

Анализа стопе инфлације у појединим државама Европе

Стефан Шумар

Факултет техничких наука
Универзитет у Новом Саду
Трг Доситеја Обрадовића 6
21000 Нови Сад

Станислава Шкорић

Факултет техничких наука
Универзитет у Новом Саду
Трг Доситеја Обрадовића 6
21000 Нови Сад

Апстракт—Инфлација представља општи пораст цена добара и услуга током времена, што доводи до смањења вредности новца и повећања трошкова живота. Инфлација је економски феномен који може имати значајан утицај на друштво, привреду и политику у државама широм света. Због ових и других разлога, предвиђање инфлације и смањење њених негативних утицаја представљају кључне изазове за економске стручњаке и доносиоце одлука у државама широм света. У том контексту, овај рад се фокусира на примену *ARIMA*, *ARIMA* + егзогене варијабле, *SARIMA* и *SARIMA* + егзогене варијабле модела како би се предвидела инфлација. Трансформисан је оригинални скуп података Међународног монетарног фонда који у себи садржи податке о разним макроекономским факторима који су од великог значаја за решавање овог проблема. Скуп података је подељен на обучавајуће податке за тренирање модела и тест податке за евалуацију модела. Највише успеха у предвиђању остварили смо помоћу *ARIMA* и *SARIMA* модела.

Кључне речи - инфлација, предикција, временске серије, стационарност

I. Увод

На инфлацију утичу разни фактори, укључујући понуду новца, потражњу за робом и услугама, трошкове производње и друге економске и друштвене факторе. На пример, повећање понуде новца обично доводи до повећања инфлације, док смањење може довести до дефлације тј пада општег нивоа цена. Потражња такође може утицати на инфлацију, јер велика потражња за робом и услугама могу довести до повећања цена. Такође, промене у трошковима производње, као што су раст цене сировина или рада, могу утицати на инфлацију. Други фактори који могу утицати на инфлацију су промене у трговинским политикама, као и политичке нестабилности и природне катастрофе које могу довести до наглих промена у понуди и потражњи за робом и услугама.

Анализа стопе инфлације може бити од великог значаја у разумевању како се инфлација манифестује у различитим економским и друштвеним окружењима. Такође, предвиђање вредности инфлације може помоћи у планирању личних и пословних финансија и

инвестиција, те се могу смањити негативне последице које инфлација може имати на куповну моћ новца.

У оквиру анализе стопе инфлације, узимају се у обзир разни параметри који могу утицати на њу. Фактори попут стопе незапослености, обима увоза и извоза роба и услога, бруто домаћег производа су од посебног значаја за предвиђање стопе инфлације.

II. ПРЕГЛЕД ПОСТОЈЕЋЕ РЕЛЕВАНТНЕ ЛИТЕРАТУРЕ

A. *ARIMA* (autoregressive integrated moving average) approach to predicting inflation in Ghana [1]

У овом раду примењен је *ARIMA* модел за предвиђање инфлације у Гани за период од 1990. до 2018. године. У овом раду, подаци су подељени на три скупа података, скупа података за обуку (1980-2009), скупа података за валидацију (2010-2015) и скуп података за тестирање (2016-2018). Аутори су користили *ARIMA*(2,1,2) модел. Перформансе модела су евалуиране кроз различите статистичке метрике, укључујући средњу квадратну грешку, средњу апсолутну грешку и средњу апсолутну процењену грешку. Резултати су показали да модел има ниску вредност $RMSE=0,78$, $MAE=0,55$ и $MAPE=2,75\%$ што указује на високу тачност модела у предвиђању инфлације у Гани. Такође, резултати су показали да је инфлација у Гани смањена током времена, при чему се стопа инфлације смањила за 26% у 1990. години на 9,6% у 2018. години.

B. Forecasting of Sudan Inflation Rates using *ARIMA* Model [2]

У овом раду аутори су показали да временска серија инфлације у Судану показује општи тренд раста, на основу чега се закључује да серија није стационарна. Да би се постигла стационарност серије су два пута диференциране, након чега серије задовољавају услов стационарности. Наредни корак био је примена аутокореелационе функције и парцијалне аутокореелационе функције како би се идентификовали параметри *ARIMA* модела. На основу аутокореелационе функције закључује се да је параметар q једнак 1, док се на основу парцијалне аутокореелационе функције

закључује да је вредност параметра p такође 1. Узевши у обзир да је временска серија диференцирана два пута, вредност параметра d је једнака 2. Тако је креиран $ARIMA(1,2,1)$ модел. Након тестирања и дијагностике закључено је да је овај модел идеалан за предвиђање инфлације у Судану. Показано је да постоји конвергенција између предвиђених и стварних вредности инфлације у периоду од 1970. до 2016. године. Ово значи да је добијен поуздан модел који се може користити за предвиђање будуће инфлације у Судану.

C. Modeling rates of inflation in Nigeria: an application of ARMA, ARIMA and GARCH models [3]

Овај рад примењује $ARMA$, $ARIMA$, $GARCH$ моделе на податке о стопама инфлације у Нигерији у периоду од 2000. до 2017. године. Скуп података подељен је на скуп за обуку и скуп за тестирање. Скуп за обуку састојао се од података о стопама инфлације за период од 2000. до 2013. године, док се скуп за тестирање састојао од података о стопама инфлације за период од 2014. до 2017. године. Аутори су користили AIC и $Theilov U$ критеријум за валидацију модела, те су пријавили да се $AR(3)-GARCH(1,1)$, модел показао као најбољи и најтачнији у предвиђању стопа инфлације у Нигерији у поређењу са $ARMA(1,0,2)$ и $ARIMA(1, 1, 1)$ моделима. Аутори су такође применили $RMSE$, MAE и $MAPE$ као мере за процену тачности модела, а $AR(3)-GARCH(1, 1)$ модел је имао најнижу вредност $RMSE$, што указује на његову бољу предиктивну моћ. Вредности параметара ових модела могу варирати у зависности од података и методологији која се користи за њихово одређивање. Резултати овог рада могу бити корисни за предвиђање будућих стопа инфлације у Нигерији, али би требало узети у обзир друге чиниоце који могу утицати на инфлацију.

D. Modeling inflation rates in Liberia; SARIMA Approach [4] У овом раду аутори су применили $SARIMA$ модел за предвиђање инфлације у Либерiji. Подаци коришћени у раду су месечне стопе инфлације прикупљене у периоду од јануара 2006. године до децембра 2018. године. Коришћењем $SARIMA$ модела аутори су успели да предвиде инфлацију за период од јануара 2019. године до децембра 2020. године. Резултати су показали да $SARIMA$ модели са $ARIMA(2,1,0)(1,1,1)12$ спецификацијом дали најбоље резултате у предвиђању инфлације у Либерiji. Према њиховим предвиђањима, инфлација у Либерiji у 2019. години би требало да буде 12,29%, уз стандардну девијацију од 0,45 и интервал поверења од 95% од 11,4% до 13,18%. У раду нису изричито наведене вредности грешака за ове предикције, али аутори су користили различите статистичке метрике за евалуацију тачности својих модела, као што су средња квадратна грешка, средња апсолутна грешка и критеријум информације *Akaike*. Ови показатељи су указивали на то да су њихови модели дали релативно тачне предикције вредности инфлације за претходне године, али би требало спровести даљу валидацију предвиђања за 2019. годину како би се утврдила стварна тачност предикција.

III. ОПИС СКУПА ПОДАТАКА

У овом поглављу описан је скуп података, приказани су атрибути који су дати за сваку државу и приказан је део експлоративне анализе која је обављена над скупом података. Скуп података је преузет са сајта међународног монетарног фонда и садржи податке о инфлацији различитих земаља и региона широм света. Подаци су представљени у облику временских серија и садрже годишње стопе инфлације. Поред података о инфлацији, међународни монетарни фонд садржи и друге економске податке који су повезани са инфлацијом, као што су стопа незапослености, бруто домаћи производ, и друге макроекономске индикаторе. Ради једноставности, у раду смо обрадили податке везане за Републику Србију и Босну и Херцеговину (у наставку БиХ).

Скуп података садржи следећа обележја:

- назив државе
- година на коју се подаци односе
- бруто домаћи производ, сталне цене
- бруто национална штедња
- обим увоза робе
- стопа незапослености
- нето позајмљивање/задуживање владе
- нето дуг државе
- инфлација, просечне потрошачке цене
- обим извоза роба и услуга
- приходи опште државе
- структурални биланс опште државе
- бруто државни дуг
- укупне инвестиције
- обим увоза робе и услуга
- обим извоза робе
- укупни државни расходи
- биланс текућег рачуна
- производни јаз потенцијалног БДП-а

Из скупа података избачен је атрибут који се односи на производни јаз потенцијалног БДП-а због тога што садржи само недостајуће вредности које нису од интереса за даљи рад.

Скуп података садржи временске серије у периоду од 1980 до 2026. Подаци од 1980 до 2021 представљају реалне вредности док остатак временских серија представљају предиктоване вредности и њих нисмо узимали у обзир. Подаци доступни за Србију и БиХ су доступни од 1997. године и у складу са тим те податке смо издвојили у нови скуп података.

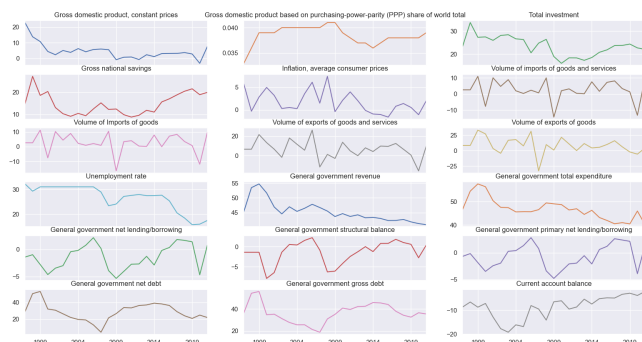
С обзиром да скуп података садржи само вредности на годишњем нивоу, било је потребно пронаћи начин који ће нам пружити информацију о месечним вредностима инфлације и макроекономским факторима. У те сврхе искористили смо линеарну интерполацију и трансформисали смо скуп података како бисмо добили месечну периодичност и много више тачака које ће нам користити за обучавање одабраних модела. Овим кораком формиран је финални скуп података.

Из финалног скупа података издвојили смо два подскупа и то:

- временске серије циљног атрибута - инфлација, просечне потрошачке цене
- временске серије осталих макроекономских фактора

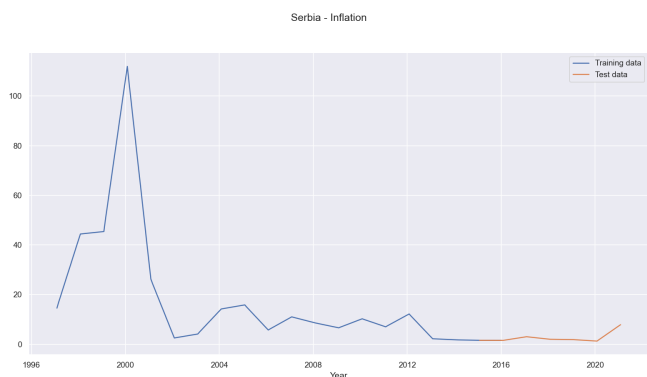


Слика 1. Приказ макроекономских фактора Србије



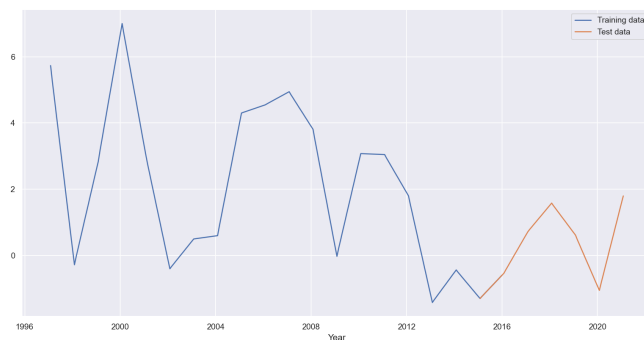
Слика 2. Приказ макроекономских фактора за БиХ

Тако подељене податке, поделили смо и на тренинг и тест скуп. Подела је извршена на основу временских серија. Након поделе тренинг скуп садржи временске серије од 1997. до 2015, односно 80% док тест скуп садржи временске серије од 2015. до 2021, односно 20% од укупног броја временских серија.



Слика 3. Србија - Подела података на тренинг и тест скуп

Bosnia and Herzegovina - Inflation



Слика 4. БиХ - Подела података на тренинг и тест скуп

Овако подељен скуп података погодан је за обучавање модела како би се извршила предикција стопе инфлације.

IV. Методологија

Временске серије представљају низ посматрања која се узимају у одређеним временским интервалима. Анализа временске серије нам помаже да предвидимо будуће вредности на основу претходно посматраних вредности. Пре примене статистичких модела, неопходно је утврдити да ли су посматране временске серије стационарне. То значи да би серије требало да имају константну средњу вредност, константну варијансу или стандардну девијацију и да ауто-коваријанса не треба да зависи од времена.

За предикцију стопе инфлације одабрана су два модела са њиховим варијацијама. Модели који су коришћени су:

- *ARIMA* (*AutoRegressive Integrated Moving Average*)
- *ARIMA* + егзогене варијабле
- *SARIMA* (*Seasonal AutoRegressive Integrated Moving Average*)
- *SARIMA* + егзогене варијабле

ARIMA модел припада класи линеарних модела који користи претходне вредности за предвиђање будућих вредности. Овај модел чине три компоненте што одређује број параметара модела. Компоненте и параметри модела су:

- *AR* (*p*) - број претходних вредности серије који се користе за предвиђање тренутне вредности
- *I* (*d*) - степен диференцијације серије
- *MA* (*q*) - број претходних резидуала који се користе за предвиђање тренутне вредности

SARIMA модел представља проширење *ARIMA* модела за анализу временских серија са сезонским обрасцима. Овај модел је проширен следећим параметрима:

- P - број претходних вредности серије који се користе за предвиђање тренутне вредности сезонске компоненте
- D - степен диференцијације у сезонском делу временске серије
- Q - број претходних резидуала који се користе за предвиђање тренутне вредности сезонске компоненте
- S - периодичност образаца у временској серији

Да бисмо утврдили да ли су подаци стационарни у овом раду коришћен је ADF (*Augmented Dickey-Fuller*) тест који представља врсту статистичког текста који се назива тест јединичног корена. Идеја која стоји иза овог теста јесте колико снажно временску серију дефинише тренд. Тест је базиран на нултој хипотези и алтернативној хипотези. Нулта хипотеза каже да се временска серија може представити јединичним кореном тј временска серија има неку временски зависну структуру што значи да није стационарна, док са друге стране алтернативна хипотеза говори супротно тј да је временска серија стационарна. Резултате теста тумачимо користећи p -вредност. Вредности испод прага (<0.05) сугеришу да можемо да одбацимо нулту хипотезу, у супротном вредности изнад прага (≥ 0.05) сугеришу да не успевамо да одбацимо нулту хипотезу.

ADF статистика	p -вредност	Критичне вредности
-2,85	0,05	-3,45 (1%)
		-2,87 (5%)
		-2,57 (10%)

Табела 1. Србија - ADF тест (Оригинална серија)

Анализом добијених вредности ADF теста за Србију (Табела 1) закључујемо да временске серије нису стационарне. Критичне вредности не одступају од статистике теста али p -вредност се налази изнад прага, самим тим не можемо одбацити нулту хипотезу. Како бисмо постигли стационарност временских серија вршили диференцијацију серија и понављамо тест.

ADF статистика	p -вредност	Критичне вредности
-3,21	0,01	-3,45 (1%)
		-2,87 (5%)
		-2,57 (10%)

Табела 2. Србија ADF тест (Диференциране серије)

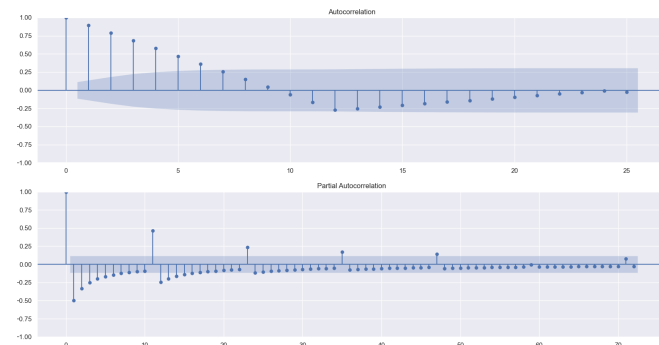
Анализом вредности ADF теста диференцираних серија Србије (Табела 2) можемо закључити да су временске серије стационарне. Критичне вредности не одступају од статистике теста и p -вредност се налази испод прага што имплицира да можемо одбацити нулту хипотезу. На основу теста одредили смо и вредност параметра q . Узевши у обзир да смо временску серију Србије диференцирали једном да бисмо постигли стационарност, вредност степена диференцијације је 1.

ADF статистика	p -вредност	Критичне вредности
-3,97	0,001	-3,45 (1%)
		-2,87 (5%)
		-2,57 (10%)

Табела 3. БиХ - ADF тест (Оригинална серија)

Анализом вредности ADF теста оригиналних серија БиХ закључујемо да су временске серије стационарне. Критичне вредности не одступају много од статистике теста и p -вредност има малу вредност која се налази испод прага. На основу добијених резултата одбацујемо нулту хипотезу. За разлику од Србије, временске серије БиХ су већ стационарне што значи да је вредност q параметра 0.

Након што смо проверили и утврдили да су подаци стационарни, следећи корак је одређивање преосталих параметара модела. Користимо дијаграме функције аутокорејације (ACF) и парцијалне аутокорејације ($PACF$). Дијаграм функције аутокорејације одговара MA моделу и одређује вредност параметра d , док дијаграм функције парцијалне аутокорејације одговара AR моделу и одређује вредност параметра p .

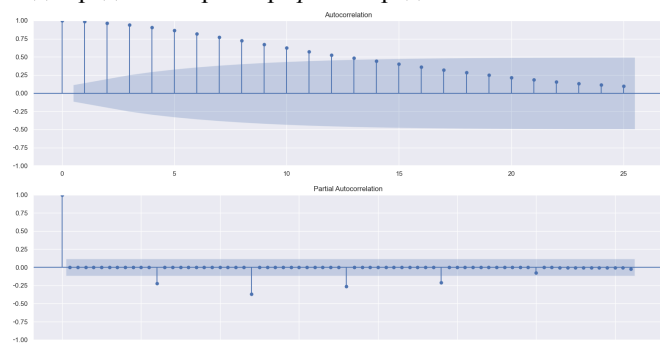


Слика 5. ACF и $PACF$ дијаграми за Србију

Одређивање ових параметара није тривијалан задатак и подразумева испробавање различитих вредности параметара у моделу. На ACF дијаграму за Србију (Слика 5 - горе) уочавамо значајна одступања од првог до седмог ступца што значи да се потенцијална

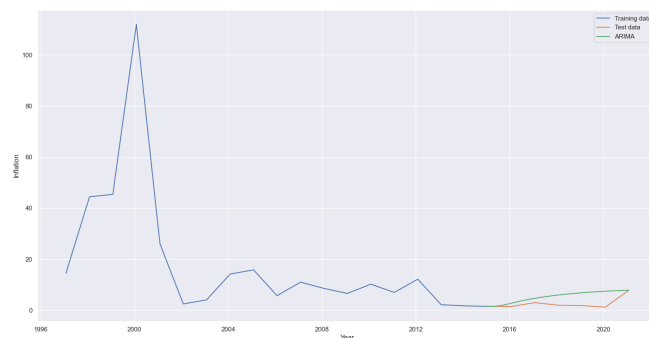
вредност q параметра налази у интервалу од 1 до 7. Испробавањем различитих комбинација параметара закључујемо да модел најоптималније ради када параметар q има вредност 3. Са друге стране, када посматрамо дијаграм парцијалне аутокорејације (Слика 5 - доле) видимо значајна одступања на 12 ступаца. Такође, испробавањем различитих комбинација параметара закључујемо да модел најоптималније ради када параметар p има вредност 3.

Исти поступак користимо за одређивање вредности параметара модела за временске серије БиХ. На дијаграму аутокорејације (Слика 6 - горе) видимо значајна одступања на 13 ступаца а модел најоптималније ради када параметар q има вредност 4. Аналогно томе, на дијаграму парцијалне аутокорејације (Слика 6 - доле) видимо значајна одступања на 5 ступаца. У овом случају модел најоптималније ради када вредност параметра p има вредност 3.

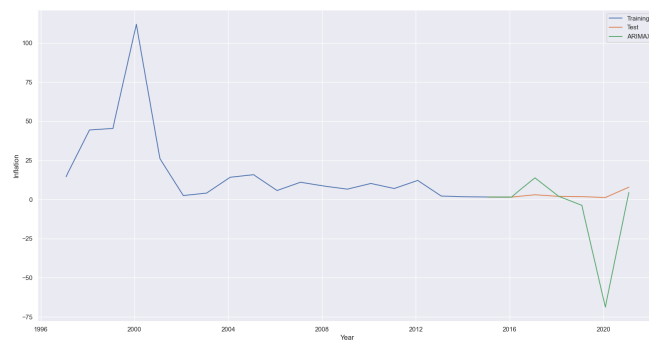


Слика 6. ACF и $PACF$ дијаграми за БиХ

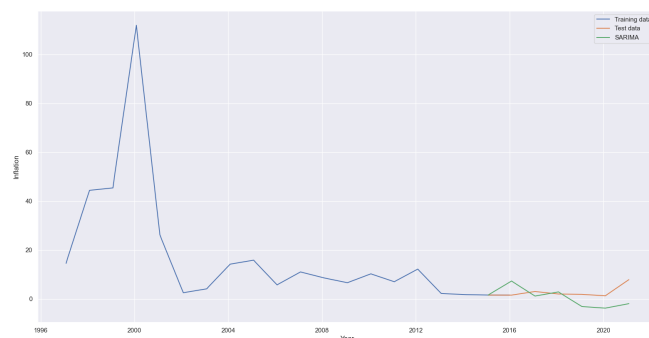
Параметри нису одабрани насумично. Формирана су по два низа за сваку државу, један низ који садржи потенцијалне вредности параметра p и један низ који садржи потенцијалне вредности параметра q . На исти начин смо дошли до оптималних сезонских параметара P , D и Q како бисмо осигурали да модел буде што прецизнији и адекватан за предвиђање сезонских флукуација у подацима. У сезонском моделу последњи параметар S има вредност 12 зато што имамо месечну периодичност у подацима. Модел су тренирани на различитим комбинацијама параметара а као мера перформансе модела користили смо средњу квадратну грешку. Модел који су имали најмању вредност грешке узети су као оптимални модели и њихове предикције су приказане у наставку.



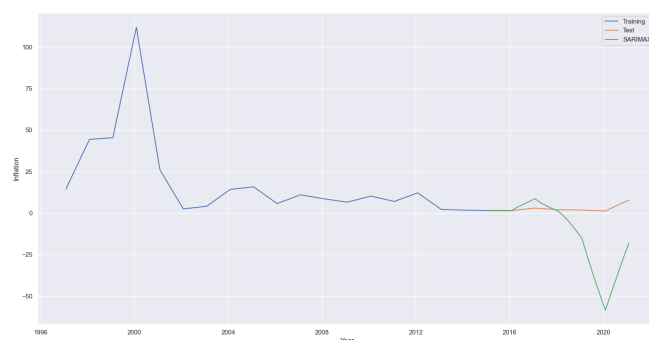
Слика 7. Србија - Предикције $ARIMA(3,1,3)$ модела



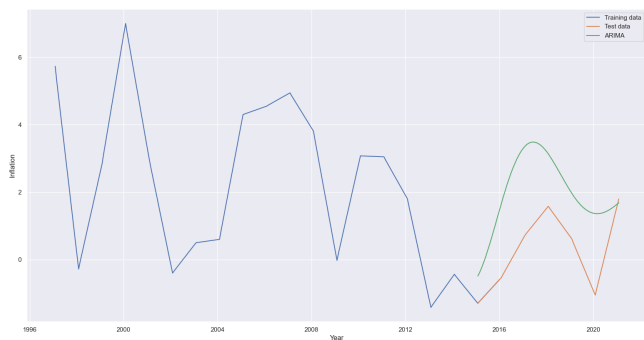
Слика 8. Србија - Предикције $ARIMA(3,1,3)$ модела + егзогене варијабле



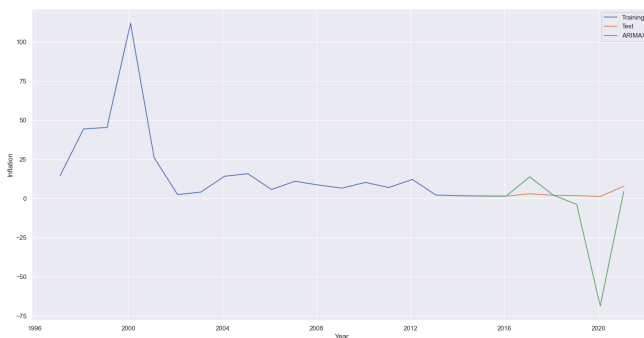
Слика 9. Србија - Предикције $ARIMA(3,1,3)(3,1,3)12$ модела



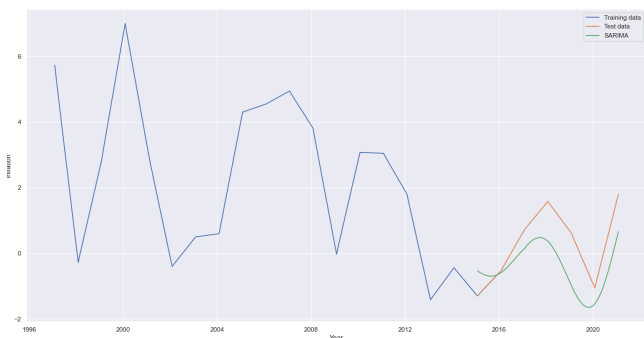
Слика 10. Србија - Предикције $ARIMA(3,1,3)(3,1,3)12$ модела + егзогене варијабле



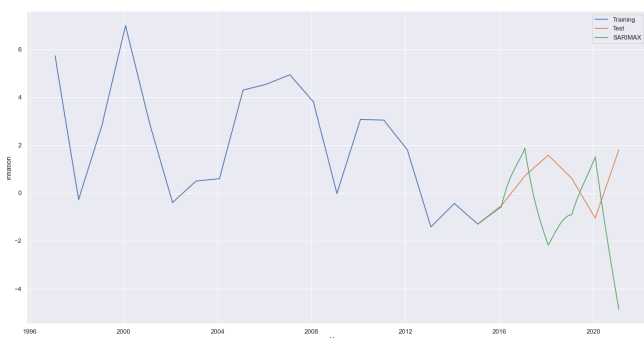
Слика 11. БиХ - Предикције $ARIMA(3,0,4)$ модела



Слика 12. БиХ - Предикције $ARIMA(3,0,4)$ модела + егзогене варијабле



Слика 13. БиХ - Предикције $ARIMA(3,0,4)(3,0,4)12$ модела



Слика 14. БиХ - Предикције $ARIMA(3,0,4)(3,0,4)12$ модела + егзогене варијабле

V. Резултати и дискусија

Модели су тренирани на тест скупу података који је издвојен из финалног скупа. Евалуација модела извршена је на начин који је објашњен у поглављу V. Поред средње квадратне грешке, коришћене су и мера апсолутне грешке, као и мера апсолутне грешке изражене у процентима. Вредности ових мера за Србију за моделе $ARIMA(3,1,3)$ и $ARIMA(3,1,3)(3,1,3)12$ приказане су на табели 4.

Модел	RMSE	MAE	MAPE
ARIMA	9,66	2,59	1,35
ARIMA + егзогене	594,89	14,59	7,41
SARIMA	23,46	3,89	1,79
SARIMA + егзогене	612,465	15,79	7,61

Табела 4. Србија - Резултати модела на тест скупу за $ARIMA(3,1,3)$ и $ARIMA(3,1,3)(3,1,3)12$

Уопштено, бољи модел има мање вредности $RMSE$, MAE и $MAPE$, јер указују на мању грешку у предвиђању. У овом случају $ARIMA(3,1,3)$ има најбоље перформансе јер има најмање вредности грешака. Ово указује на то да се овај модел најбоље прилагодио нашим подацима. $ARIMA(3,1,3)(3,1,3)12$ има веће вредности грешака што указује на већу грешку у предвиђању. Додавањем егзогених варијабли у оба модела показују знатно лошије перформансе. Вредности грешака су веће него код њихових еквивалентних модела без егзогених варијабли. Ово може указивати на то да је додавање егзогених варијабли погоршало модел, уместо да га побољша.

Вредности истих мера за БиХ за моделе $ARIMA(3, 0, 4)$ и $ARIMA(3,0,4)(3,0,4)12$ приказане су на табели 5.

Модел	RMSE	MAE	MAPE
ARIMA	1,94	0,83	3,07
ARIMA + егзогене	4,12	1,54	4,93
SARIMA	0,89	0,82	2,35
SARIMA + егзогене	5,55	1,76	4,28

Табела 5. БиХ - Резултати модела на тест скупу за $ARIMA(3, 0, 4)$ и $ARIMA(3,0,4)(3,0,4)12$

У случају БиХ, видимо да су перформансе свих модела боље у односу на перформансе модела Србије. Видмо да

$ARIMA(3,0,4)(3,0,4)12$ има најбоље перформансе јер има најмање вредности грешака. Ово указује на то да се тај модел најбоље прилагођава временским серијама БиХ. Модели који укључују егзогене варијабле и у овом случају показују боље вредности у односу на моделе који се односе на Србију. Међутим, и у овом случају имамо случај да су перформансе модела са егзогеним варијаблама горе него перформансе модела без њих.

Разлике у перформансама модела Србије и БиХ се могу објаснити чињеницом да су временске серије Србије биле нестационарне и да смо извршили диференцирање како бисмо постигли стационарност. Процес диференцирања има утицај на природу података и стога утиче на перформансе модела.

Специфично, ако се спроводи диференцирање првог реда како би се постигла стационарност, то може утицати на повећање шума у подацима, што може довести до смањења перформанси модела. У случају временских серија Србије, $ARIMA$ модел показао је боље перформансе од $SARIMA$ модела, што би могло указивати на то да су мање сложени модели бољи за анализу нестационарних временских серија.

Са друге стране, временска серија БиХ је стационарна од почетка, те није било потребе за диференцирањем. То значи да је у овом случају $ARIMA$ модел био мање успешан од $SARIMA$ модела, који има више параметара за моделирање сезоне и трендова у подацима.

Уз то, вредности перформанси модела у временској серији БиХ биле су у глобалу боље у односу на временску серију Србије, што указује на то да стационарне временске серије могу бити једноставније за анализу и моделовање.

У сваком случају, како би се постигле најбоље перформансе модела, потребно је пажљиво проценити природу временске серије и применити адекватан модел који најбоље одговара тим карактеристикама.

VI. Закључак

У овом раду примењене су различите методе за предвиђање инфлације на великом скупу временских серија за многе земље широм света, али је фокус био на две серије од којих је једна била стационарна, а друга нестационарна. Коришћен је ADF тест за утврђивање стационарности података, а ACF и $PACF$ функције коришћене су за одређивање оптималних параметара, што је представљало највећи изазов.

За различите типове временских серија добијени су различити резултати. Модели који су тренирани са стационарним серијама показали су се као ефикаснији и једноставнији у предвиђањима, где су вредности грешака модела биле много мање у односу на грешке које су направили модели тренирани са нестационарним подацима који су диференцирани. Као мере перформанси модела коришћене су средња квадратна грешка, средња апсолутна грешка и средња апсолутна

процењена грешка. Такође, резултати су показали да су $ARIMA$ и $SARIMA$ модели били прецизнији у односу на њихова проширења која укључују егзогене варијабле.

Као могућност за даље унапређење, предлаже се коришћење несупервизованих метода попут кластеровања или принципа компоненти за разумевање и идентификовање скривених образаца у подацима, што би могло дати додатне увиде у податке и побољшати анализу.

VII. Литература

- [1] Samuel Erasmus Alnaa, Ferdinand Ahiakpor, Department of Accountancy, Bolgatanga Polytechnic, Bolgatanga, Ghana, Department of Economics, University of Cape Coast, Ghana, "ARIMA (autoregressive integrated moving average) approach to predicting inflation in Ghana"
- [2] Badreldin Mohamed Ahmed Abdulrahman, Abuzar Yousef Ali Ahmed, Abderhim Elshazali Yahia Abdellah4 1 Department of Business Administration, Jouf University, KSA, Department of Economics, University of Zalingei, Sudan Department of Mathematics, Jeddah University, KSA, Department of Business Administration, Jouf University, KSA, "Forecasting of Sudan Inflation Rates using ARIMA Model"
- [3] Nyoni, Thabani and Nathaniel, Solomon Prince, University of Zimbabwe, University of Lagos, "Modeling rates of inflation in Nigeria: an application of ARMA, ARIMA and GARCH models"
- [4] Fannoh Roland, Pan African University Institute, "Modeling Inflation Rates in Liberia; SARIMA Approach"