

**ПРОГНОЗА МЕЂУНАРОДНИХ ТОКОВА ПУТНИКА У ЖЕЛЕЗНИЧКОМ  
САОБРАЋАЈУ****ANALYSYS AND FORECAST OF INTERNATIONAL PASSENGER FLOW IN RAILWAY  
TRANSPORT**

Предраг Анђелковић, Гордан Стојић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

**Област – САОБРАЋАЈ**

**Кратак садржај** – Овај рад омогућава преглед стања неких од демографских и економских фактора утицаја на прогнозу будућег стања токова путника у међународном саобраћају на пружном правцу од Београда (СВ) до Бара (ЖПЦГ). Поред тога представља математичке моделе линеарне једноструке и вишеструке (двофакторне) регресије који су доказано меродавни за прогнозирање будућег стања обима превоза путника у међународном железничком саобраћају на прузи Београд (СВ) – Бар (ЖПЦГ). Такође су приказани параметри оцене модела у погледу тачности прогнозирања будућег обима превоза на посматраном пружном правцу.

**Кључне речи:** Прогноза, Обим превоза, Железнички саобраћај

**Abstract** – This paper provides an overview of the state of some of the demographic and economic factors influencing the forecast of the future state of passenger flows in international traffic on the railway line from Belgrade (SV) to Bar (ZPCG). In addition, it presents mathematical models of linear single and multiple (two-factor) regression that are proven to be authoritative for forecasting the future volume of passenger transport in international railway traffic on the line Belgrade (SV) - Bar (ZPCG). The parameters of the model evaluation in terms of the accuracy of forecasting the future volume of transport on the observed railway line are also presented.

**Keywords:** Forecasting, volume of transport, railway traffic.

**1. УВОД**

Железница је сложен и јединствен транспортни систем од изузетно великог значаја за комплетан друштвени и привредни развој. Основна улога железнице у прошлости била је економичан и масован превоз како путника тако и робе уз једнаке услове приступачности свим корисницима. Да би се одговорило на такве захтеве за превозом у прошлости било је неопходно обезбедити што већи транспортни капацитет и сва стратегија је била усмерена у том правцу. Имајући у виду велики број фактора који утичу на прогнозу токова путника у железничком саобраћају, важно је истаћи комплексности приликом селекције фактора.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Гордан Стојић, ван. проф.

Неки су мерљиви, односно могуће је бројчано исказати, а неки не и из тог разлога се не могу уврстити у прогнозу иако у великој мери утичу на прогнозу (политика државе, спољна политика наше државе, инвестирање у саобраћај итд.) [1]. У овом раду неће бити уврштени сви могући фактори који утичу на обим превоза путника у међународном железничком саобраћају, већ само релевантни за прогнозу пружног правца Београд (СВ) – Бар (ЖПЦГ). Основни циљ овог рада јесте да се утврди да ли постоји и колика је корелативна веза између неких релевантних фактора утицаја и обима превоза, величину корелативности између независно и зависно променљиве код линеарне једноструке и двоструке регресије за пружни правац Београд (СВ) – Бар (ЖПЦГ).

**2. АНАЛИЗА СТАЊА ФАКТОРА УТИЦАЈА НА  
ПРОГНОЗУ МЕЂУНАРОДНИХ ТОКОВА  
ПУТНИКА ЖЕЛЕЗНИЧКОГ САОБРАЋАЈА**

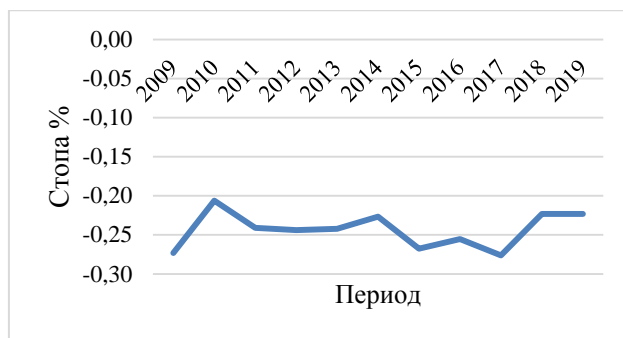
У анализи ће бити уврштени само релевантни фактори за прогнозу међународних токова путника у железничком саобраћају на пружном правцу Београд (СВ) – Бар (ЖПЦГ). Фактори који су уврштени у прогнозу као релевантни, у овом раду су:

- број становника,
- доходак  
(просечна нето плата по глави становника),
- Број година  
(примењен код једноструке линеарне рег.)

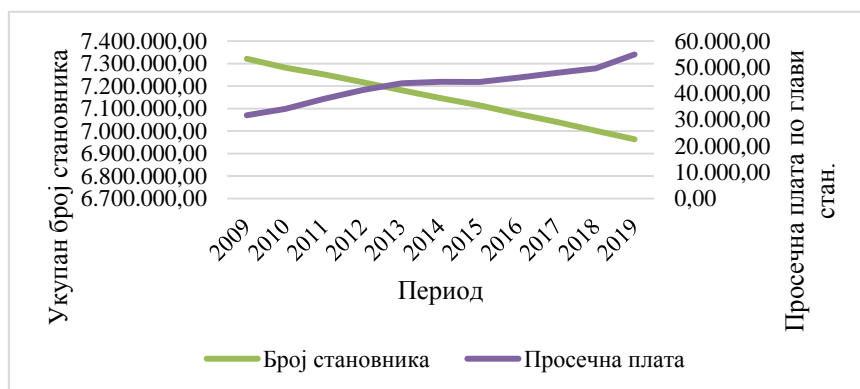
Промене у броју становништва као демографског фактора имају доста снажан утицај на промене у систему и на функције саобраћајног система у Србији за посматрани период од 2009. до 2019. године. Просторни размештај становништва и структура демографског фактора по својим основним обележјима у токовним, структуралним, привредним променама, одређује укупну потражњу за путовањима. Свака промена у структури привреде директно утиче на промене демографског фактора, те тиме одређује и интезитете којима демографски фактор утиче на обим и структуру потражње за путовањима. Промене у броју становништва као демографског фактора имају доста снажан утицај на промене у систему и на функције саобраћајног система у Србији за посматрани период од 2009. до 2019. године. Преглед кретања укупног броја становника на територији Републике Србије за период од 2009. до 2019. године приказан је на слици 2.

Постоје истраживања која доказују да би пораст потражње за превозом путника био већи када би дошло до смањења радног времена испод 40 часова недељно, односно када би дошло до повећања „слободног времена“ становништва, што би имало значаја за формирање структуре тржишта у потражњи за превозом [2].

Број и територијални размештај становништва представља основни услов за одређени тренд потражње за саобраћајним услугама, те тиме и за адекватну понуду саобраћајних услуга. Из приложеног се може евидентно закључити (слика 1) да се у укупан број становника у Републици Србији опадање у просеку за 35562 становника годишње, такође су и прогнозе истог тренда према негативној стопи раста од -0,4460 %. Даље се корелативно може довести у везу и са опадањем броја захтева за превозним услугама у међународном железничком саобраћају и обрнуто уколико би стопа раста била позитивна, прогнозирани број захтева за услугама превоза у железничком саобраћају би вероватно био у благом порасту.



Слика 1. Стопа негативног раста становништва у периоду од 2009 до 2019 године [3].

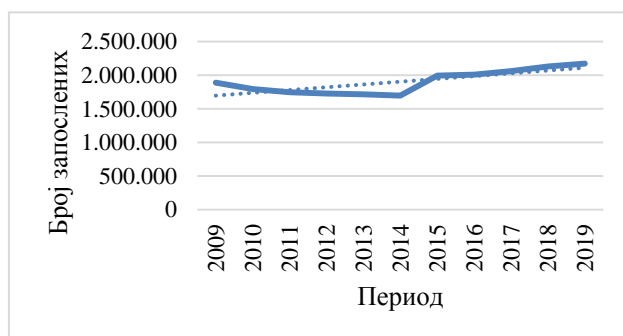


Слика 2. Приказ кретања дохотка и броја становника у Србији у периоду од 2009. до 2019. године [3].

Доходак по глави становника (видети слику 2) у Републици Србији такође у посматраном периоду бележи константан стабилан раст, без било какве тенденције опадања у посматраном периоду од 2009. до 2019. године. Поред тога што овај податак може да се тумачи као последица позитивне привредне политике и опште пословне климе у Републици Србији, сигурно говори и не двосмислено о већој платежној моћи и издвајање одређених новчаних средстава грађана за додатне активности, где се између осталог на листи тих активности врло често налази путовање. Доходак јесте стабилан показатељ платежне моћи и представља фактор од великог утицаја на повећање броја путовања како у унутрашњем тако и у међународном саобраћају. Међутим, гледајући свеобухватно, са друге стране, не мора да значи да ће утицати на све видове превоза путника појединачно у истој мери. Међутим, на питање: Да ли има утицај на број путовања у међународном железничком превозу? На ово питање, треба да одговори развијени математички модел прогнозирања овом раду.

Запосленост је један у низу значајнијих фактора који утиче на путовање у железничком саобраћају, што се у случају анализе обима превоза на пружном правцу Београд – Бар (ЖПЦГ) у овом раду, показало утицајним са великим коефицијентом корелације.

У Републици Србији се у периоду од 2009. до 2019. године бележи константан благи раст броја запослености са трендом у даљем порасту (слика 3).



Слика 3. Преглед броја запослених на територији РС у периоду 2009. до 2019. године [3].

Запосленост на посебан начин веома утиче и у корелативној је вези са бројем путовања. Такође, запосленост као фактор често у анализама показује веома јаку или чак практично функцијалну зависност између независне и зависне променљиве, што представља довољан услов за позитивну валоризацију и учешће у одређеним моделима за прогнозирање.

### 3. МАТЕМАТИЧКО МОДЕЛИРАЊЕ ПРИМЕНОМ МЕТОДЕ ЈЕДНОСТРУКЕ И ВИШЕСТРУКЕ КОРЕЛАЦИОНЕ АНАЛИЗЕ

Приликом анализе података токова међународних путника у железничком саобраћају, у овом раду коришћена је једнострука и вишеструка линеарна регресија. И једнострука и двострука линеарна регресија коришћена је за прогнозу обима превоза путника на пружном правцу Београд (СВ) – Бар (ЖПЦГ), како би се истом правцу под истим условима утврдио утицај различитих фактора утицаја  $x_i$  на зависно променљиву која је у овом случају обим превоза путника на пружном правцу Београд (СВ) – Бар (ЖПЦГ).

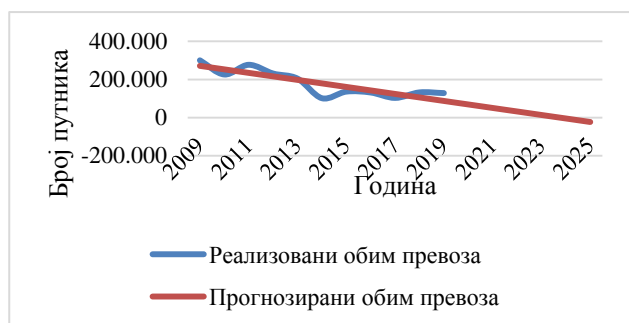
#### 3.1. Модел једноструке линеарне регресије Београд (СВ) – Бар (ЖПЦГ)

Моделирање треба да покаже да ли постоји линеарна зависност обима превоза на пружном правцу Београд (СВ) – Бар (ЖПЦГ) узимајући у обзир сао један фактор променљиве. Према доступним прибављеним подацима, за потребе прогнозе обима превоза на пружном правцу Београд (СВ) – Бар (ЖПЦГ), као релевантан фактор утицаја узете су године за једноструку линеарну регресију, односно узете су за независно променљиву  $x_i$ , а за зависно променљиву  $y_i$  вредности реализованог обима превоза за период од 2009 до 2019 године на прузи Београд (СВ) – Бар (ЖПЦГ). Према прибављеним подацима о реализованом обиму превоза за период од 2009. до 2019. применом једноструке линеарне регресије утврђена је једначина регресије, за прогнозу будућег стања (слика 2).

$$y_p = 289,821 - 18,404x_i$$

Коефицијент корелације за ову линеарну регресију је изузетно висока и износи  $r = -0.8594$ , говори о томе да између обима превоза путника на пружном правцу Београд (СВ) – Бар (ЖПЦГ) и године као примењеног фактора утицаја на обим превоза на предметној релацији, постоји **веома јака зависност**. Према томе оваква хипотеза се прихвата и модел се може примењивати за прогнозу будућег стања обима превоза на Пружном правцу Београд - Бар. Стандардна грешка прогнозе са једном променљивом износи:

$$S_y = 38272.84$$



Слика 3. Приказ реализованог и прогнозираног обима превоза путника применом једноструке линеарне регресије на Пружном правцу Београд (СВ) – Бар (ЖПЦГ) за период од 2009. до 2019. године [4].

#### 3.2. Модел двофакторне линеарне регресије Београд (СВ) – Бар (ЖПЦГ)

Претходним моделом анализиран је обим превоза и понашање токова превоза у будућности узимајући у обзир само један фактор и то годину, док овај модел има задатак да уврсти остале факторе и утврди како они утичу на будући обим превоза, који од фактора колико утиче, на посматраном пружном правцу Београд (СВ) – Бар (ЖПЦГ). Према доступним подацима, за потребе прогнозе обима превоза на пружном правцу Београд – Бар (ЖПЦГ), фактор утицаја је укупан број становника  $x_{1i}$  и просечна плата  $x_{2i}$ , односно независно променљиве, док за зависно променљиву  $y_i$  вредности реализованог обима превоза на прузи Београд (СВ) – Бар (ЖПЦГ). Према прибављеним подацима о реализованом обиму превоза за период од 2009. до 2019. применом двофакторне линеарне регресије утврђена је једначина регресије, за прогнозу будућег стања (видети слику 3).

$$y_p = -3537.45 + 0.52x_{1i} - 0.00062x_{2i}$$

Коефицијент вишеструке корелације две независно променљиве износи  $R=0.8546$ . Оваква вредност корелације показује веома јаку зависност. Према томе оваква хипотеза се прихвата и модел се може примењивати за прогнозу будућег стања. Коефицијенти корелације између два обележја једнак је:

$$r_{yx_1} = 0.8546$$

$$r_{yx_2} = -0.8224$$

Анализирајући коефицијенте  $r_{yx_1}$  и  $r_{yx_2}$  може се закључити да показују веома високу зависност између  $y$  и  $x_1$ ,  $x_2$  а такође и између  $y$  и  $x_1$ ,  $y$  и  $x_1$  и  $x_2$ :

$$r_{x_1x_2} = -0.9045$$

Међутим ако се коефицијенти корелације парцијално посматрају омогућава се потпуније сагледавање степена индивидуалног дејства одабраних фактора. Парцијални коефицијенти за посматрани пример једнаки су:

$$r_{yx_1x_2} = 0,4116$$

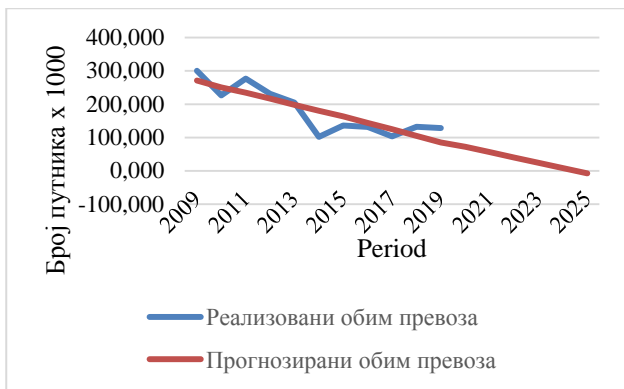
$$r_{yx_2x_1=const} = 0,0300$$

$$r_{x_2x_1y=const} = -0,9045$$

Прорачун је показао да ближу везу са прогнозираним величинама има прва ( $x_{1i}$ ) променљива. Из групе парцијалних коефицијената корелације посебно се истиче  $r_{x_2x_1y=const} = -0,9045$  који говори да постоји веома висока зависност између просечне плате и укупног броја становника у Републици Србији. Стандардна грешка прогнозе са две променљиве износи:

$$S_y = 38872.40$$

Обзиром да је у конкретном случају анализе обима превоза на прузи Београд (СВ) – Бар (ЖПЦГ) добијена вредност  $S_y/\sigma_y = 0.57$  може се закључити да је задовољавајуће примењена метода за прогнозирање обима превоза на пружном правцу Београд (СВ) – Бар (ЖПЦГ).



Слика 4. Приказ реализованог и прогнозираног обима превоза путника применом двофакторне линеарне регресије на пружном правцу Београд (СВ) – Бар (ЖПЦГ) за период од 2009 до 2019. године [4].

#### 4. ЗАКЉУЧАК

На почетку лако је уочити да је коефицијент корелације једнострове линеарне регресије и вишеструке двофакторне промене готово једнак и показују веома јаку корелативну везу. Међутим код двофакторне линеарне регресије прва променљива тј. фактор  $x_1$  показује већи зависност од друге парцијално посматрано, те на основу тога се закључује да је обим превоза у зависности са бројем година по једнострукој и променама у укупном броју становника по вишеструкој линеарној регресији. То значи да даљу прогнозу обима превоза на пружном правцу Београд (СВ) – Бар (ЖПЦГ) треба темељити на ова два фактора. Имајући у виду негативане предзнаке коефицијената и код једноструке и код двоструке парцијалне линеарне регресије, то говори о томе да ће прогноза обима превоза путника на посматраном пружном правцу бити у линеарно опадајућем тренду. У погледу стандардне грешке модела за прогнозирање модел једноструке линеарне регресије обезбеђује мању грешку. У сваком случају и први и други модел се могу користити за прогнозу будућег стања обима превоза на пружном правцу Београд - Бар и у потпуности задовољавају критеријуме тачности.

#### 5. LITERATURA

- [1] Стојић, Г., Организација железничког саобраћаја, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2018.
- [2] Грујић М.: „Железница и тржиште у будуности“, ЖЕЛНИД, Београд, 2001.
- [3] Републички завод за статистику 2020: <https://www.stat.gov.rs/oblasti/trziste-rada/registrovana-zaposlenost/>
- [4] „Србија воз“: Акционарско друштво за железнички превоз путника, 2020.

#### Кратка биографија:



**Предраг Анђелковић** рођен у Крушевцу 1992 год. Мастер рад на факултету техничких наука из области Саобраћаја одбранио је 2020. год.

контакт: [predragandjelkovic@live.com](mailto:predragandjelkovic@live.com)



**Гордан Стојић** рођен је у Куманову 1971. год. Докторирао је на Факултету техничких наука у Новом Саду 2010. год., а од 2016. је у звању ванредног професора. Област интересовања је моделирање организације и технологија транспортно – логистичких система