https://doi.org/10.37528/FTTE/9788673955223/TESi.2026.13

Унапређење процеса одржавања саобраћајне сигнализације применом фази логике[14]

Владимир Ристановић, Институт за путеве, Београд, vladimir.ristanovic.25d014@student.sf.bg.ac.rs
Тања Грбић, Институт за путеве, Београд, t.grbic@highway.rs
Владимир Кораћ, Институт за путеве, Београд, v.korac@highway.rs
Јовановић Ђорђе, Институт за путеве, Београд, dj.jovanovic@highway.rs

Резиме: Саобраћајна сигнализација представља један од основних елемената система управљања и регулисања саобраћаја, при чему саобраћајни знакови и ознаке на путу имају значајну улогу у преношењу регулативних, обавештајних и упозоравајућих информација учесницима у саобраћају. Да би испунили своју функцију, неопходно је да буду јасни, уочљиви и лако разумљиви, како би се информације благовремено и недвосмислено пренеле корисницима саобраћаја. Посебан значај ознаке на путу добијају у ситуацијама када саобраћајни знакови недостају, оштећени су или нису благовремено обновљени, јер тада преузимају важну улогу у одржавању континуитета и ефикасности регулисања саобраћајних токова.

У реалним условима, како саобраћајни знакови тако и ознаке на коловозу изложени су негативним утицајима атмосферских прилика, механичком хабању услед саобраћајног оптерећења, као и различитим облицима деградације и оштећења. Последица тога је постепено смањење њихове видљивости и функционалности, због чега је неопходно редовно одржавање и обнављање. Иако су важећим прописима дефинисани параметри и критеријуми које саобраћајна сигнализација треба да задовољава, у пракси се често јављају потешкоће у погледу благовремене и прецизне процене њеног стања, нарочито када су за испитивање потребне лабораторијске анализе и специјализована опрема.

У циљу унапређења процеса управљања одржавањем саобраћајне сигнализације, у раду је разматрана примена фази логике (Fuzzy Logic) као методе подршке одлучивању у условима неизвесности и непотпуних информација. Применом поступака фазификације и дефазификације над улазним променљивама које утичу на степен препознатљивости и функционалности саобраћајне сигнализације, могуће је развити модел за процену стања и одређивање приоритета обнављања. Предложени приступ омогућава ефикасније планирање интервенција, при чему мере одржавања могу обухватити чишћење или замену саобраћајних знакова и ознака на путу, у зависности од утврђеног стања. На тај начин омогућава се ефикасније управљање одржавањем саобраћајне инфраструктуре и унапређење безбедности саобраћаја.

Кључне речи: саобраћај, саобраћајни знакови, ознаке на путу, фази логика

[14] CC-BY licenca

1 УВОД

Саобраћајна сигнализација представља један од кључних елемената система управљања и регулисања саобраћаја, јер омогућава безбедно, ефикасно и организовано одвијање саобраћајних токова. У оквиру система саобраћајне сигнализације, саобраћајни знакови и ознаке на путу имају посебно значајну улогу у преношењу регулативних, обавештајних и упозоравајућих информација свим учесницима у саобраћају. Њихова основна функција огледа се у благовременом информисању возача, пешака и других корисника саобраћајне инфраструктуре, како би се омогућило доношење правилних и безбедних одлука током кретања у саобраћају. Да би саобраћајна сигнализација испунила своју намену, неопходно је да буде јасна, уочљива, прецизна и лако разумљива, јер само на тај начин информације могу бити недвосмислено и правовремено пренете корисницима.

Посебан значај у систему регулисања саобраћаја имају ознаке на путу, нарочито у ситуацијама када су саобраћајни знакови оштећени, недостају или нису благовремено обновљени. У таквим условима, хоризонтална сигнализација преузима важну улогу у одржавању континуитета регулисања саобраћајних токова и обезбеђивању безбедности учесника у саобраћају. Њихова видљивост и препознатљивост директно утичу на квалитет вођења саобраћаја, посебно у условима смањене видљивости, неповољних временских прилика и повећаног интензитета саобраћаја.

У реалним условима експлоатације, како саобраћајни знакови тако и ознаке на коловозу изложени су бројним негативним утицајима који доводе до постепене деградације њихових функционалних својстава. Атмосферске прилике, температурне промене, падавине, механичко хабање услед саобраћајног оптерећења, као и различити облици физичких оштећења, временом умањују њихову уочљивост, ретрорефлексију и општу функционалност. Последица ових процеса је смањена ефикасност саобраћајне сигнализације, што може негативно утицати на безбедност и организацију саобраћаја. Због тога је неопходно спроводити редовно праћење стања, одржавање и благовремено обнављање саобраћајне сигнализације.

Иако су важећим прописима и стандардима дефинисани параметри и критеријуми које саобраћајна сигнализација треба да задовољава, у пракси се често јављају потешкоће у погледу благовремене и прецизне процене њеног стања. Процеси контроле и процене квалитета често захтевају примену специјализоване опреме, лабораторијских анализа и стручне процене, што може отежати ефикасно планирање интервенција и одржавања. Поред тога, процена стања сигнализације често подразумева рад са непотпуним, неодређеним или субјективним информацијама, што додатно усложњава процес доношења одлука.

У циљу унапређења процеса управљања одржавањем саобраћајне сигнализације, у овом раду разматрана је примена фази логике (Fuzzy Logic) као методе подршке одлучивању у условима неизвесности и непотпуних информација. Фази логика омогућава моделирање проблема код којих класични математички приступи нису довољно ефикасни, јер се заснива на описним и апроксимативним

вредностима које су ближе реалним условима. Применом поступака фазификације и дефазификације над улазним променљивама које утичу на степен препознатљивости и функционалности саобраћајне сигнализације, могуће је формирати модел за процену стања и одређивање приоритета обнављања саобраћајних знакова и ознака на путу.

Предложени приступ омогућава ефикасније планирање и оптимизацију мера одржавања, при чему интервенције могу обухватити чишћење или замену саобраћајних знакова и ознака на путу, у зависности од утврђеног степена оштећења и функционалности. На тај начин омогућава се рационалније управљање ресурсима, ефикасније одржавање саобраћајне инфраструктуре и унапређење укупног нивоа безбедности саобраћаја.

2 ЛИТЕРАРНИ ПРЕГЛЕД

Претходни радови, на тему саобраћајне сигнализације и оштећења исте се заснивају на рачунарским моделима CNN и "Deep Learning" моделима учења вештачке интелигенције за препознавање оштећења саобраћајне сигнализације. Док поједини радови анализирају факторе који утичу на деградацију саобраћајне сигнализације.

Са напредовањем сектора информационих технологија, где програми и писање програма постаје доступније већој народној маси, тако и технологије препознавања може да се користи у више различитих сврха, попут аутономних возила. Један од радова представља CNN алгоритам који препознаје оштећене и вандализоване знакове, и сврстава их у категорије саобраћајних знакова (Ana Trpković, 2021).

Оштећени и вандализовани саобраћајни знакови требају бити замењени новим. Детекција оштећених знакова и мерење оштећења може да се уради кроз компјутерске програме. Рад који предлаже коришћење YOLO алгоритма за препознавање, а касније и мерење оштећења саобраћајног знака. Након тога се користи детекција грешке, тј. оштећења, у зависности од количине грешке (0-1) оштећење са категорише у једну од 6 категорија (Can Ersü, 2024).

Коришћење компјутерских модела за детекцију знакова и категорисање оштећења је показатељ напредовања технологије, али шта доводи до физичког хабања саобраћајног знака. Рад који истражује јасноћу саобраћајног знака представља 7 различитих утицаја на хабање истог. Утицаји су различите природе, природне појаве и људски утицај (проток возила, висина постављања саобраћајног знака). Од свих 7 утицаја, 3 имају значајно већи утицај на хабање од осталих, а 2 су људске природе (Majid Khalilikhah, 2016).

Постоје радови који истражују и ознаке на путу, често користе компјутерску асистенцију за детекцију ознаке на путу. Након детекције и категорисања ознаке на путу, алгоритам рачуна проценат ознаке на путу који недостаје. Алгоритма је добар за рачунање физичког хабања ознаке на путу, док остале факторе занемарује (Shuyuan Xu, 2021).

Поједини радови користе и „Deep Learning" за препознавање и категорисање оштећења, специфични користе и фази логику за класификовање тежине оштећења ознаке на путу. Рад врло добро описује начин постављања алгоритма за детекцију ознаке на путу, а касније и описивање оштећења исте. Са високим степеном

прецизности детекције ознаке на путу и оштећења исте. Међутим фази логиком се описује степен оштећења физичког хабања (William Eric Manongga, 2025)

Као што може да се види, истраживачки радови на сличну тему често користе компјутерску асистенцију за детектовање саобраћајне сигнализације и за детектовање оштећења на истој. Најчешће оштећење које се спомиње је физичко хабање ознака на путу и оштећења на саобраћајним знаковима која онемогућују препознавање. У пракси оштећење није увек исте природе, овде се приказује тип оштећења у зависности од типа саобраћајне сигнализације, и утицај типа оштећења на начин редовног одржавања.

3 МЕТОДОЛОГИЈА

Применом фази логике акценат се ставља на квалитативне податке, односно на моделовање начина људског размишљања и процеса доношења одлука у условима неизвесности. Сваки од анализираних елемената саобраћајне сигнализације описан је помоћу три специфичне улазне променљиве, при чему је свака променљива представљена одговарајућим фази скупом. Сваки фази скуп дефинисан је кроз три фази броја, распоређена тако да приоритет обнове сигнализације расте од леве ка десној страни графичког приказа функција припадности. За сваки посматрани елемент саобраћајне сигнализације формирано је укупно 27 фази правила, која представљају основу система фази закључивања и омогућавају доношење одлуке о приоритету обнове.

Оба елемента саобраћајне сигнализације имају исту излазну променљиву, дефинисану као приоритет обнављања. Као и улазне променљиве, излазна променљива представљена је фази скупом који садржи три фази броја. Фази бројеви су дефинисани као: Редован, који означава најнижи приоритет обнове; Важан, који представља средњи ниво приоритетности обнове; и Критичан, који означава да је обнављање неопходно спровести у што краћем временском року.

3.1 Саобраћајни знакови

Саобраћајни знакови, као саставни део система саобраћајне сигнализације, регулисани су Правилником о саобраћајној сигнализацији. За потребе овог рада дефинисане су три (3) променљиве које је могуће оценити применом субјективне методе.

Прва разматрана променљива је перцептибилност, односно способност учесника у саобраћају да благовремено уочи и препозна саобраћајни знак. Фази скуп који описује ову променљиву дефинисан је помоћу три фази броја, рангирана од најбоље ка најлошијој могућности препознавања: велика, средња и мала.

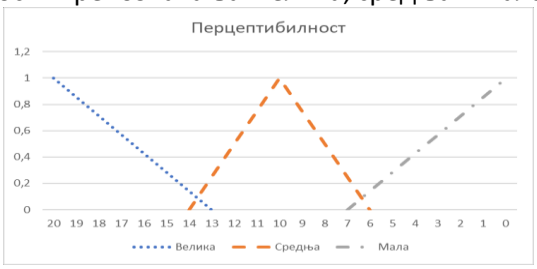

График 1: Функција припадности - Перцептибилност

Друга променљива је ретрорефлексија, која представља способност површине саобраћајног знака да рефлектује упадну светлост назад ка њеном извору, чиме се обезбеђује уочљивост знака у условима смањене видљивости. Ова променљива је такође описана са три фази броја: велика, средња и мала, поређана од најбољој ка најлошијој ретрорефлективној карактеристици. Sve ako je preko 20% je veliko oštećenje.

График 2: Функција припадности - Ретрорефлексија

Трећа променљива је деформација саобраћајног знака, која се односи на степен физичке деградације, као што су савијање, увијање или друга механичка оштећења. Фази скуп за ову променљиву дефинисан је кроз три фази броја, распоређена од најповољнијег ка најнеповољнијем стању: мала, средња и велика.

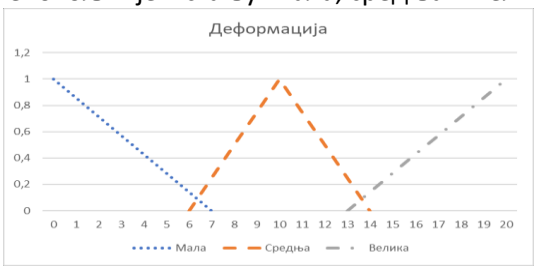

График 3: Функција припадности – Деформација

Табела 1: Фази правила за саобраћајне знакове

Улазне променљиве			*Излазна променљива*
Перцептибилност	*Ретрорефлексија*	*Деформација*	*Приоритет*
Велика	*Велика*	*Мала*	*Редован*
Велика	*Велика*	*Средња*	*Важан*
Велика	*Велика*	*Велика*	*Критичан*
Велика	*Средња*	*Мала*	*Важан*
Велика	*Средња*	*Средња*	*Важан*
Велика	*Средња*	*Велика*	*Критичан*
Велика	*Мала*	*Мала*	*Критичан*
Велика	*Мала*	*Средња*	*Критичан*
Велика	*Мала*	*Велика*	*Критичан*
Средња	*Велика*	*Мала*	*Важан*
Средња	*Велика*	*Средња*	*Важан*
Средња	*Велика*	*Велика*	*Критичан*
Средња	*Средња*	*Мала*	*Важан*
Средња	*Средња*	*Средња*	*Важан*
Средња	*Средња*	*Велика*	*Критичан*

Средња	*Мала*	*Мала*	*Критичан*
Средња	*Мала*	*Средња*	*Критичан*
Средња	*Мала*	*Велика*	*Критичан*
Мала	*Велика*	*Мала*	*Критичан*
Мала	*Велика*	*Средња*	*Критичан*
Мала	*Велика*	*Велика*	*Критичан*
Мала	*Средња*	*Мала*	*Критичан*
Мала	*Средња*	*Средња*	*Критичан*
Мала	*Средња*	*Велика*	*Критичан*
Мала	*Мала*	*Мала*	*Критичан*
Мала	*Мала*	*Средња*	*Критичан*
Мала	*Мала*	*Велика*	*Критичан*

3.2 Ознаке на путу

Ознаке на путу, као саставни део система саобраћајне сигнализације, регулисане су Правилником о саобраћајној сигнализацији. За потребе овог рада дефинисане су три (3) промењиве које је могуће оценити применом субјективне методе.

Прва разматрана променљива је истрошеност, која представља количину материјала преосталог на коловозној површини након физичког хабања. Фази скуп који описује ову промењиву дефинисан је помоћу три фази броја, рангирана од најбољег ка најлошијем стању: мала, средња и велика.

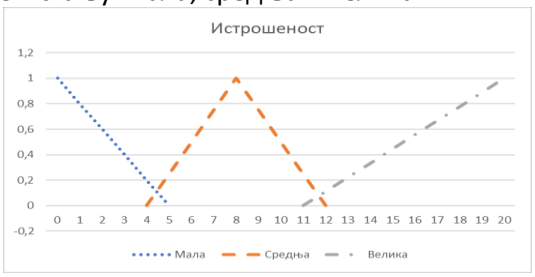

График 4: Функција припадности – Истрошеност

Друга променљива је континуитет, који представља степен очуваности просторне целине ознаке на путу. Ова променљива је описана са три фази броја, поређана од најбољег ка најлошијем стању: велики, средњи и мали.

График 5: Функција припадности – Континуитет

Трећа променљива је контраст, односно степен визуелног издвајања ознаке на путу у односу на коловозну површину. Фази скуп за ову променљиву дефинисан је кроз три фази броја, распоређена од најбољег ка најлошијем стању: велика, средња и мала.

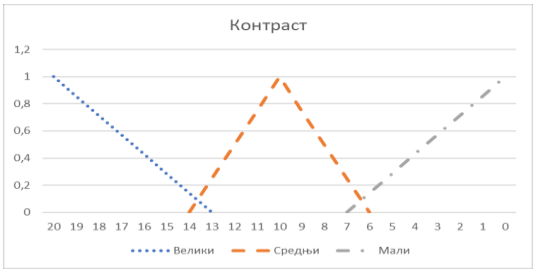

График 6: Функција припадности - Контраст

Табела 2: Фази правила за ознаке на путу

Улазне променљиве			*Излазна променљива*
Истрошеност	*Континуитет*	*Контраст*	*Приоритет*
Мала	*Велики*	*Велики*	*Редован*
Мала	*Велики*	*Средњи*	*Важан*
Мала	*Велики*	*Мали*	*Критичан*
Мала	*Средњи*	*Велики*	*Важан*
Мала	*Средњи*	*Средњи*	*Важан*
Мала	*Средњи*	*Мали*	*Критичан*
Мала	*Мали*	*Велики*	*Критичан*
Мала	*Мали*	*Средњи*	*Критичан*
Мала	*Мали*	*Мали*	*Критичан*
Средња	*Велики*	*Велики*	*Важан*
Средња	*Велики*	*Средњи*	*Важан*
Средња	*Велики*	*Мали*	*Критичан*
Средња	*Средњи*	*Велики*	*Важан*
Средња	*Средњи*	*Средњи*	*Важан*
Средња	*Средњи*	*Мали*	*Критичан*
Средња	*Мали*	*Велики*	*Критичан*
Средња	*Мали*	*Средњи*	*Критичан*
Средња	*Мали*	*Мали*	*Критичан*
Велика	*Велики*	*Велики*	*Критичан*
Велика	*Велики*	*Средњи*	*Критичан*
Велика	*Велики*	*Мали*	*Критичан*
Велика	*Средњи*	*Велики*	*Критичан*
Велика	*Средњи*	*Средњи*	*Критичан*
Велика	*Средњи*	*Мали*	*Критичан*
Велика	*Мали*	*Велики*	*Критичан*
Велика	*Мали*	*Средњи*	*Критичан*
Велика	*Мали*	*Мали*	*Критичан*

4 ЕКСПЕРИМЕНТ

У циљу приказа функционисања развијеног фази модела, у овом поглављу приказана су по три модела за процену приоритета обнове саобраћајног знака и ознаке на путу. Сви примери представљају моделе, односно хипотетички одабране случајеве, чији је циљ демонстрација рада фази система, а не анализа стварно измерених вредности. Поступак одређивања приоритета обнове приказан је кроз четири основна корака:

1. фазификација улазних вредности;
2. активирање фази правила;
3. агрегација излазних фази скупова;
4. дефазификација добијеног резултата.

Процес дефазификације у сваком моделу користи идентичну једначину методом центра површине:

$$y^* = \frac{\int y * \mu(y)dy}{\int \mu(y)dy} \quad (1)$$

где је y* дефазификована вредност, а μ(y) агрегација припадности излазне променљиве.

4.1 Саобраћајни знакови

За процену стања саобраћајног знака користе се три улазне променљиве дефинисане у поглављу 3.1: перцептибилност, ретрорефлексија и деформација. За потребе модела приказа, излазна променљива је представљена на нумеричком интервалу од 0 до 100, при чему већа вредност означава већи приоритет обнове.

4.1.1 Модел 1 – редован приоритет

У првом случају посматра се саобраћајни знак код којег су перцептибилност и ретрорефлексија високе, док је деформација мала. Усвојене су следеће улазне вредности: P = 18, R = 18, D = 3
где су P, R и D редом перцептибилност, ретрорефлексија и деформација.

ФАЗИФИКАЦИЈА

За перцептибилност P=18, вредност се налази у области фази скупа „Велика“. Степен припадности одређује се према функцији: $\mu_{\text{Велика}}(18) = \frac{(18-14)}{(20-14)} = 0{,}667$

Припадност скуповима „Мала“ и „Средња“ једнака је нули.

За ретрорефлексију R=18 добија се исти резултат: $\mu_{\text{Велика}}(18) = \frac{(18-14)}{(20-14)} = 0{,}667$

За деформацију D=3, вредност се налази у области фази скупа „Мала“. Степен припадности износи: $\mu_{\text{Мала}}(3) = 1 - \frac{3}{6} = 0{,}5$:

АКТИВИРАЊЕ ПРАВИЛА

Ово правило се налази у Табели 1 и представља комбинацију којој је додељен редован приоритет обнове. За одређивање степена активирања правила користи се MIN оператор, односно узима се најмањи степен припадности улазних променљивих:

α_1 = min(0,667; 0,667; 0,500) = 0,500

Добијени резултат означава да се правило активира степеном 0,500.

АГРЕГАЦИЈА

Након активирања правила врши се агрегација излазних фази скупова. У овом случају активно је само једно правило, чији је излаз „Редован“.

ДЕФАЗИФИКАЦИЈА

За одсечену функцију „Редован“, на нивоу 0,500, добија се: $y^* = 11{,}67$

Према томе, приоритет обнове за први модел износи: $P_{\text{обнове}} = \frac{11{,}67}{100}$

Добијена вредност одговара **Редовном** приоритету обнове.

4.1.2 Модел 2 – важан приоритет

У другом случају разматра се саобраћајни знак код којег су перцептибилност и ретрорефлексија у средњем стању, док је деформација мала. Усвојене су следеће вредности: P = 12, R = 8, D = 5

ФАЗИФИКАЦИЈА

За перцептибилност P = 12 добија се: $\mu_{\text{Средња}}(12) = \frac{(14-12)}{(14-10)} = 0{,}500$

За ретрорефлексију R = 8 добија се: $\mu_{\text{Средња}}(8) = \frac{(8-6)}{(10-6)} = 0{,}500$

За деформацију D = 5 добија се: $\mu_{\text{Мала}}(5) = 1 - \frac{5}{6} = 0{,}167$

АКТИВИРАЊЕ ПРАВИЛА

Ово правило је дефинисано у Табели 1. Степен активирања правила износи:
α_2 = min(0,500; 0,500; 0,167) = 0,167
Према томе, излазни фази скуп „Важан“ активиран је степеном 0,167.

АГРЕГАЦИЈА

У овом случају активно је само једно правило. Његов излаз је фази скуп „Важан“, чија се функција припадности одсеца на нивоу α_2 = 0,167.

ДЕФАЗИФИКАЦИЈА

Функција припадности „Важан“ је симетрична око вредности 50. Због симетрије одсечене функције, њен центар површине остаје на истој вредности: y_2^* = 50,00

Коначни приоритет обнове износи: $P_{\text{обнове}} = \frac{50}{100}$

Добијена вредност одговара **Важном** приоритету обнове.

4.1.3 Модел 3 – критичан приоритет

Трећи случај представља саобраћајни знак са ниском перцептибилношћу и ретрорефлексијом и израженом деформацијом. Усвојене су вредности:
P = 4, R = 4, D = 18

ФАЗИФИКАЦИЈА

За перцептибилност P = 4 добија се: $\mu_{\text{Мала}} = 1 - \frac{4}{6} = 0{,}333$

За ретрорефлексију R = 4 добија се: $\mu_{\text{Мала}} = 1 - \frac{4}{6} = 0{,}333$

За деформацију D = 18, добија се: $\mu_{\text{Велика}} = \frac{18-14}{20-14} = 0{,}667$

АКТИВИРАЊЕ ПРАВИЛА

Ово правило је дефинисано у Табели 1 и припада комбинацијама које резултују критичним приоритетом. Степен активирања правила износи:

α_3 = min(0,333; 0,333; 0,667) = 0,333

АГРЕГАЦИЈА

Излаз активираног правила је фази скуп „Критичан“. Његова функција припадности се одсеца на нивоу α_3 = 0,333.

ДЕФАЗИФИКАЦИЈА

За одсечену функцију „Критичан“ добија се: y_3^* = 87,33

Коначни приоритет обнове износи: $P_{\text{обнове}} = \frac{87,33}{100}$

што одговара критичном приоритету обнове.

4.2 Ознаке на путу

За процену стања ознака на путу користе се три улазне променљиве дефинисане у поглављу 3.2: истрошеност, континуитет и контраст. За потребе модела, излазна променљива је представљена на нумеричком интервалу од 0 до 100, при чему већа вредност означава већи приоритет обнове.

4.2.1 Модел 1 – редован приоритет

У првом случају посматра се ознака на путу код које је истрошеност мала, док су континуитет и контраст велики. Усвојене су следеће улазне вредности:

I = 3, K = 18, C = 18

где су I, K и C редом истрошеност, континуитет и контраст.

ФАЗИФИКАЦИЈА

За истрошеност I = 3, степен припадности износи: $\mu_{\text{Мала}} = 1 - \frac{3}{6} = 0,500$

За континуитет K = 18 добија се: $\mu_{\text{Велика}} = \frac{18-14}{20-14} = 0,667$

За контраст C = 18 добија се: $\mu_{\text{Велика}} = \frac{18-14}{20-14} = 0,667$

АКТИВИРАЊЕ ПРАВИЛА

Ово правило је дефинисано Табелом 2 и представља комбинацију која одговара редовном приоритету обнове. Степен активирања правила одређује се применом MIN оператора: α_1 = min(0,500; 0,667; 0,667) = 0,500

Добијени резултат означава да се правило активира степеном 0,500.

АГРЕГАЦИЈА

Активирано правило као излаз даје фази скуп „Редован“. Његова функција припадности се одсеца на нивоу: α_1 = 0,500

ДЕФАЗИФИКАЦИЈА

За одсечену функцију „Редован“, на нивоу 0,500, добија се: y_1^* = 11,67

Према томе, приоритет обнове за први моделни случај износи: $P_{\text{обнове}} = \frac{11,67}{100}$

Добијена вредност одговара **Редовном** приоритету обнове.

4.2.2 Модел 2 – важан приоритет

У другом случају разматра се ознака на путу код које је истрошеност мала, док су континуитет и контраст у средњем стању. Усвојене су следеће вредности:

I = 5, K = 8, C = 12

ФАЗИФИКАЦИЈА

За истрошеност I = 5 добија се: $\mu_{\text{Мала}} = 1 - \frac{5}{6} = 0,167$

За континуитет K = 8, степен припадности износи: $\mu_{\text{Средњи}} = \frac{8-6}{10-6} = 0,500$

За контраст C = 12 добија се: $\mu_{\text{Средњи}} = \frac{14-12}{14-10} = 0,500$

АКТИВИРАЊЕ ПРАВИЛА

Ово правило је дефинисано Табелом 2 као комбинација која резултује важним приоритетом. Степен активирања правила износи: α_2 = min(0,167; 0,500; 0,500) = 0,167

Према томе, излазни фази скуп „Важан“ активиран је степеном 0,167.

АГРЕГАЦИЈА

У овом случају активно је само једно правило. Његов излаз је фази скуп „Важан“, чија се функција припадности одсеца на нивоу: α_2 = 0,167

ДЕФАЗИФИКАЦИЈА

За одсечену функцију „Важан“ добија се: y_2^* = 50,00

С обзиром на то да је функција припадности „Важан“ симетрична око вредности 50, центар површине одсечене функције остаје на истој вредности.

Коначни приоритет обнове износи: $P_{\text{обнове}} = \frac{50}{100}$

Добијена вредност одговара **Важном** приоритету обнове.

4.2.3 Модел 3 – критичан приоритет

Трећи случај представља ознаку на путу са великом истрошеношћу, малим континуитетом и малим контрастом. Усвојене су вредности: I = 18, K = 4, C = 4

ФАЗИФИКАЦИЈА

За истрошеност I = 18, степен припадности износи: $\mu_{\text{Велика}} = \frac{18-14}{20-14} = 0,667$

За континуитет K = 4 добија се: $\mu_{\text{Мала}} = 1 - \frac{4}{6} = 0,333$

За контраст C = 4 добија се: $\mu_{\text{Мала}} = 1 - \frac{4}{6} = 0,333$

АКТИВИРАЊЕ ПРАВИЛА

Ово правило је дефинисано у Табели 2 и припада комбинацијама које резултују критичним приоритетом. Степен активирања правила износи:

$\alpha_з$ = min(0,667; 0,333; 0,333) = 0,333

АГРЕГАЦИЈА

Излаз активираног правила је фази скуп „Критичан“. Његова функција припадности се одсеца на нивоу: $\alpha_з$ = 0,333

ДЕФАЗИФИКАЦИЈА

За одсечену функцију „Критичан“ добија се: $y_з^*$ = 87,33

Коначни приоритет обнове износи: $P_{\text{обнове}} = \frac{87,33}{100}$

што одговара **Критичном** приоритету обнове.

5 ЗАКЉУЧАК

У овом раду разматрана је примена фази логике за процену стања и одређивање приоритета обнове саобраћајне сигнализације. Формирана су два модела, за саобраћајне знакове и ознаке на путу, при чему су за сваки модел дефинисане три улазне променљиве и база од 27 фази правила. Као заједничка излазна променљива дефинисан је приоритет обнове, са категоријама редован, важан и критичан.

Кроз модел приказани су поступци фазификације, активирања правила, агрегације и дефазификације, при чему се као резултат добија нумеричка вредност приоритета обнове у интервалу од 0 до 100. Резултати показују да модел различите комбинације стања сигнализације преводи у одговарајући ниво приоритета, што омогућава и међусобно рангирање елемената према потреби за обновом.

Иако су у овом раду коришћени модели, развијени приступ представља основу за примену у реалним условима, где би се вредности улазних променљивих могле добијати мерењем, стручном проценом или аутоматизованом анализом стања сигнализације.

Примена фази логике на овај начин може допринети систематичнијем одређивању приоритета одржавања и ефикаснијем усмеравању расположивих ресурса на обнову саобраћајне сигнализације.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Majid Khalilikhah, Kevin Heaslip (2016). Analysis of factors temporarily impacting traffic sign readability. International Journal of Transportation Science and Technology 5 (2016) 60-67

[2] Luca Bertolini (2020). From “streets for traffic” to “streets for people”: can street experiments transform urban mobility?, Transport Reviews, 40:6, 734-753,

[3] William Eric Mahongga, Rung-Ching Chen (2025). Road Marking Sign Damage Detection and Classification Using Deep Leraning and Fuzzy Method. IEEE Access

[4] Can Ersue, Karl Jenson, Eduard Petlenkov, Uljana Reinsalu (2024). Automatic Visual Traffic Sign Damage Detection And Measurment of Damaged Area. 18th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV)

[5] Ana Trpković, Milica Šelmić, Sreten Jevremović (2021). Model for the Identification and Classification of Partially Damaged and Vandalized Traffic Signs. KSCE Journal of Civil Engineering (2021) 25(10):3953-3965

[6] Душан Теодоровић, Милица Шелмић (2019). Рачунарска Интелигенција у Саобаћају. Саобраћајни Факултет

SUMMARY

Improving the Traffic Signage Maintenance Process Using Fuzzy Logic

Abstract: Traffic signage represents one of the fundamental elements of the traffic management and regulation system, with traffic signs and road markings playing an important role in conveying regulatory, informative, and warning information to road users. In order to fulfill their function, they must be clear, visible, and easily understandable, so that information can be conveyed to road users in a timely and unambiguous manner. Road markings are particularly important in situations where traffic signs are missing, damaged, or not renewed in a timely manner, as they then assume an important role in maintaining the continuity and efficiency of traffic flow regulation.

Under real-world conditions, both traffic signs and road markings are exposed to adverse weather conditions, mechanical wear caused by traffic loads, as well as various forms of degradation and damage. As a result, their visibility and functionality gradually decrease, making regular maintenance and renewal necessary. Although applicable regulations define the parameters and criteria that traffic signage should meet, practical difficulties often arise in terms of the timely and accurate assessment of its condition, particularly when laboratory analyses and specialized equipment are required for testing.

With the aim of improving the maintenance management process of traffic signage, this study examines the application of Fuzzy Logic as a decision-support method under conditions of uncertainty and incomplete information. By applying fuzzification and defuzzification procedures to input variables that affect the recognizability and functionality of traffic signage, it is possible to develop a model for condition assessment and the determination of renewal priorities. The proposed approach enables more efficient planning of interventions, whereby maintenance measures may include the cleaning or replacement of traffic signs and road markings, depending on the assessed condition. In this way, more efficient management of traffic infrastructure maintenance and an improvement in traffic safety can be achieved.

Keywords: traffic, traffic signs, road markings, Fuzzy Logic