

Мејрима Ш. Љајко²³

Владица С. Стојановић²⁴

Универзитет у Приштини – Косовска Митровица, Природно-математички факултет

ПРИМЕНА ВРЕМЕНСКИХ СЕРИЈА У ПРЕДИКЦИЈИ РАЗВОЈА ПАНДЕМИЈЕ И АНАЛИЗА ОДГОВАРАЈУЋИХ МЕРА У ОБРАЗОВНОМ СИСТЕМУ

Сажетак: Циљ овог рада је процена усклађености мера државних органа које су се односиле на организацију наставе у време пандемије са трендовима ширења пандемије. Трендове ширења пандемије смо добили као математички модел статистичке једначине за предвиђање број заражених као и преминулих особа од коронавируса у Републици Србији за период од 1. октобра до 31. децембра 2021. године на основу података из претходних месеци. Информације потребне за формирање математичког модела смо добили прегледом дневних података о броју оболелих и умрлих у Србији, које је објављивало Министарство здравља Републике Србије, за период од 1. јануара 2021. године до 30. септембра 2021. године, као и увидом у извештаје медија о мерама које су се односиле на образовни систем. Статистичка анализа је вршена уз помоћ програма MS-Excel кроз анализу линије тренда. У случају коронавируса било је очекивано да ће експоненцијални тренд најприближније описивати појаву, како због експоненцијалног раста тако и опадања броја заражених. Приликом предвиђања оболелих и умрлих за период од октобра до децембра 2021. године, линија тренда коју смо изабрали за процену дала је изузетно тачне резултате за посматрани период, са тачношћу од $R = 98\%$. Упоредивањем добијених података са подацима Министарства здравља за октобар и новембар, можемо закључити да процена одступа од касније добијених резултата. Разлог за то је што на процену утиче велики број фактора на које не можемо да утичемо као и да их прогнозирамо. Учено је да су одлуке Кризног штаба у великој мери усклађености са добијеним трендовима.

Кључне речи: прогноза, временске серије, тренд, експоненцијални тренд, образовање.

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА

Први случај корона вируса у Србији забележен је 6. марта 2020. године у Суботици. Од почетка епидемије у свету је заражено више од 270 милиона људи, а од тога је преминуло око 5,3 милиона људи. Данас се

²³ mejrima1999@hotmail.rs

²⁴ vladica.stojanovic@pr.ac.rs

процењује да је смртност од короне на светском нивоу 1,96%. До сада је у Републици Србији, овим вирусом инфицирано 1 275 214 људи и забележено је 12 209 смртних случајева, док је процена смртности 0,96% ([COVID-19 \(covid19.rs\)](#)). (Сви ови подаци се односе на период до децембра 2021. године). Утицај пандемије и њене последице различито се осећају у зависности од нашег статуса као појединца и члана друштва. Док су неки покушавали да се прилагоде онлајн пословима, школују децу код куће и наручују храну преко интернета, други нису имали другог избора осим да буду изложени вирусу и покушају да омогуће друштву нормално функционисање.

Пандемија коронавируса и даље еволуира у многим земљама широм света, па је због тога предвиђање кретања ове пандемије од кључног значаја за усмеравање стручњака и лидера широм света, а многи истраживачи су радили и још увек раде на томе (*Gupta & K Pal, 2020; Wan et. al., 2021*). Gupta и Pal (2020) наводе да њихова предвиђања за развој ове болести у Индији, одступају од реалне ситуације, али сматрају да ће се модел предвиђања сигурно побољшати са повећањем како медицинских тако и демографских података које треба уврстити у модел. У почетној фази рада, обрадили смо податке по месецима и довели у форму која је погодна за даљу анализу. Након анализе изабрали смо моделе за које смо претпоставили да ће дати најбоље прогнозе. У последњој фази, извршили смо прогнозу за октобар, новембар и децембар 2021. године и упоредили добијене резултате са тачним резултатима.

У статистичким истраживањима када се посматрају масовне појаве чије се јављање и постојање одиграва и прати у времену користи се динамичка анализа чија су основа временске серије. Ковачевић (1995) наводи да су временске серије низови статистичких података који су уређени према временској подели. Ове статистичке серије показују варијације посматраних појава током времена.

Због чињенице да су истраживања везана за ову тему тек у фази настајања, биће потребно још много рада како би се сами модели генерализовали и прилагодили карактеристикама коронавируса. У процесу рада примењено је познавање статистичких законитости пре свега експоненцијалног и полиномног тренда.

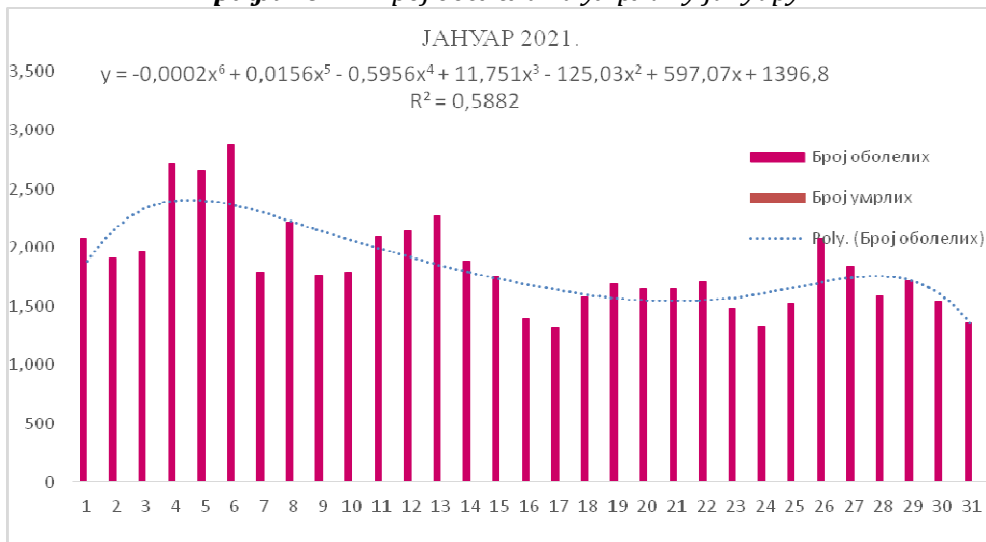
2. МЕТОДЕ И РЕЗУЛТАТИ

У овом раду процењујемо број заражених и преминулих особа у наредном периоду користећи податке које имамо за претходне месеце ([COVID-19 \(covid19.rs\)](#)). Поред тога вршимо анализу усклађености мера државних органа везаних за школски систем са трендовима ширења пандемије.

Аналізу започињемо подацима из јануара. Као што је приказано на *Графикону 1* у овом случају најбољи резултат даје полиномска линија тренда. Изабрали смо овај тренд јер видимо да ова серија података

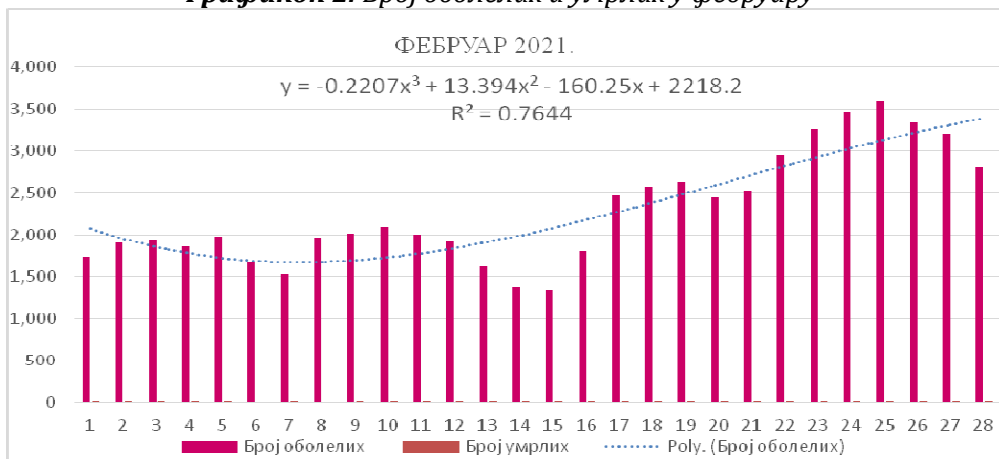
варира, имамо честе случајеве где број оболелих расте па се нагло смањује па поново расте... Што се тиче образовања ученици су се са распуста вратили 18. јануара. Тада су ученици од 1.- 4. разреда кренули нормално, а виши разреди основне школе и средњошколци наизменично, непосредно и на даљину.

Графикон 1. Број оболелих и умрлих у јануару



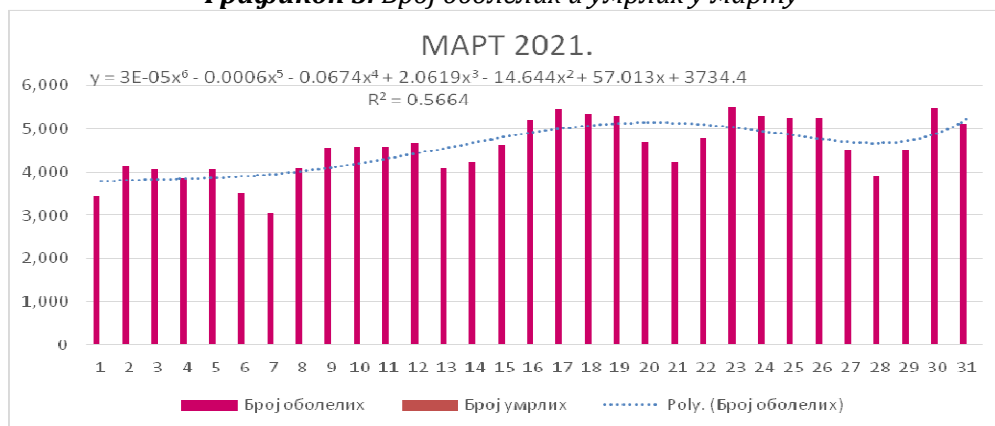
У фебруару смо поново изабрали полиномску линију тренда јер нам даје најпрецизнију прогнозу (Графикон 2). Степен полинома је у овом случају три. Како линија тренда расте то нас у наредном месецу очекује повећање броја оболелих. У овом месецу у оквирима образовања није било промена у начину извођења наставе у школама.

Графикон 2. Број оболелих и умрлих у фебруару



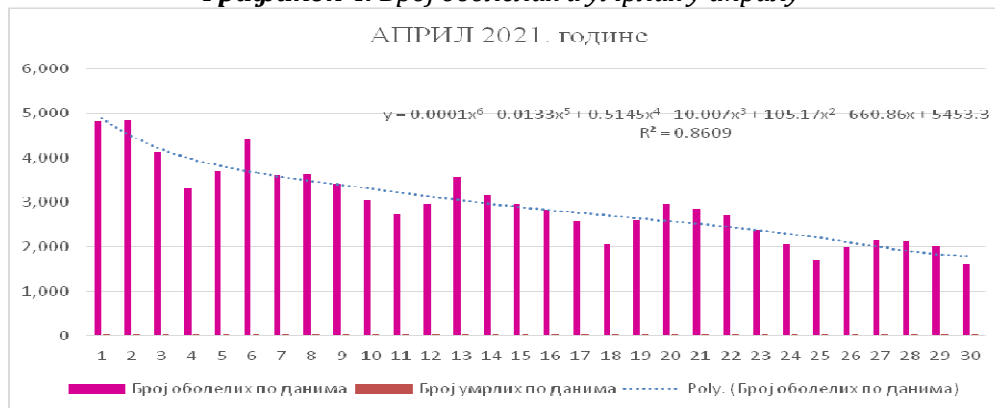
Као што смо подацима из претходног месеца предвидели у марту се број оболелих знатно повећао. У неким данима имали смо и више од 5 000 оболелих по дану. То је навело државне органе да 8. марта средњошколци пређу на онлајн наставу. Као што се са *Графикана 3* може видети од 8. марта број оболелих наставља да расте па 15. марта и ученици виших разреда основних школа прелазе на онлајн наставу. Иако до краја месеца ситуација није била повољна 24. марта дозвољена је провера знања и оценивање ушколама.

Графикон 3. Број оболелих и умрлих у марту



И у априли смо изабрали полиномску линију тренда јер она даје нејпрецизнију прогнозу са тачношћу од 86%. У овом случају степен полинома је 6 и он најчешће одређује број екстремума (максимум и минимум). Будући да линија тренда опада у следећем месецу би требало да се број оболелих смањи. 19. априла дозвољен је повратак у школе у мањим групама. Са *Графикана 4* се може видети да је та одлука била правовремена јер од 19. априла број оболелих почиње експоненцијално да опада.

Графикон 4. Број оболелих и умрлих у априлу

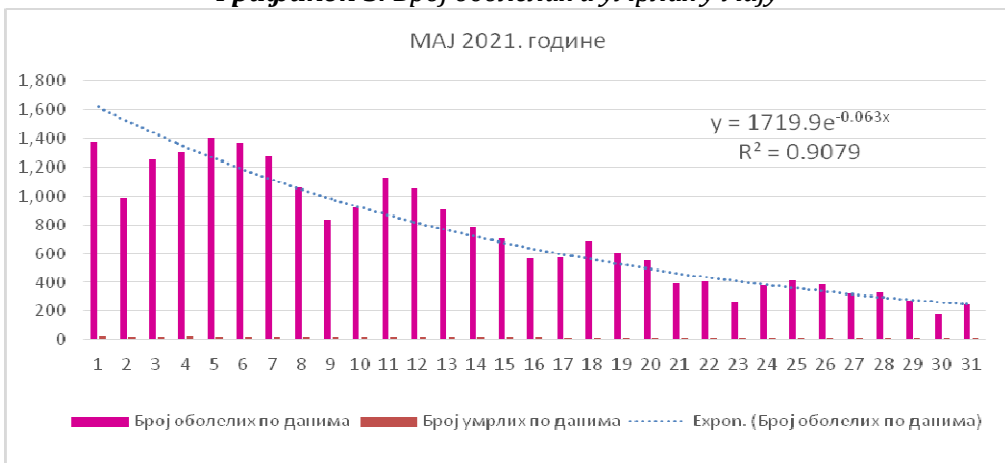


Као што смо подацима из претходног месеца предвидели у мају се број оболелих знатно смањио (*Графикон 5*). Овде смо изабрали експоненцијални тренд, јер је у овом случају R^2 најближе јединици што значи да је највећа вероватноћа да се овај тренд оствари. Као што се може видети са графика линија тренда и овде опада па се и у наредном месецу очекује смањење броја заражених. Што се тиче образовања, школе су од 30. априла до 9. маја биле затворене због распуста. Може се приметити да је и ова одлука Кризног штаба била правовремена и добра, јер се након 9. маја број оболелих из дана у дан смањивао. На основу једначине тренда добили смо експоненцијалну стопу:

$$r_g = (b_1 - 1) \cdot 100 = -6,0755\%$$

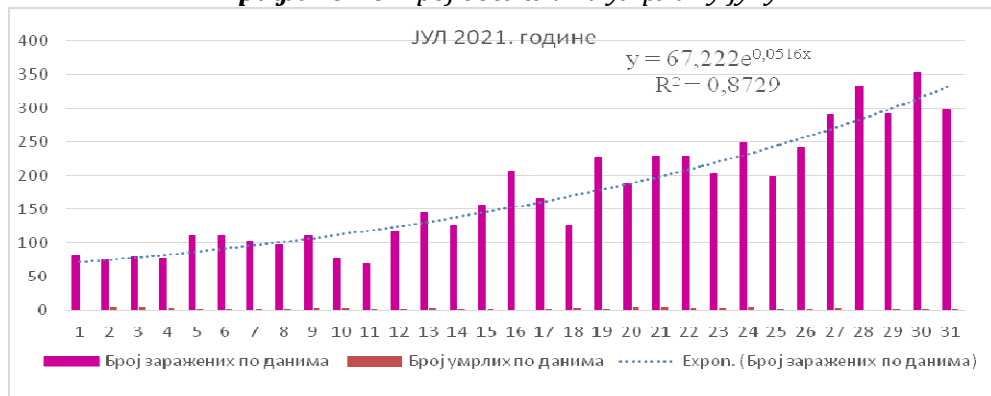
Будући да је експоненцијална стопа негативна то значи да се број оболелих у просеку смањивао за **6,0755%** по дану.

Графикон 5. Број оболелих и умрлих у мају



За месец јун је било јако тешко изабрати ваљану линију тренда, јер је било наглих промена у броју оболелих (*Графикон 6.*). Број заражених се знатно смањио у односу на претходна два месеца. У овом месецу изабрали смо полиномски тренд и повећали смо његов степен на 6 да би се повећала валидност линије тренда, међутим, и поред тога проценат није на завидном нивоу. Због тога је мало теже предвидети кретање броја оболелих и умрлих у наредном месецу. У јуну се завршила школска година, није било промена у начину извођења наставе, остале су на снази мере донете у претходним месецима.

Графикон 6. Број оболелих и умрлих у јуну

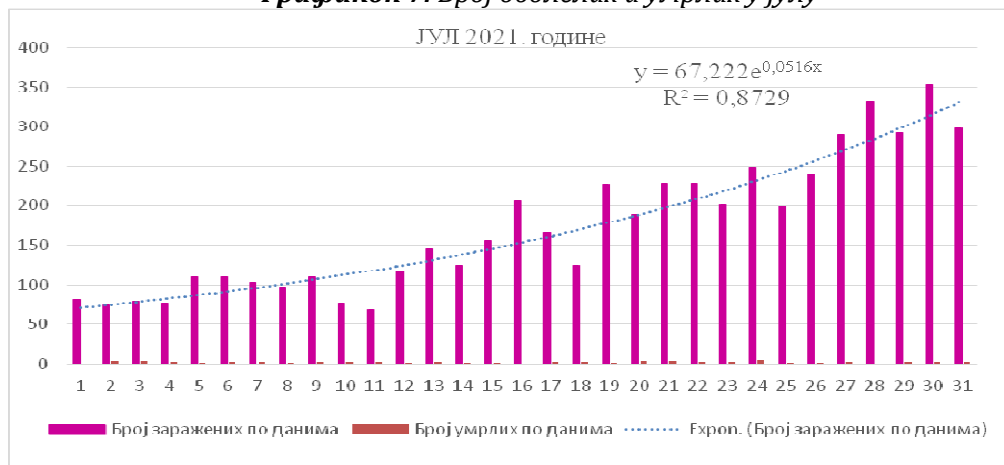


Сређином јула број оболелих почиње експоненцијално да расте. Како вредности података расту са све већим убрзањем, као најефикасније решење користимо експоненцијални тренд (Графикон 7.). На основу експоненцијалне стопе:

$$r_g = (b_1 - 1) \cdot 100 = 5,295\%$$

може се видети да се у разматраном раздобљу број оболелих просечно повећавао за **5,295%**. Експоненцијална линија тренда расте, то значи да нас у наредном месецу очекује повећање броја заражених.

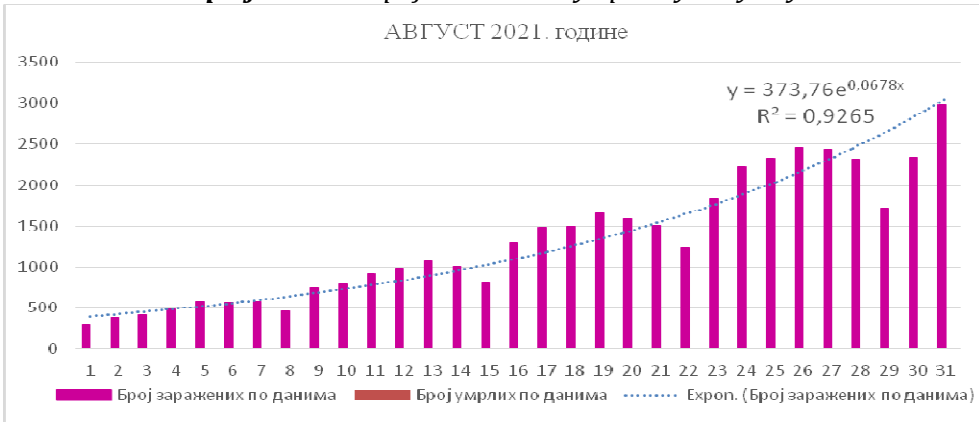
Графикон 7. Број оболелих и умрлих у јулу



У претходном месецу помоћу експоненцијалног тренда дошли смо до закључка да ће се број оболелих повећавати што се и догодило (Графикон 8). И овог месеца се број заражених експоненцијално

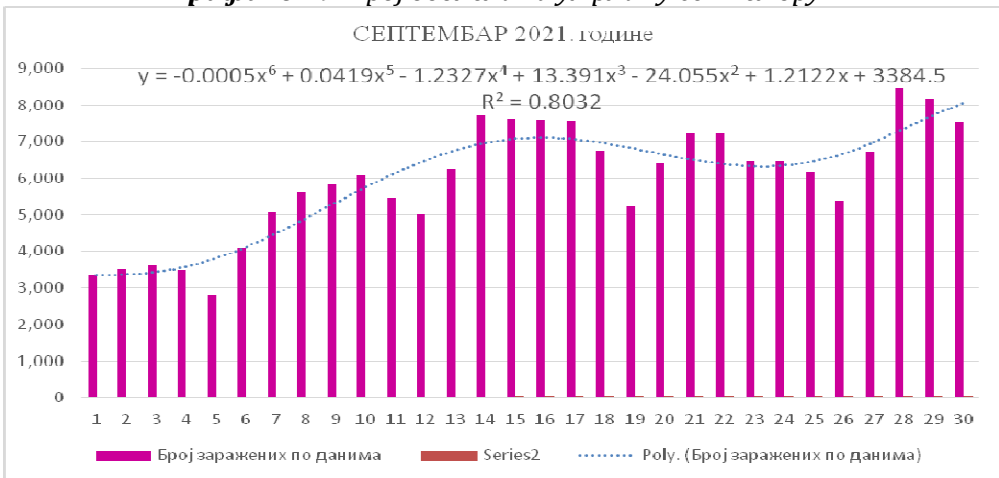
повећавао па смо за процену изабрали експоненцијални тренд. Како линија тренда расте у наредном месецу очекује нас пораст броја заражених. Експоненцијална стопа раста нам говори да се у овом месецу број оболелих просечно повећавао за **7,01513%** по дану. На основу једначине експоненцијалног тренда у августу, првог дана септембра процењује се да ће бити око 3 275 позитивних случајева.

Графикон 8. Број оболелих и умрлих у августу



Последњи месец за који вршимо обраду и анализу података је септембар (Графикон 9). Претпоставка из претходног месеца је била прилично тачна, за први дан септембра предвидели смо око 3 275 оболелих од COVID 19, а званично је забележено 3 346 заражених. Број оболелих је овог месеца варирао, у неким данима имали смо и значајан пад оболелих па нас је то навело да искористимо полиномни тренд.

Графикон 9. Број оболелих и умрлих у септембру



3. АНАЛИЗА И ДИСКУСИЈА

У претходном одељку обрадили смо и анализирали податке о броју оболелих и умрлих посебно за сваки месец, сада можемо да искористимо те податке и да их упоредимо по месецима, након чега можемо да извршимо и процену за наредни период.

Да би смо упоредили податке по месецима прво ћемо те податке приказати помоћу *Табеле 1*:

Табела 1. Укупан број оболелих по месецима

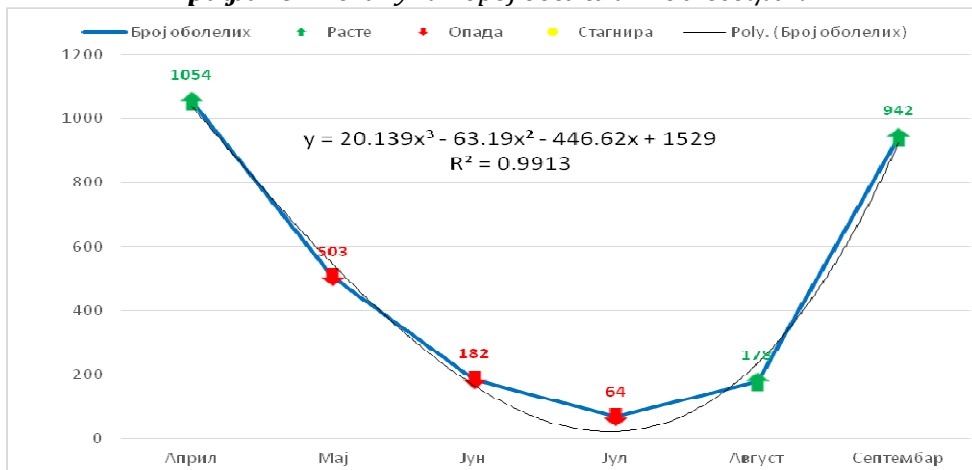
Месец	Укупан број оболелих
Јануар	57.340
Фебруар	63.996
Март	141.337
Април	88.961
Мај	22.915
Јун	4.090
Јул	5.356
Август	41.015
Септембар	179.056

На основу *Табеле 1* помоћу програма MS – Excel, податке о броју оболелих од априла до септембра 2021. године, представили смо графички (*Графикон 10*) и табеларно (*Табела 2*):

Табела 2. Помоћна табела за графички приказ оболелих

Месец	Број оболелих	Расте	Опада	Стагнира
Април	88961	88961	#N/A	#N/A
Мај	22915	#N/A	22915	#N/A
Јун	4090	#N/A	4090	#N/A
Јул	5356	5356	#N/A	#N/A
Август	41015	41015	#N/A	#N/A
Септембар	179056	179056	#N/A	#N/A

Графикон 10. Укупан број оболелих по месецима



На основу *Графикона 10* можемо да видимо како се кретао број оболелих у посматраном периоду. Како би смо извршили процену броја оболелих за наредне месеце и овде смо искористили линију тренда. У овом случају је то полиномни тренд трећег степена. Уз помоћ једначине полиномског тренда извршили смо процену за преостала три месеца 2021. године.

1. Октобар

$$\text{- за } x = 7: 2951x^3 - 8872x^2 - 46790x + 138324 = 388\ 259 \quad (*)$$

2. Новембар

$$\text{- за } x = 8: 2951x^3 - 8872x^2 - 46790x + 138324 = 707\ 108$$

3. Децембар

$$\text{- за } x = 9: 2951x^3 - 8872x^2 - 46790x + 138324 = 1\ 149\ 861$$

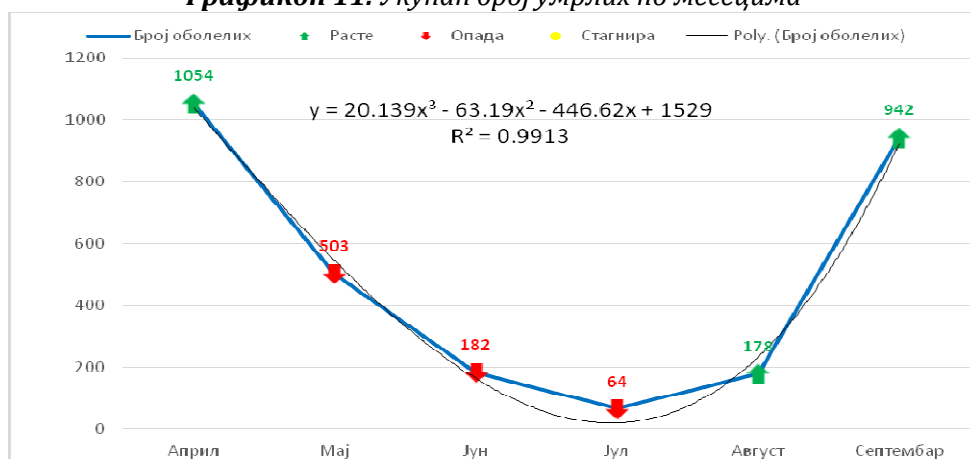
Иако нам линија тренда коју смо изабрали за процену даје изузетно тачне резултате за посматрани период, са тачношћу од **98%**, будући да у тренутку када пишемо рад имамо тачне податке о укупном броју заражених у октобру и новембру, можемо закључити да процена није баш прецизна. У октобру 2021. године у Републици Србији било је укупно 200 760 нових случајева, док је у новембру чак и мање 112 096.

На исти начин уз помоћ *Графикона 11* и *Табеле 3* представили смо укупан број умрлих по месецима од априла до септембра:

Табела 3. Помоћна табела за графички приказ умрлих

Месец	Број умрлих	Расте	Опада	Стагнира
Април	1054	1054	#N/A	#N/A
Мај	503	#N/A	503	#N/A
Јун	182	#N/A	182	#N/A
Јул	67	#N/A	64	#N/A
Август	178	178	#N/A	#N/A
Септембар	942	942	#N/A	#N/A

Графикон 11. Укупан број умрлих по месецима



Најбољи резултат поново нам даје полиномни тренд трећег степена. Како линија тренда расте треба очекивати да ће и број умрлих у наредним месецима расти.

Процена за последња три месеца у 2021. години је следећа:

1. Октобар

$$- \text{за } x = 7: 20,139x^3 - 63,19x^2 - 446,62x + 1529 = 2214$$

2. Новембар

$$- \text{за } x = 8: 20,139x^3 - 63,19x^2 - 446,62x + 1529 = 4223$$

3. Децембар

$$- \text{за } x = 9: 20,139x^3 - 63,19x^2 - 446,62x + 1529 = 7702$$

Ако упоредимо нашу процену са званичним подацима за октобар, можемо рећи да нема драстичног одступања међу бројевима. У октобру је од коронавируса у Србији умрло 1721 особа, а у новембру је забележено 1736 смртна случаја.

4. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

Ако узмемо у обзир све анализе које смо радили у овом раду можемо закључити да се ширење вируса као и процена броја умрлих у будућности не може баш са сигурношћу проценити. На нашу процену утиче велики број фактора које не можемо да прогнозирамо као што су празници, годишња доба, протести, климатске промене, спортска дешавања... али и саме мутације коронавируса. Због свега тога ни посао Кризног штаба, да усклади мере које су се односиле на образовање са кретањем вируса, није лак. Један од најбитнијих фактора који би требао да утиче на смањење броја оболелих и умрлих је појава вакцине. Међутим, оклевање са вакцинацијом показало се као један од већих изазова приликом спречавања ширења вируса. Још један од битнијих фактора је дистрибуција становништва. Процена о броју оболелих биће другачија ако имамо на пример четворо оболелих у једној породици, а другачија ако имамо четворо оболелих у различитим породицама.

Моделе које смо правили за процену броја оболелих и умрлих за наредна три месеца нам не дају баш прецизне прогнозе. Проблем је у томе што како месеци одмичу, процењени бројеви, оболелих и умрлих се све више повећавају па ће у неком тренутку премашити укупан број становника у Републици Србији. Да би смо то избегли у моделу, једначини тренда, потребно је убацили неки „supressor“.

Нашу прогнозу (*) можемо модификовати на следећи начин:

У Републици Србији има укупно 6 899 126 становника;

- До 1.10.2021. године било је укупно 941 989 оболелих од коронавируса у Србији.

$$\frac{941\ 989}{6\ 899\ 126} = 0,13654$$

Нашом полиномном једначином тренда проценили смо да ће у октобру 2021. године бити око 388 259 новозаражених.

$$388\ 259 - 0,13654 \approx 53\ 011$$

$$388\ 259 - 53\ 011 = 335\ 248$$

Сада је нова прогноза за октобар 335 248 нових случајева. На исти начин за новембар новом проценом имамо 694 011 новооболелих од коронавируса. Ни ова прогноза није у потпуности прецизна али су бројеви у извесној мери ближи стварним цифрама.

На крају треба напоменути да је тешко предвидети и крај пандемије како због самог вируса тако и због људских фактора. Међутим, надамо се да ће присуство вакцине али и одговорност људи, ако не у потпуности победити вирус бар довести до стагнације коронавируса.

На основу целокупног истраживања можемо рећи да су мера које су доносили државни органи у великој мери биле усклађене са епидемијолошком ситуацијом, али је свакако било и простора за унапређивање.

ЛИТЕРАТУРА

- Gupta, Rajan, Pal, Saibal. *Trend Analysis and Forecasting of COVID-19 outbreak in India*. Delhi: Deen Dayal Upadhyaya College, University of Delhi. 2020.
- Ковачевић, Златко Ј. *Анализа временских серија*. Београд: Универзитет у Београду, Економски факултет. 1995.
- Стојановић, Владица. *Одабрана поглавља статистике*. Косовска Митровица: Универзитет у Приштини, Природно – Математички факултет. 2014.
- [Frontiers | The First Molecular Characterization of Serbian SARS-CoV-2 Isolates From a Unique Early Second Wave in Europe | Microbiology \(frontiersin.org\)](#). 20.12.2021.
- [COVID-19 \(covid19.rs\)](#). 23.12.2021.
- Wan, Ahmad W. M., Ibrahim, N. A., Nawi, M. A., Mohd Noor, N., Mohamad, N. *Malaysian and Italian trend line for Covid-19: A study on trend analysis*. Yogyakarta: Bulletin of Applied Mathematics and Mathematics Education. 2021.

APPLICATION OF TIME SERIES IN THE PREDICTION OF PANDEMIC DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF APPROPRIATE MEASURES IN THE EDUCATION SYSTEM

Abstract: *The aim of this paper is to assess the compliance of measures of state bodies related to the organization of teaching during the pandemic with the trends of pandemic spread. We have obtained the trends of the pandemic spread as a mathematical model of the statistical equation for predicting the number of infected and deceased persons from coronavirus in the Republic of Serbia for the period from October 1 to December 31, 2021, based on data from previous months. Information obtained for the formation of the mathematical model was obtained by reviewing daily data on the number of patients and deaths in Serbia, published by the Ministry of Health of the Republic of Serbia, for the period from January 1, 2021 to September 30, 2021, as well as media reports on measures related to the education system. Statistical analysis was performed with the help of MC-Excel through trend line analysis. In the case of coronavirus, it was expected that the exponential trend would most closely describe the phenomenon, both due to exponential growth and declining numbers of those infected. When predicting the sick and dead for the period from October to December 2021, the trend line that we chose for the assessment gave extremely accurate results for the observed period, with an accuracy of $R = 98\%$. Comparing the obtained data with the data of the Ministry of Health for October and November, we can conclude that the assessment deviates from the later obtained results. The reason for that is that the assessment is influenced by many factors that we cannot influence or predict. It was noticed that the decisions of the Crisis Staff are largely in line with the obtained trends.*

Key words: *prognosis, time series, trend, exponential trend, education.*