења СОФТВЕР ЗА ИДЕНТИФИКАЦИЈУ И РАНГИРАЊЕ ОПАСНИХ МЕСТА НА ПОДРУЧЈУ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ су јасно приказали и теоријски обрадили комплетну структуру техничког решења. Указали су на значај теоријског објашњења идентификације и вредновања опасних места на путевима и истакли важност примене софтверског решења у доношења одлука у процесу управљања опасним местима на путевима на подручју Србије.

Овако осмишљено, пројектовано и реализовано софтверско решење омогућује вишеструку корист ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ као кориснику у дефинисању акционих планова и стретешких одлука на идентификацији и санацији опасних места на путевима. Применом овог софтверског решења корисник ће у сваком моменту моћи припремити извештај о ранжираним опасним местима и пратити све активности у процесу управљања сваким опасним местом појединачно. Тиме ће квалитет доношења одлука бити значајно унапређен и што је веома значајно заснован на савременом аналитичком приступу.

Аутори овог техничког решења су спровели детаљну и опсежну анализу досадашњих резултата у овој области и на основу најбоље праксе рада развили сасвим ново софтверско решење које на овим просторима, на овакав начин, досад није било примењивано.

Софтверско решење се у пракси показало веома квалитетним кроз резултате примене у ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ.

Са задовољством предлажемо да се техничко решење СОФТВЕР ЗА ИДЕНТИФИКАЦИЈУ И РАНГИРАЊЕ ОПАСНИХ МЕСТА НА ПОДРУЧЈУ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ прихвати као ново техничко решење.

др Филип Кулић, ванр. професор
Факултет техничких наука у Новом саду

др Горан Вујић, доцент
Факултет техничких наука у Новом саду