

**Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Факультет комп'ютерних наук та кібернетики
Кафедра системного аналізу та теорії прийняття рішень**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
за спеціальністю 124 «Системний аналіз»
на тему:
АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ІНФЛЯЦІЇ ТА ТАРГЕТУВАННЯ**

**студента 4 курсу
Гнатишка Максима Ігоровича**



**Науковий керівник:
доцент, кандидат фізико-математичних наук
Зінько П. М.**



**Робота заслухана на засіданні кафедри системного аналізу та теорії
прийняття рішень та рекомендовано до захисту в ЕК,**

протокол №10 від 07.06.2022 р.

**Завідувач кафедри системного аналізу та теорії прийняття рішень проф.
Наконечний О. Г.**



Київ – 2022

Зміст

Вступ	3
1. Теоретичні положення інфляції: зміст, показники, види	6
2. Основні концепції інфляції та її моделі	13
3. Монетарна політика та таргетування	22
4. Математична модель інфляції та таргетування в Україні	26
Висновки	35
Список використаних джерел	36
Додаток 1. Програмна реалізація моделі	38

Вступ

Актуальність теми полягає у тому, що Україна постійно перебуває у непростому становищі, яке пов'язане з військовими конфліктами на території нашої країни, нестабільністю світової економіки, світовими кризами, тощо, і тому процеси інфляції можуть нести негативні наслідки для розвитку нашої держави, її соціально-економічної сфери та інших сфер життя. Інфляція - це важливе економічне явище, яке вже дуже давно цікавить економістів з усього світу. Проте це явище є досить складним і неоднорідним, тому до цих пір воно не є до кінця дослідженим. У зв'язку з цим не існує єдиної думки у розумінні, як внутрішньої структури і якісних характеристик, так і зовнішніх рис певного інфляційного процесу.

Загалом для економіки всього світу інфляція є негативним явищем, оскільки вона є чітким сигналом макроекономічної нестабільності. Стимування інвестицій у новітні технологічні розробки, знецінення результатів праці та заощаджень населення, соціальна нерівність через зміну розподілу капіталу між різними верствами населення - все це негативні наслідки інфляції.

З моменту проголошення незалежності України наша країна намагається подолати найголовнішу проблему на шляху до стабільності національної економіки, а саме - знецінення національної валюти.

Питанням інфляції, її сутності, механізмів та способів її подолання, причинами її походження займалися такі відомі економісти, як: Дж. Міллем, А. Сміт, Дж. Кейнс, Й. Шумпетер, М. Фрідмен, Р. Солоу. Великий внесок в дослідження цієї проблеми зробили також вітчизняні економісти: В. Геєць, А. Гальчинський, М. Зверяков, А. Гриценко, В. Савченко, А. Даниленко, К. Восьний та ін.

Але ніхто з них не дослідив це явище на всі 100%. Досі залишаються недостатньо розробленими питання, пов'язані з походженням, причинами та наслідками інфляції. Саме це визначило тему дослідження та її актуальність,

оскільки явище інфляції та його наслідки потребують постійної уваги відповідних органів, адже інфляція впливає на добробут населення, розрахунки облікових ставок та різні економічні показники.

Той факт, що в Україні не припиняється ріст інфляції, свідчить про те, що заходи антиінфляційного регулювання не є ефективними. Необхідною умовою зниження рівня інфляції є стійке економічне зростання. Завдання досягнення рівня інфляції, який встановлено у розвинених країнах (2-4%), завжди висувається українською владою як певний пріоритет грошово-кредитної політики.

В умовах широкомасштабної збройної агресії та запровадження воєнного стану в Україні першочергового значення набуває забезпечення надійного та стабільного функціонування банківської і фінансової системи країни, а також максимальне забезпечення потреб оборони України, безперебійного функціонування системи державних фінансів та об'єктів критичної інфраструктури. Зниження дієвості ринкових інструментів та висока невизначеність в умовах повномасштабних бойових дій унеможливають здійснення монетарної політики в форматі інфляційного таргетування з плаваючим валютним курсом. Дієвість каналів монетарної трансмісії додатково послаблюється адміністративними обмеженнями на валютному ринку та обмеженнями щодо руху капіталу. За таких умов Національний банк України може тимчасово не покладатися на застосування ринкових монетарних інструментів, зокрема ключової (облікової) ставки як основного інструменту грошово-кредитної (монетарної) політики. [2]

Метою роботи є аналіз математичних моделей інфляції та таргетування.

Об'єктом дослідження є інфляційні процеси в Україні.

Предметом дослідження є макроекономічні показники, які впливають на інфляційні процеси в Україні

Завданнями роботи є:

- охарактеризувати теоретичні положення інфляції: зміст, показники, види;
- визначити основні концепції інфляції та її моделі;
- охарактеризувати теоретичні положення монетарної політики;
- створити математичну модель інфляції та таргетування в Україні;

Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатка.

1. Теоретичні положення інфляції: зміст, показники, види.

Економіка кожної окремої держави є невід'ємною частиною глобальної економіки світу. У періоди світових криз економіки багатьох країн зазнають інфляції. Україна неодноразово стикалася з загостреннями проблем такого характеру. Як економічне явище інфляція існує вже давно. Прийнято вважати, що її виникнення напряду пов'язане з появою паперових грошей і діє до сьогоднішнього дня.

Інфляція, як особливий аспект економіки, відома протягом багатьох років. Термін «інфляція» (inflatio) перекладається з латині як «здуття або набухання». Інфляція - це довготривале знецінення грошей, зниження їх купівельної спроможності або постійне зростання загального рівня цін.

Термін "інфляція" був вперше використаний в Північній Америці під час Громадянської війни 1861-1865 років й означав процес збільшення обігу паперових грошей. У ХІХ ст. цей термін також використовувався в Англії та Франції. Широкого поширення в економічній літературі поняття інфляції було отримано в ХХ ст. відразу після першої світової війни, а потім поширився по всій території України [1].

У 90-х роках ХХ століття кожна країна, що входила до складу Радянського союзу, в тому числі Україна, відчула на собі негативний вплив інфляції. Термін інфляція вживається тоді, коли в результаті порушення закону грошового обігу маємо зростання цін в країні. Найбільш очевидним проявом інфляції є знецінення грошових знаків відносно вартості певних товарів, в тому числі і золота, іншими словами - зниження купівельної спроможності грошової одиниці. У випадку, коли це явище носить затяжний характер, різниця між рівнем цін на внутрішньому ринку та на ринках інших країн світу збільшується. В результаті цього національна валюта знецінюється по відношенню до іноземної, а отже знижується її курс, що також є проявом інфляції. Існує багато форм виявлення інфляції: зростання цін, знецінення грошової одиниці, зниження курсу національної валюти та інші. [6]

У класичній економічній теорії інфляцію трактують як деяку частину теорії грошей. Її роль полягає в тому, щоб підвищувати загальний рівень цін і знижувати купівельну спроможність грошей. Один з перших, хто проаналізував інфляцію, як елемент макроекономічної теорії, був Дж. М. Кейнс. У 80-ті роки його теорію замінив мілітаризм, проте він вже не входив до складу проблеми інфляції в макроекономічній теорії. Проблема інфляції в цій теорії є найважливішою складовою.

На противагу такому твердженню у кейнсіанських теоріях саме під інфляцією розуміють надмірний попит, причинами якого є, як надмірна пропозиція, так і попит: « У разі, коли пропозиція грошей у порівнянні з постачанням товарів для покупки збільшилася, виникає інфляція ».

З середини 60-х років в світі економічної науки в дослідженні інфляції сформувався новий напрям. Його дослідники виходять із необхідності комплексного аналізу певних явищ грошової сфери, які включають загальні зміни у економіці II-ї половини XX століття. Відповідно до цього підходу, найважливішою рисою певних сучасних інфляційних процесів є тісне переплетення грошових і загальноекономічних факторів. Звідси випливає, що незалежно від причини початкового імпульсу, будь-яке збільшення зазначених цін призведе до обов'язкового збільшення обсягів грошової маси і навпаки.[8]

Зовнішніми причинами інфляції є: збільшення цін на світовому ринку; зменшення доходів від зовнішньої торгівлі; від'ємне сальдо балансу зовнішньої торгівлі.

Внутрішніми причинами інфляції є: поява більшої кількості грошової маси, яка не є розмінною на золото; нестабільне економічне становище держави; монопольна роль держави відносно грошової емісії; великі виробники-монополісти та пов'язані з ними високі ціни на товари на ринках; встановлення занадто високих податків і відсоткових ставок за кредит.

Важелі керування, що призводять до появи та руху інфляційних механізмів, закладені в найрізноманітніших сферах суспільно-політичного та

господарського життя. Наведемо загальні характеристики основних елементів сучасної інфляції.

1. Грошово-кредитний елемент інфляції (емісія, мультиплікативне розширення кредиту). Важливість ролі цього елемента в розвитку інфляційних процесів полягає у тому, що інфляція проявляється у грошовій формі.

2. Структурно-виробничий елемент інфляції. Характеризується впливом на інфляцію виробничого сектора безпосередньо через суперечності і диспропорції, що виникають в економічному аспекті її розвитку. Внаслідок процесу переміщення попиту, виникає нерівномірне перевищення попиту над пропозицією, що і є інфляційним впливом комплексу диспропорцій. В такому разі розширення грошової маси є необхідною умовою розвитку інфляції, хоч і не є її позитивною причиною.

3. Процеси збільшення цін, в результаті сучасного економічного розвитку, під дією значної монополізації ринку та виробництва, набувають ще більш однозначної спрямованості. Як наслідок монополізації знижується мобільність факторів виробництва. За таких умов попит змінюється швидше ніж пропозиція, через що накопичуються диспропорції і, як наслідок, зростають ціни. Подальше збільшення цін деякими виробниками веде до зростання витрат вздовж усього виробничого ланцюжка.

Чинники, які діють на ринках та в галузі виробництва, визначають вплив цього елемента механізму інфляції і їм передуює збільшення грошової маси. Інакше кажучи, через збільшення вартості товарів, збільшення грошової маси в такому випадку теж виступає в ролі реакції сучасного механізму кредитно-грошової системи на зростання попиту на гроші і є результатом дій відповідних суб'єктів сучасного ринку.

4. Монетарні та немонетарні елементи інфляції є важливою частиною державного регулювання (промислового, адміністративного, фінансового, грошово-кредитного, валютно-торговельної політики і т.д.). Велика роль держави в сучасній економіці та диспропорції між певними потребами цього елемента

(інвестиціями, поточною діяльністю, регулюванням) і кошти на їхнє задоволення від внутрішніх і зовнішніх джерел, визначають вплив цього елемента.

Держава нерідко свідомо пришвидшує емісію, спричиняючи інфляцію, в інтересах привілейованих галузей і підприємств. Однак, форсуючи інфляцію шляхом прямої емісії, держава водночас впливає на наслідки інфляції в різних сферах і на різних етапах для того, щоб забезпечити життєздатність економічної системи і її окремих суб'єктів, шляхом надання пільгових державних позик та дотацій, звільняючи окремих підприємців або певні групи населення від податків. Емісія (для покриття дефіциту державного бюджету) також може використовуватись для пом'якшення соціальних протиріч в рамках сучасної структури влади.[9]

5. Інфляція, що підживлюється і підтримується зростанням грошової маси, змінами попиту і збільшенням витрат, підсилюється зовнішньоекономічними факторами, зростанням взаємної залежності в сучасному світі. За допомогою відтоку та притоку зовнішніх ресурсів, цей вплив втілюється через експортно-імпортні, виробничо-кооперативні та валютно-фінансові канали. Зовнішні чинники мають великий вплив на внутрішні процеси розвитку, і також можуть давати сильні додаткові поштовхи для внутрішніх інфляційних процесів.

6. Важливим елементом адаптації і поширення інфляції є різноманітні соціальні групи, яких цікавить збереження свого капіталу. Вони діють таким чином, щоб нівелювати зменшення приросту своїх доходів відносно темпу інфляції, таким чином, попереджаючи зростання цін. Втім, як результат отримуємо тільки нове зростання цін.

Додаткову стійкість та тривалість процесу інфляції забезпечує взаємодія причинних функціонально-наслідкових елементів інфляції. Неперервність та кумулятивний характер цього явища не зникають навіть попри уповільнення

або придушення за допомогою державної політики (вибіркове регулювання впливу інфляції).

Науковці виділяють наступні види інфляції:

1) За формою прояву розрізняють:

– Відкриту інфляцію, яка проявляється постійним зростанням цін.

Інфляція такого виду можлива за вільними цінами. Цей вид інфляції свідчить про макроекономічну незбалансованість в бік попиту, при якій реальна вартість грошей падає.

– Приховану інфляцію, яка проявляється збільшенням товарного дефіциту. Як наслідок жорсткого контролю держави над цінами, даний вид інфляції характеризується зростаючим дефіцитом, що теж призводить до зменшення фактичної вартості грошей, та зовнішньої стабільності цін.

2) Залежно від темпу росту, інфляція може протікати із різною швидкістю, тому розрізняють:

– Повзучу інфляцію – 3-4% в рік. Інфляція з таким темпом в певних умовах може позитивно впливати на виробництво та його модернізацію. Проте постійно існує ризик втрати контролю над повзучою інфляцією.

– Галопуючу – від 10 до 100%. Такий тип інфляції дуже поширений в країнах, що розвиваються, і характерний швидким зростанням цін.

– Гіперінфляцію – понад 100%. Цей тип інфляції означає падіння грошової системи. Гіперінфляція неконтрольована і часто призводить до бартерного обміну. Також економісти виділяють більш вузьке поняття - гіперінфляція, при якій швидкість росту цін більша або рівна 1000% в рік.

3) Залежно від впливу інфляції на рівень реальних доходів розрізняють:

– Очікувану інфляцію. Такий тип інфляції можна спрогнозувати заздалегідь, а отже до неї можна підготуватися.

– Неочікувану інфляцію. Очевидно, що таку інфляцію неможливо передбачити, ціни нерівномірно зростають, існує невизначеність щодо

майбутнього, ризик при прийнятті економічних рішень і дії в цьому випадку мають спекулятивний характер.

4) Залежно від причин розрізняють:

– Інфляцію попиту. Цей вид інфляції виникає, коли є надлишок сукупного попиту відносно реальних обсягів виробництва.

– Інфляцію пропозиції (витрат). Вона є результатом тиску на ціни, спричиненого більш високими витратами на виробництво, такими як: підвищення заробітної плати, вартість енергоносіїв та сировини, а також зниження продуктивності праці, зростання монополізації виробництва і структури ринку.

Наслідками інфляції, зазвичай, вважають руйнування соціально-економічних зв'язків, негативний вплив на економічне зростання, зниження рівня життя в країні, нераціональне використання державою своїх ресурсів.[7] Проте найбільший вплив інфляційні процеси здійснюють на економічну та соціальну галузі.

Економічні наслідки інфляції:

- Зменшення економічної активності;
- Знищення ринкових зв'язків між господарськими суб'єктами;
- Порушення функціонування кредитно-грошової системи;
- Збільшення рівня корупції, спекуляції та тіньової економіки;
- Дезорганізація інвестиційних процесів;
- Зменшення цінності національної валюти, що в найгіршому випадку може призвести до її витіснення іноземною грошовою одиницею;

Соціальні наслідки інфляції:

- Збільшення розриву між різними верствами населення;
- Ріст безробіття та зниження мотивації до ефективної трудової діяльності;
- Значне зниження життєвого рівня населення, спричинене швидким підвищенням цін на товари і послуги відносно темпів зростання доходів;
- Зростання соціальної напруги в середині суспільства;

Уряди всіх країн світу не можуть позбутись інфляції ,оскільки вона є невід’ємною частиною світової економіки. Тим не менше, проводячи правильну антиінфляційну політику, можна підтримувати рівень інфляції на задовільному рівні. Але і з антиінфляційної політикою не все так просто. Дуже важливо розуміти, що існує безліч видів інфляції та безліч інструментів для керування нею, тому потрібно знати коли і який з них краще використовувати.

2. Основні концепції інфляції та її моделі.

Для деяких країн світу інфляція є чи не найгострішою проблемою на шляху економічного розвитку, яка негативно впливає на різні сфери життя населення. Вона нівелює результати праці, ліквідує заощадження юридичних та фізичних осіб, сповільнює довгострокові інвестиції та економічний ріст. Гіперінфляція знищує грошову систему, спричиняє перетікання національного капіталу за кордон, послаблює національну валюту, що підриває можливість фінансування державного бюджету.

В економіці існують три основні концепції інфляції:

1) Кейнсіанська концепція або також відома, як концепція інфляції, викликаной надлишковим попитом. Основоположник цієї концепції, Джон Мейнард Кейнс, в результаті аналізу доходів та витрат господарюючих суб'єктів зробив такий висновок: «Підвищення попиту з боку держави і бізнесу призводить до зростання виробництва та зайнятості, але збільшення попиту з боку населення веде до інфляції». Згідно з цією теорією найважливішу роль відіграє грошовий попит, який і створює грошову масу.[4]

Кейнс вважав, що існує лише два типи інфляції:

а) Напівінфляція - така інфляція, з точки зору безробіття і зростання грошової маси не є небезпечною, так як це не призведе до зростання цін, але тільки повертає безробітних до виробничого процесу.

б) Справжня інфляція - з'являється в умовах повної зайнятості та призводить до зростання цін.

На думку Кейнса грошова емісія не жорстко зв'язана з інфляцією. Так, внаслідок емісії настає інфляція, але не одразу. Кейнс припускав, що між початком емісії та збільшенням цін існує певний часовий проміжок, який дозволяє вжити необхідних антиінфляційних заходів.

Кейнс запропонував не скорочувати так звану «грошову» заробітну плату, а проводити гнучку грошово-кредитну політику, що призвело б до падіння

реальної заробітної плати. Він запропонував вихід, але він не вважав, що емісію грошей можна повністю контролювати.

Зрештою, послідовники Кейнса залишили цю теорію і прийшли до висновку, що основна причина – інфляція витрат, що привело їх до марксистської концепції.

2) Марксистська концепція.

Марксистичні солідарні з концепцією кейнсіанства в тому розумінні, що емісія грошей може породжувати інфляцію, але вони вважали, що це можливо тільки при капіталістичному устрої, і навіть тоді не завжди. В той час як при соціалізмі, емісія грошей є цілком адекватним інструментом фінансування економіки і жорсткого взаємозв'язку між емісією та інфляцією не існує. Маркс, як і Кейнс, вважав, що грошова маса при створенні соціалізму може бути взята під повний контроль, хоча це не є необхідним з точки зору твердих цін в державі. Також Маркс вважав, що якщо країна добре розвинута, то не обов'язково підкріплювати грошову масу золотовалютними резервами. Натомість, достатньо спостерігати за кількістю грошей, що беруть участь у економіці.[5]

Найважливіша деталь в марксистській концепції полягає в тому, що вся відповідальність за зростання цін лежить на приватній монополії. У часи класичного капіталізму інфляція заважає конкуренції, але в часи монополістичного капіталу ця межа зникає, і, як результат, отримуємо інфляцію.

3) Монетаристська концепція.

Творець цієї концепції - Мілтон Фрідман. В основі монетаристської концепції інфляції лежить кількісна теорія інфляції Ірвінга Фішера. На його думку, якщо у ринку є певна сума грошей і товарів, вони постійно обмінюються і, якщо пропозиція товарів та пропозиція грошей не змінюються, то виникає дефляція - явище протилежне інфляції, при якому ціни на товари знижуються. Якщо ж маса грошей збільшується, то ростуть ціни і виникає інфляція. Таким

чином, згідно з монетаристською концепцією, емісія завжди призводить до інфляції, незважаючи на те, що деякі економісти так не вважають. Монетаристи вважають, що паперові гроші повинні бути підкріплені дорогоцінними металами. Представники цієї концепції вважають, що тільки за допомогою жорсткого контролю над грошовою масою можна зупинити інфляцію.

Моделі інфляції представлені її видами, але вони мають різні інтерпретації:

1) **Модель Фрідмана.**

Ця модель заснована на фактичному попиті на гроші і залежить від очікуваної інфляції і фактичних доходів. Очікування, зазвичай, близькі до реальних показників інфляції, оскільки є граничними та раціональними. На думку Фрідмана, оптимальною інфляція називається тоді, коли реальний дохід, отриманий від випуску грошей, є максимальним. В такому випадку зі збільшенням темпу зростання економіки меншатиме рівень інфляції.

Згідно з цією теорією, збільшення грошової маси призведе до прискореної інфляції та зменшення реальних доходів. Випуск нових грошей можливий тільки у випадку, коли реальний рівень інфляції нижче оптимального.

Підхід, який запропонував Фрідман, базувався на деяких припущеннях:

- функція попиту індивіда на гроші має вигляд:

$$\left(\frac{M}{P}\right)^D = f(y, \pi^e), \text{ де } \left(\frac{M}{P}\right)^D - \text{ попит на гроші, } y - \text{ реальний дохід індивіда,}$$

P - рівень цін, π^e - очікуваний темп інфляції.

- припускаються ідеальні очікування, які збігаються з реальною відсотковою ставкою, тобто $\pi^e = \pi$;
- передбачається пряма залежність від доходу і зворотна від інфляції (інфляційних очікувань), тобто формально $f'_y > 0, f'_\pi < 0$;
- інфляція не впливає на процес розподілу ресурсів;
- інфляції не впливає на темп зростання економіки;

Якщо позначити N - чисельність населення і врахувати умову рівноваги грошового ринку - рівність грошової пропозиції $M = M^S$ і сукупного попиту на гроші M^D , то можна записати наступне співвідношення:

$$M = N \times P \times f(y, \pi)$$

або:

$$\ln M = \ln N + \ln P + \ln f(y, \pi)$$

Диференціюючи за часом останній вираз в логарифмах:

$$m = n + \pi + \varepsilon_y \delta_y + \varepsilon_\pi \delta_\pi$$

де $m = \frac{\dot{M}}{M}$ - темп зростання грошової маси; $n = \frac{\dot{N}}{N}$ - темп зростання населення;

$\varepsilon_y = f'_y y / f$, $\varepsilon_\pi = f'_\pi \pi / f$ - еластичність реального попиту на гроші по реальному

доходу і по інфляції відповідно; $\delta_y = \frac{\dot{y}}{y}$ - темп зростання реального ВВП на

душу населення; $\delta_\pi = \frac{\dot{\pi}}{\pi}$ - темп зростання інфляції.

В першу чергу, реальний сеньйораж RS визначається як обсяг емісії (швидкість зміни номінальної грошової маси), скоригований на рівень цін:

$$RS = \dot{M} / P = mM / P.$$

В рамках підходу Фрідмана RS буде дорівнювати:

$$RS = Nf(y, \pi)(n + \pi + \varepsilon_y \delta_y + \varepsilon_\pi \delta_\pi)$$

Визначимо «оптимальний» рівень інфляції, при якому сеньйораж (дохід держави) максимальний, припускаючи постійний рівень інфляції, тобто $\delta_\pi = 0$.

Диференціюючи за рівнем інфляції і прирівнявши нулю похідну, отримаємо:

$$\begin{aligned} RS'_\pi &= N \times f \times (1 + (\varepsilon_y)'_\pi \delta_y) + N \times (n + \pi + \varepsilon_y \delta_y) f'_\pi = \\ &= Nf(1 + (\varepsilon_y)'_\pi \delta_y + (n + \pi + \varepsilon_y \delta_y) \frac{\varepsilon_\pi}{\pi}) = 0 \end{aligned}$$

При відсутності економічного зростання ($n = \delta_y = 0$) ця умова оптимальності значно спрощується:

$$\varepsilon_{\pi} = -1.$$

Тобто максимальний сеньйораж при відсутності економічного зростання досягається при такій інфляції, коли еластичність реального попиту на гроші по інфляції дорівнює -1.

2) Модель Бруно-Фішера.

Модель описує інфляційну залежність, дефіцит бюджету та можливості бюджетного фінансування. Ця модель заснована на визначенні того, чи залежить чистий реальний попит від очікуваної інфляції. За спрощеним варіантом цієї моделі фінансування дефіциту бюджету передбачає випуск нових грошей.

Більш досконалий варіант моделі фінансування дефіциту можливий через фінансування дефіциту або залучення позик. У цій моделі поряд із темпами зростання грошової маси спостерігається стабільне зростання валового внутрішнього продукту. Це забезпечує найбільш глибокий аналіз монетарної політики.

У даній моделі застосовується функція попиту на гроші, аналогічна моделі Кейгана (про неї пізніше), однак вона використовується для питомого попиту на гроші $\left(\frac{M}{PY}\right)^D$:

$$\ln \left(\frac{M}{PY}\right)^D = -\alpha \pi^e,$$

де α - додатній параметр; π^e - очікувана інфляція.

З урахуванням умови рівноваги на грошовому ринку питомий попит на гроші має дорівнювати питомій пропозиції, тобто якщо M - номінальна грошова маса, P - рівень цін, Y - реальний ВВП, то замість моделі попиту використовується наступна рівноважний умова:

$$\ln M - \ln P - \ln Y = -\alpha \pi^e,$$

або, диференціюючи за часом:

$$m - \pi - y = -\alpha \dot{\pi}^e$$

де $m = \frac{\dot{M}}{M}$ - темп зростання грошової маси; $\pi = \frac{\dot{P}}{P}$ - фактична інфляція; $y = \frac{\dot{Y}}{Y}$ - темп зростання ВВП.

Інфляційні очікування передбачаються адаптивними, тобто формуються наступним чином:

$$\dot{\pi}^e = \beta(\pi - \pi^e),$$

де β - додатній параметр, що характеризує швидкість адаптації очікувань до фактичної інфляції при фіксації останньої.

Звідси можна виразити фактичну інфляцію і якщо підставити це в отриману вище модель і записати наступну модель інфляційних очікувань:

$$\dot{\pi}^e = \lambda(m - y - \pi^e), \lambda = \beta/(1 - \alpha\beta)$$

Звідси, можна вивести, зокрема, умову рівноваги - сталості інфляційних очікувань (тобто $\dot{\pi}^e = 0$, а значить, з огляду на адаптивність інфляційних очікувань - $\pi^e = \pi$, тобто сталість інфляційних очікувань еквівалентна збігу очікуваної і фактичної інфляції):

$$\pi^e = m - y$$

3) Модель Сарджент-Уоллеса.

Ця модель базується на раціональних очікуваннях економічних відносин. Відповідно до цієї теорії, інфляція залежить від поточної та майбутньої грошово-кредитної політики. Тобто, якщо існує політика стримування, інфляція може бути вищою, ніж у випадку проведення менш жорсткої політики. Крім того, на думку цих економістів, інфляція може бути вищою, ніж в період жорсткої монетарної політики.

Кредитно-грошова політика представлена послідовністю грошових мас M_t у відповідні моменти часу. Тоді, якщо P_t — рівні цін, а B_t — державний борг (облігації), а r_t - прибутковості держ. облігацій, то бюджетне обмеження держави можна записати у вигляді наступного динамічного рівняння:

$$D_t = (M_t - M_{t-1})/P_t + B_t - B_{t-1}(1 + r_{t-1})$$

або з розрахунку на душу населення (розділивши на чисельність N_t):

$$d_t = (M_t - M_{t-1})/P_t N_t + b_t - b_{t-1}(1 + r_{t-1})/(1 + r_{t-1}).$$

Модель передбачає, що економічні суб'єкти поінформовані про плани країни і що їхні очікування виправдовуються, тобто очікувана інфляція реальна.

Виходячи з тотожності $M_t V = P_t N_t u$ (M_t – послідовність грошових мас, P_t – рівень цін, N_t – чисельність населення), де враховано припущення про сталість швидкості обігу грошей і сталість випуску на душу населення - u :

$$M_t/N_t = cP_t$$

і відповідно:

$$\frac{P_t}{P_{t+1}} = \frac{(1+m)}{(1+n)}$$

тобто обраний темп зростання грошової маси означає обраний темп інфляції в період до моменту T . Мета моделі полягає в оцінці інфляції після цього моменту.

Можна показати, що до моменту T для боргу на душу населення виконано наступне співвідношення:

$$b_t(m) = k_1 b_1 + \sum_{j=2}^t k_j \left(\frac{d_j - Cn}{(1+m)} \right),$$

$$\text{де } k_j = \prod_{i=j}^{t-1} (1 + r_i)/(1 + n)^{t-j} \text{ для } j < t, \text{ а } k_t = 1$$

З цього співвідношення випливає, що чим менше плановий темп росту грошової маси, тим вище $b_t(m)$, $t \leq T$, зокрема $b_T(m)$. Для $b_T(m)$ при $t > T$, з огляду на бюджетне обмеження і співвідношення для грошової маси, а також те, що $b_t = b_T$ при $t > T$ можна записати наступне:

$$b_T(m) = \frac{1+r_{t-1}}{1+n} b_t(m) + d_t - c \left(1 - \frac{1}{(1+\pi_t)(1+n)} \right)$$

звідки слідує:

$$1 + \pi_t = \frac{c}{(c-d_t)(1+n) - (r_{t-1}-n)b_T(m)}, \text{ де } t > T.$$

З цієї формули з урахуванням того, що за припущенням $r_{t-1} > n$ видно, що чим більше b_T , тим менше знаменник, а значить і тим більше рівень інфляції. З огляду на зазначену вище обернену залежність b_T від m остаточно можна зробити висновок: якщо реальна процентна ставка перевищує темп зростання випуску, то чим менше запланований темп інфляції періоду $t < T$, тим вище інфляція періоду $t > T$.

4) Модель гіперінфляції Кейгана.

Модель Кейгана - це математична модель інфляції, яка описує просту форму динаміки інфляції, коли попит на гроші залежить від очікувань інфляції. Коли економічне зростання відсутнє, модель Бруно-Фішера показує гіперінфляцію, коли всі дії в економіці вирішують інфляційні очікування. У випадку, коли еластичність попиту на гроші та швидкість адаптації очікувань невелика, модель описує ситуацію, в якій швидкість зростання грошової маси рівна інфляції. Якщо значення цих факторів високі, виникає неконтрольована гіперінфляція. Відповідно до цього принципу в даній ситуації слід вживати заходів для зниження інфляційних очікувань.

У моделі Кейгана передбачається, що інфляційні очікування π^e є адаптивними, тобто формуються відповідно до наступної моделі:

$$\dot{\pi}^e = \beta(\pi - \pi^e),$$

де β - додатній параметр адаптивних інфляційних очікувань, що характеризує швидкість збіжності (приспособлення, адаптації) очікувань до фактичної інфляції.

В рамках такої моделі якщо фактична інфляція в даний момент вище очікуваної, то очікування коригуються вгору (швидкість корекції очікувань додатня і пропорційна відхиленню фактичної інфляції від очікуваної) і навпаки.

Використовуючи модель інфляційних очікувань і модель попиту на гроші в диференціальній в формі, отримаємо:

$$m - \pi = \alpha\beta(\pi - \pi^e),$$

звідки можна виразити фактичну інфляцію через інфляційні очікування і темп зростання грошової маси:

$$\pi = \frac{m - \alpha\beta\pi^e}{1 - \alpha\beta}$$

Якщо цей вираз диференціювати за часом, отримаємо:

$$\dot{\pi} = \frac{-\alpha\beta}{1 - \alpha\beta} \pi^e$$

Скориставшись тим, що $m - \pi = -\alpha\pi^e$, виходить наступна модель інфляції в диференціальній формі:

$$\dot{\pi} = \frac{\beta(m - \pi)}{1 - \alpha\beta}$$

Рішення цього диференціального рівняння в явній формі представляє залежність інфляції від часу:

$$\pi_t = m + (\pi - m)e^{-\lambda t}, \quad \lambda = \frac{\beta}{1 - \alpha\beta}.$$

Загальні результати інфляції визначаються складними і різноманітними напрямками соціально-економічних і політичних причин. Інфляція може бути досить вигідною для одного економічного суб'єкта і невигідною для іншого. Таким чином, ті, хто отримав вигоду від інфляції, шукають її об'єктивні причини, а ті, хто зазнав збитків, звинувачують перших у свідомому її розкручуванні.

3. Монетарна політика та таргетування

Монетарна політика - комплекс державних заходів у сфері грошово-кредитних відносин, спрямованих на збалансування платіжного балансу та регулювання інфляції. Грошово-кредитну політику реалізує міністерство фінансів спільно з центральним банком.

Головною метою монетарної політики є досягнення та забезпечення цінової стабільності. Цінова стабільність не передбачає фіксованість цін. Вона означає лише незначне їх зростання. При низькій та стабільній інфляції прибутки та збереження українців захищені від знецінення, підприємці можуть інвестувати у вітчизняну економіку на довгостроковій основі, що сприяє створенню нових робочих місць.

У нинішніх умовах для кращого контролю над інфляцією та стабілізації монетарної політики доречно використовувати систему таргетування інфляції, яка передбачає відповідальність центрального банку за проголошений офіційний цільовий рівень інфляції та за його дотримання. Стабільність зростання цін, публічне оголошення центральним банком кількісних цільових показників інфляції та їх досягнення протягом середньострокового періоду є особливостями даного режиму.

Режим інфляційного таргетування включає такі елементи:

- публічне оголошення кількісних цілей інфляції;
- відповідальність центрального банку за досягнення інфляційних цілей;
- основний інструмент монетарної політики – ключова відсоткова ставка;
- гнучкість обмінного курсу;
- чітке і прозоре інформування про мотивацію прийнятих рішень;
- керування інфляційними сподіваннями;

Національний банк України має такі головні завдання: забезпечення центрального банку операційною незалежністю, результативне застосування інструментів монетарної політики, оцінка тиску інфляції та її очікування і проведення на цих даних монетарної політики. Цей режим характерний деякими технічними параметрами: як таргет вибирається значення “цільової” інфляції, діапазон, в рамках якого таргет може змінювати своє значення, вибирається горизонт таргетування - період, впродовж якого Національний банк України збирається підтримувати значення таргету. Зазвичай, горизонт вибирається на середньостроковий період - приблизно 2-3 роки. Головним інструментом інфляційного таргетування є облікова ставка.

Облікова ставка є одним з основних інструментів, за допомогою яких Центральний банк України встановлює для банків та інших учасників грошового ринку орієнтир щодо вартості залучених і розміщених грошових коштів на відповідний період.

Облікова ставка показує, яка вартість грошей в економіці. Якщо інфляційні очікування впадуть, а перспективи економіки будуть оптимістичними, центральний банк знизить облікову ставку, що сприятиме зниженню кредитних і депозитних ставок банків. НБУ намагається прискорити економічне зростання за рахунок зниження облікової ставки. Ця ставка впливає на вартість кредитів, наданих НБУ комерційним банкам. Вона встановлює відсоткову ставку, за якою комерційні банки отримують гроші від центрального банку. Це, безсумнівно, вплине на відсотки, під які комерційні банки надають кредити громадянам та бізнесу. Чим нижча облікова ставка, тим дешевші позики рефінансування для банків та кращі умови кредитів для позичальників.

Коли інфляційні очікування зростають, НБУ збільшує облікову ставку, через що підвищуються відсотки за депозитами та кредитами. Підвищення процентних ставок може знизити інфляцію. Коли інфляційні очікування

падають, а економічні перспективи оптимістичні, центральний банк знижує облікову ставку, що сприяє здешевленню банківських кредитів і зниження депозитних ставок.

Облікова ставка визначається за результатами макроекономічних прогнозів, комплексного аналізу монетарно-фінансових тенденцій, підготовленого Національним банком. Рішення про рівень облікової ставки затверджується Правлінням Національного банку України на засіданні з питань монетарної політики.

В Україні перший етап інфляційного таргетування розпочався до 2015 р., коли створювались всі необхідні умови для його запровадження. Другий етап розпочався в першій половині 2015 р. і передбачав незалежність центрального банку у використанні інструментів монетарної політики для досягнення поставлених ним цілей. Третій етап розпочався в другій половині 2015 р. і передбачав впровадження всіх елементів даного режиму.

З міжнародного досвіду визначення цільового показника інфляції можна зробити наступні висновки. По-перше, як розвинені країни, так і країни, що розвиваються, приймають таку систему монетарної політики. По-друге, існує багато способів декомпозиції цільового показника інфляції у світовій економіці залежно від термінів, органів влади, відповідальних за перехідний процес, та цілей для досягнення інфляційного таргету. По-третє, більшість країн, які користуються таргетуванням інфляції мають розвинену ринкову економіку (Ізраїль, Великобританія, Швеція, Австралія, Корея, Норвегія, Ісландія). Наприкінці 1999 р. Національний банк Швейцарії оголосив, що буде базувати свою політику на стабільності цін і визначатиме інфляцію як нижчу за 2%, хоча валюта продовжуватиме відігравати важливу роль. Країни, що розвиваються (Чилі, Південна Африка, Філіппіни, Перу, Колумбія) використовують нечіткі горизонти таргетування, документуючи середньострокові цілі. У той же час

центральні банки часто вказують у своїх аналітичних та інформаційних документах певні неявні цільові горизонти, які мінімізують коливання ВВП у відповідь на заходи монетарної політики для досягнення таргету. Тривалість цих горизонтів коливається від 4 до 8 кварталів. Країни з перехідною економікою використовували свої поступові горизонти на ранніх етапах управління та перейшли до середньострокових горизонтів після того, як були визначені стабілізаційні процеси та дата вступу до ЄС. Основою подолання економічної кризи має стати здійснення заходів, спрямованих на забезпечення змін у структурі національної економіки, а саме: розвиток малого та середнього підприємництва; закриття бізнесу через неефективні механізми реорганізації та банкрутства; реформування фінансової системи для зменшення податкового навантаження на бізнес; Розвиток фондових ринків та сприяння розвитку лише тих галузей економіки, які мають можливість отримати конкурентну перевагу на світовому ринку. Завдяки системі інфляційного таргетування Національний банк України зможе ефективніше контролювати та боротися з інфляцією, а отже оптимізувати монетарну політику, що призведе до економічного зростання та процвітання нашої країни.[11]

4. Математична модель інфляції та таргетування в Україні

Об'єктивна сутність економічних явищ та процесів розкривається через систему показників, які є їх кількісно-якісними характеристиками. Якісний зміст показника відображає сутність об'єкта стосовно конкретних умов місця та часу, а кількісний – його числовий розмір. Побудова показників для характеристики, аналізу та прогнозування інфляції потребує чіткого визначення даного поняття, розкриття її сутності, а також виділення основних причин її виникнення та чинників розвитку.

Для того, аби досягнути масштабності процесів, які тягне за собою інфляція, слід, перш за все, проаналізувати динаміку цього явища (рис. 1).

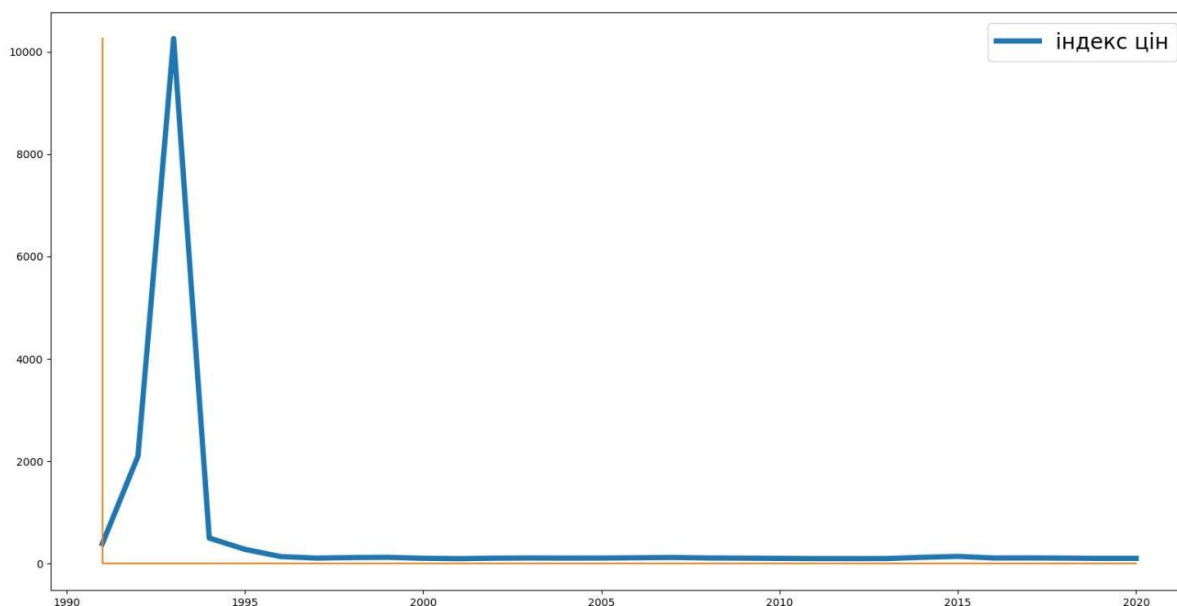


Рис. 1. Рівень індексу цін в Україні за 1991 – 2020 рр. (%)

Як видно на рисунку, індекс цін в Україні не є величиною сталою. З початком формування незалежності нашої держави рівень індексу цін був занадто високим, тобто була присутня гіперінфляція. Більш-менш нормалізувати його стан допомогло введення грошової одиниці гривні у 1996 році. Це стабілізувало досліджуваний показник та встановило його на рівні, рамки якого тримаються й досі – від 120 до 100%.

Як відомо, інфляція є своєрідним економічним явищем, що характеризує економічну систему країни, її роль у суспільному поділі праці та грошовому обігу. Інфляція завжди є сигналом фінансових негараздів, які потребують негайного втручання, передусім з боку офіційних державних структур. Для успішного втручання слід діяти на випередження, тому важливим є виділення основних чинників, які впливають на інфляцію.

Кількість факторів впливу на розвиток інфляційних процесів є досить великою, тому врахувати, а, тим більше, точно побудувати модель з їх використанням досить складно. Для більш чіткого розуміння процесу змін товарів та послуг потрібно розглянути основні характеристики дії кожного фактора окремо.

1. Облікова ставка – ключова процентна ставка Національного банку, за якою він здійснює основні операції з банками з надання або залучення коштів у межах проведення монетарної політики. Облікова ставка є орієнтиром ціни на гроші. Її динаміка характеризує стан монетарної політики (Рис. 2).

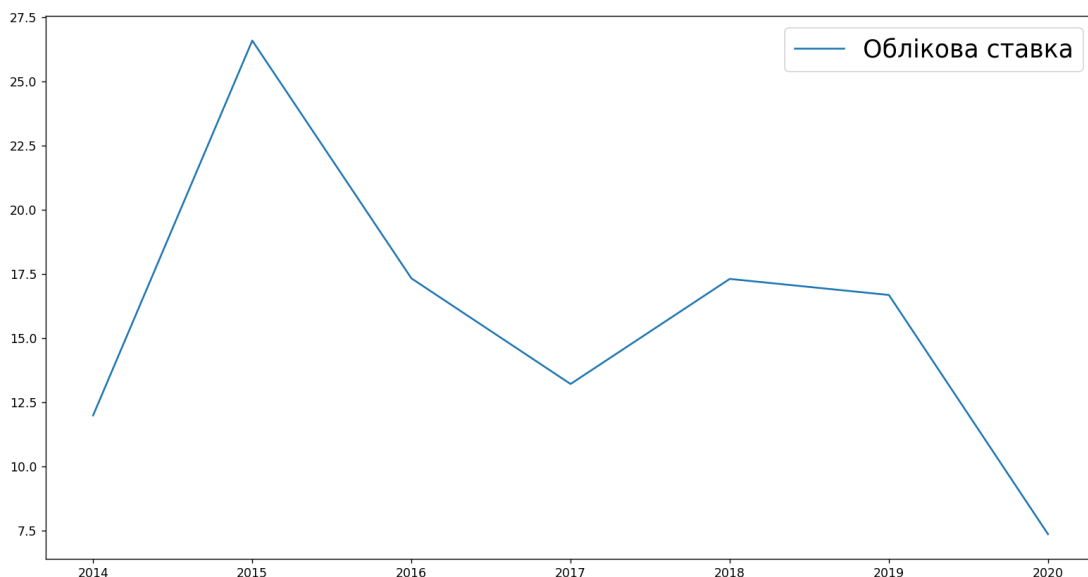


Рис. 2. Динаміка зміни облікової ставки за 2014-2020 рр. (%)

2. Обмінний курс є суттєвим фактором впливу на рівень цін і його стабільність певною мірою визначає стабільність цін на більшість товарів споживчого кошика, зокрема в групі непродовольчих товарів (Рис. 3).

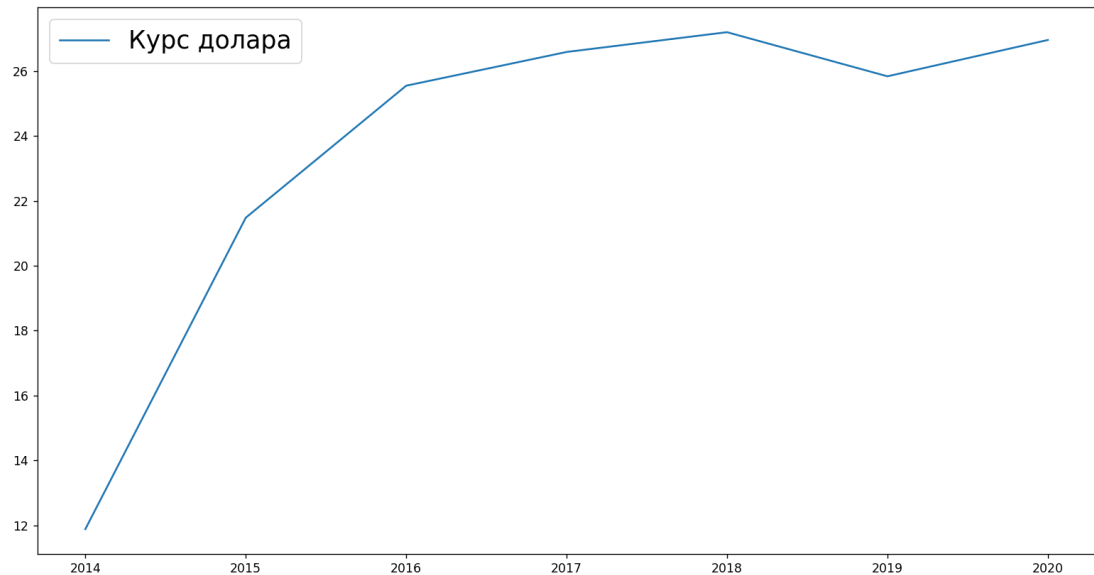


Рис. 3. Динаміка курсу гривні відносно долара за 2014-2020 рр. (грн)

3. Реальне зростання економіки країни приводить до розширення сукупної пропозиції та сприяє посиленню конкуренції, що, у свою чергу, приводить до зниження темпів зростання цін (рис. 4).

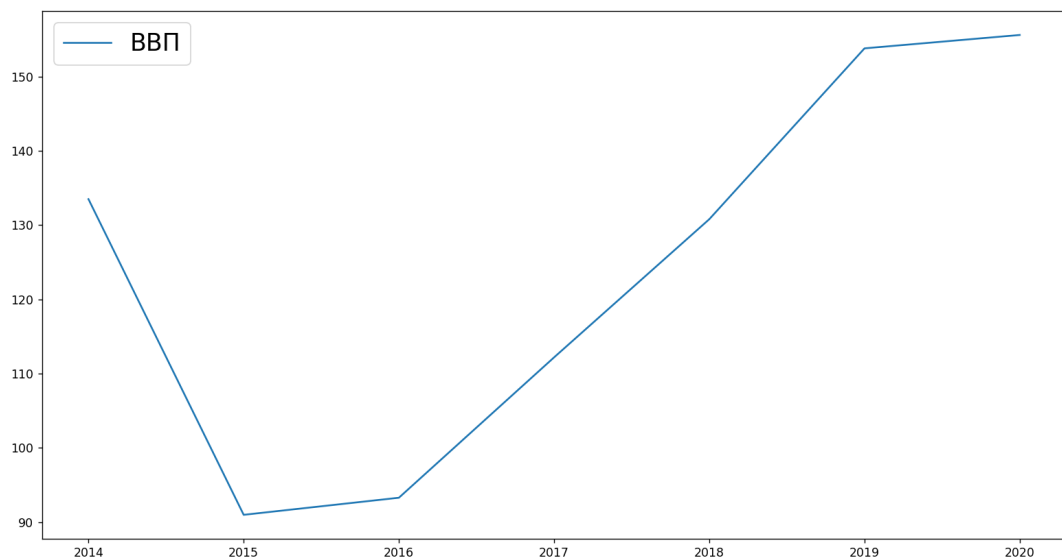


Рис. 4. Динаміка росту ВВП України за 2014-2020 рр. (млрд. дол.)

4. Монетарний фактор. Один з найважливіших факторів, що впливають на інфляцію, є обсяг широких грошей МЗ.

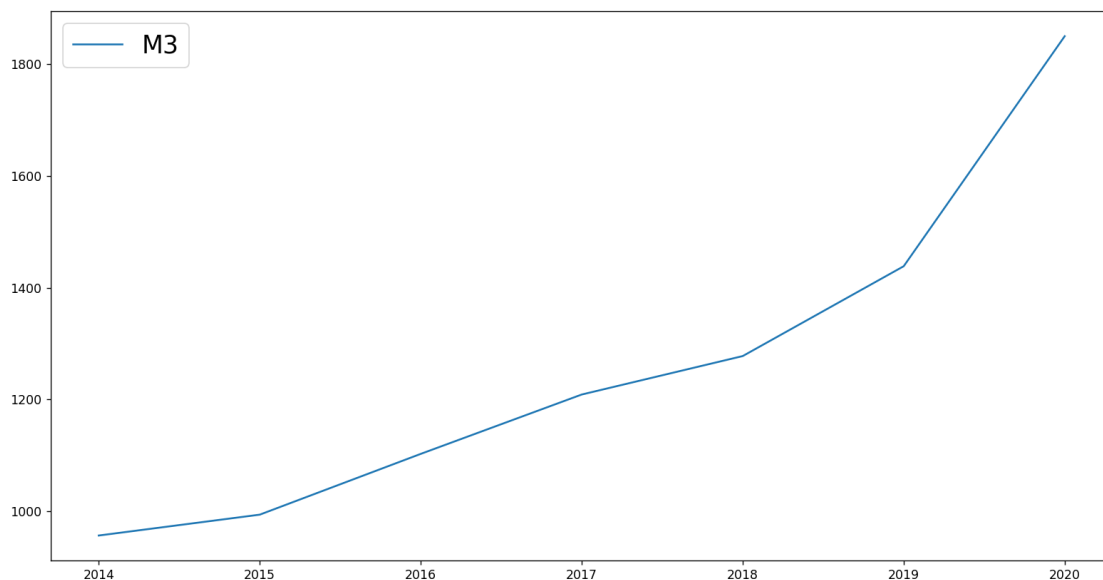


Рис. 5. Динаміка росту грошової маси МЗ України за 2014-2020 рр. (млрд. грн.)

Наведемо значення всіх наведених факторів для кожного року у вигляді таблиці.

Рік	Облікова ставка (%)	Курс долара (грн.)	ВВП (млрд. дол.)	Грошова маса МЗ (млрд. грн.)	Інфляція (%)
2021	7,6875	27,29	200	2071,628	110
2020	7,375	26,96	155,6	1849,668	105
2019	16,6875	25,84	153,8	1438,311	104,1
2018	17,3125	27,2	130,8	1277,635	109,8
2017	13,2222	26,59	112,2	1208,859	113,7
2016	17,3333	25,55	93,3	1102,7	112,4
2015	26,5909	21,84	91	994,026	143
2014	12	11,88	133,5	956,728	124,9

Табл. 1. Значення всіх показників [13][14][15][16][17]

Проаналізувавши дані, наведені вище, перейдемо до створення теоретичної моделі, яка матиме такий вигляд:

$$I_i = \alpha_0 + \alpha_1 \times A_i + \alpha_2 \times B_i + \alpha_3 \times C_i + \alpha_4 \times D_i + \varepsilon, \quad (1)$$

Де I – індекс цін, A – облікова ставка, B – валютний курс гривні до долара США, C – рівень ВВП, D – важкі гроші(МЗ) $\alpha = (\alpha_0 \ \alpha_1 \ \alpha_2 \ \alpha_3 \ \alpha_4)$ – вектор невідомих параметрів, ε – похибка моделі. Також модель можна подати у матричній формі:

$$I = X\alpha + \varepsilon,$$

Для оцінки невідомих параметрів скористаємось методом найменших квадратів (МНК).

$$\sum_{i=1}^n (I_i - \alpha_0 - \alpha_1 \times A_i - \alpha_2 \times B_i - \alpha_3 \times C_i - \alpha_4 \times D_i)^2 \rightarrow \min \quad (2)$$

Розв'язавши задачу мінімізації функціонала (2), отримаємо значення коефіцієнтів рівняння регресії (1), які у матричній формі мають вигляд:

$$\alpha = (X^T X)^{-1} X^T I$$

За допомогою мови програмування Python, та програми, код якої наведено в **додатку 1**, будуємо регресійну модель впливу наведених факторів на індекс цін. В результаті отримуємо значення невідомих параметрів, які підставляємо у модель (1), після чого вона набуде вигляду:

$$I_i = 196.89 - 0.92 \times A_i - 2.22 \times B_i - 0.115 \times C_i - 0.00125 \times D_i$$

Тепер знайдемо коефіцієнт детермінації R^2 для того, щоб переконатися, що дана регресійна модель адекватно описує явище інфляції.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2},$$

де \hat{y}_i - отримане значення залежної змінної, y_i – фактичне значення залежної змінної, \bar{y} – середнє значення залежної змінної.

Отримали значення $R^2 = 0,993$. Це означає, що дана модель опису явище інфляції на 99,3%. Тому, можна зробити висновок, що дана модель є адекватною дійсності.

У випадку, коли значення коефіцієнта детермінації не дозволяє однозначно сказати, чи є модель адекватною, наприклад $R^2 = 0,5$ або $R^2 = 0,62$, зазвичай застосовують різні критерії, які дозволяють оцінити адекватність моделі. Одним з таких критеріїв є F-критерій Фішера. При значенні $R^2 = 0,993$ немає потреби застосовувати F-критерій, але для більшої впевненості застосуємо його до нашої моделі.

Фактичне значення статистики обчислюється за формулою:

$$F_{\text{факт}} = R^2 * (n - m) / ((1 - R^2) * (m - 1)),$$

де n - кількість спостережень, m - кількість регресорів. Якщо $F_{\text{факт}} > F_{\text{табл}}$, то визнається статистична значущість та надійність рівняння регресії. В протилежному випадку рівняння регресії є ненадійним. $F_{\text{табл}}$ - це табличне значення критерію Фішера яке визначається з рівнем значущості α при $k_1 = m - 1$ та $k_2 = n - m$ ступенях вільності. Для нашої моделі $F_{\text{факт}} = 79,74 > F_{\text{табл}} = 19,25$ ($\alpha = 0,05$), тому можемо зробити висновок, що модель є надійною та статистично значущою з рівнем довіри 95%. Всі обчислення проводяться за допомогою програми в **додатку 1**. [18]

Для безпосередньої інтерпретації результатів, слід скористатись графічним методом (рис. 5), який дозволяє візуально побачити відмінності між реальними значеннями та змодельованими.

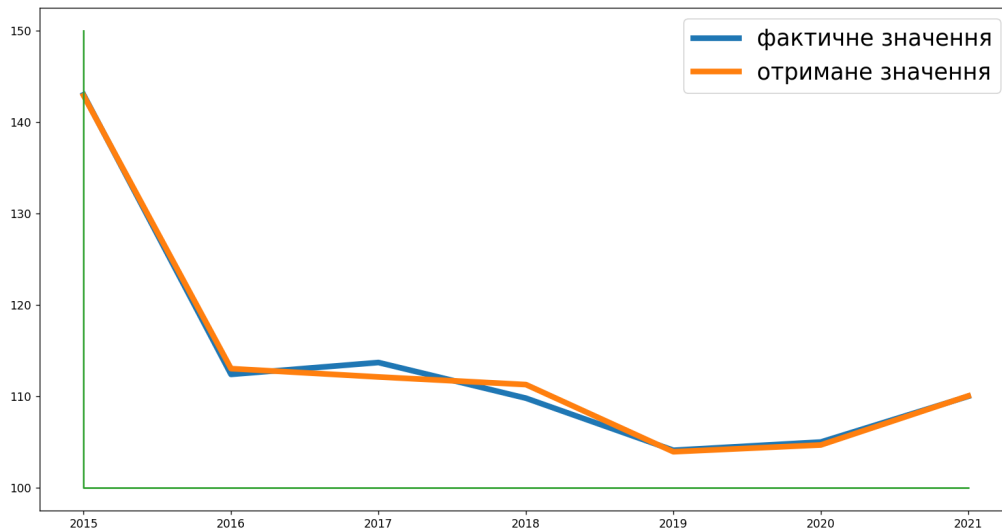


Рис. 5. Графік реальних та модельованих значень рівня інфляції

Як видно на графіку, описана вище регресійна модель показала результати достатньо схожі на реальні. Це ще раз доводить те, що модель є адекватною дійсності. Використовуючи її, можна змоделювати поведінку явища інфляції.

Проведемо порівняльний аналіз створеної моделі з моделлю Кейгана. Для цього змоделюємо рівень інфляції за допомогою тієї ж програми в додатку 1 та порівняємо змодельовані значення.

Згідно з Кейганом, модель інфляції має такий вигляд:

$$\pi_t = m + (\pi - m)e^{-\lambda t}, \quad \lambda = \frac{\beta}{1-\alpha\beta}$$

де m - темп зростання грошової маси, α, β - додатні параметри, π - фактична інфляція.

Після того, як явище інфляції змодельовано, скористаємось графічним методом порівняння результатів.

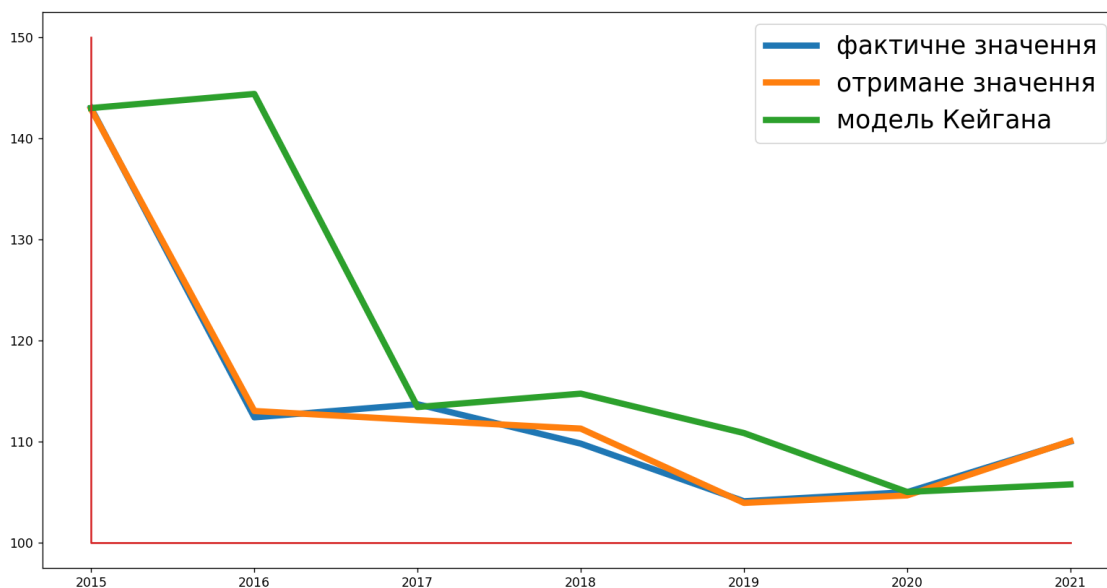


Рис. 6. Порівняльний аналіз реальних та модельованих значень рівня інфляції

Як можна побачити з графіка, модель Кейгана описує явище інфляції не так точно, як наша модель. Не в останню чергу це обумовлено тим, що вона залежить тільки від одного фактора - темпу зростання грошової маси, в той час як наша модель, в даному випадку, залежить від чотирьох факторів. Загалом, наша модель є дуже універсальною, оскільки кількість параметрів може бути довільною, залежно від потреби та бажання користувача.

Тепер змодельуємо процес таргетування на основі отриманої моделі. Станом на 2021 рік НБУ оголосив ціль інфляції - 5%. Як вже було сказано вище, Національний банк встановлює облікову ставку для досягнення цілей щодо інфляції. Тому наше завдання полягає в тому, щоб знайти значення облікової ставки при якому інфляція в 2022 році триматиметься на необхідному рівні. Використовуючи модель (1) знайдемо вигляд моделі облікової ставки в аналітичному вигляді.

$$A_i = (I_i - \alpha_0 - \alpha_2 \times B_i - \alpha_3 \times C_i - \alpha_4 \times D_i - \varepsilon) / \alpha_1, \quad (3)$$

Використовуючи програму, код якої наведено в додатку 1, підставимо значення параметрів, знайдені в попередній моделі, значення інфляції на рівні 5% та значення необхідних економічних показників за 2021 рік.

$$A_i = (105 - 196,89 + 2,22 \times B_i + 0,115 \times C_i + 0,00125 \times D_i) / (-0,92), \quad (4)$$

Отримали значення облікової ставки на рівні 6,198%.

Таким чином, задля отримання рівня інфляції, що буде задовольняти проголошену ціль, Національному банку України буде рекомендовано значення облікової ставки 6,198%

Висновки

Створена економіко-математична модель є адекватною дійсності, що доведено рядом проведених тестів, тому її можна використовувати для моделювання поведінки явища інфляції в Україні а також для обрахування облікової ставки.

Проблема інфляції сьогодні залишається актуальною та важливою темою не лише для України, а й для багатьох інших країн. Незважаючи на величезний арсенал знань і методів контролю, запобігання та зниження інфляції, запозичених у розвинених країн, уряду нашої країни не вдається стабілізувати рівень інфляції в довгостроковій перспективі. Я твердо переконаний, що українська влада повинна зосередити весь свій досвід, навички та зусилля на зміцненні та удосконаленні механізмів ринкової системи та на цілком реалістичних короткострокових та довгострокових цілях та завданнях. На думку багатьох видатних вчених, фінансистів та економістів, Україна залишається однією з країн з дуже сильним і високим інфляційним потенціалом. Неefективність галузевої структури, високий державний борг та великі обсяги кредитів залишаються основними причинами накопичення великої кількості грошей в обігу, що, у свою чергу, призводить до глибшого та серйознішого впливу інфляції на економічну ситуацію в Україні. Лише ефективна та продумана антиінфляційна політика може протистояти негативному стану української економіки, спричиненому такими різкими стрибками інфляції. Слід зазначити, що політична ситуація в нашій державі в цілому, війна з Росією істотно вплинули на економічну сферу України, що спричинило дисбаланс усіх основних макроекономічних та мікроекономічних показників та створює загрозливі прогнози для економіки.

Список використаних джерел

1. Ареф'єва О. В. Особливості дії інфляції та її вплив на економіку України / О. В. Ареф'єва, С. Т. Пілецька, І. М. Мягких. Економічний вісник Донбасу. – 2018. – № 2. – С. 95–101.
2. Рада Національного банку України. Основні засади грошово-кредитної політики на період воєнного стану. Київ - 2022.
3. Гибкіна Н. В. Економетричний аналіз показників інфляції в Україні за даними 2000–2015 років / Н. В. Гибкіна, М. В. Сидоров, О. В. Стороженко // Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія Технічні науки. – 2017. – Вип. 15. – С. 49–55
4. Комар Т. В. Еволюція поглядів на сутність та природу походження інфляції / Т. В. Комар // Вісник Одеського національного університету. Економіка. – 2013. – Т. 18, Вип. 3(2). – С. 42–45
5. Кифяк В. І. Інфляція як визначальний фактор впливу на добробут населення України / В. І. Кифяк, А. М. Бабчук, К. І. Рудько // Економіка та держава. – 2018. – № 1. – С. 86–90.
6. Кульпінський С. Оцінка інфляційних очікувань на фінансовому ринку України / С. Кульпінський // Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право. – 2017. – № 1. – С. 94–104
7. Матусевич К. М. Методологічні питання кількісного і якісного визначення інфляції [Електронний ресурс] / К. М. Матусевич // Актуальні проблеми економіки. – 2012. – № 9. – С. 202–207.
8. Сусіденко Ю. В. Вплив інфляційних процесів на економіку України / Ю. В. Сусіденко // Економічний аналіз зб. наук. праць / Тернопільський національний економічний університет; редкол. В. А. Дерій (голов. ред.) та ін. – Тернопіль Видавничо–поліграфічний центр ТНЕУ “Економічна думка”, 2014. – Том 18. – № 1. – С. 88–92.
9. Рощина Н. В. Особливості інфляційних процесів в Україні / Н. В. Рощина, В. Е. Мельничук, В. І. Нестеренко // Економічний вісник Національного

- технічного університету України "Київський політехнічний інститут". – 2017. – № 14. – С. 61–67
10. Аверкина М. Ф. Моделювання рівня інфляції в Україні [Електронний ресурс] - http://www.dy.nayka.com.ua/pdf/5_2018/3.pdf
 11. Марцин В. С. Деякі підходи до регулювання інфляційних процесів на сучасному етапі розвитку економіки / В. С. Марцин // Економіка розвитку № 1(65). – 2014. – С. 42–48.
 12. Носова О.В. Національна економіка : навчальний посібник [Електронний ресурс] / О.В. Носова, 2013.
 13. Статистичні дані [Електронний ресурс]. Індекси інфляції.
https://bankchart.com.ua/spravochniki/indikatory_rynka/inflation_index
 14. Статистичні дані [Електронний ресурс]. Облікова ставка Національного банку. <https://bank.gov.ua/ua/monetary/stages/archive-rish>
 15. Статистичні дані [Електронний ресурс]. Курс гривні
<https://index.minfin.com.ua/exchange/archive/nbu/>
 16. Статистичні дані [Електронний ресурс]. Динаміка ВВП.
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%B2%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D1%96%D1%88%D0%BD%D1%96%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%BED0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8
 17. Статистичні дані [Електронний ресурс]. Динаміка грошової маси.
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%BE%D1%88%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%BC%D0%B0%D1%81%D0%B0
 18. Навчальний посібник з курсу “Економетрія”
<http://mx.ogasa.org.ua/bitstream/123456789/5155/1/%D0%95%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D1%96%D1%8F.pdf>

Додаток 1. Програмна реалізація моделі

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import math

##### ДОПОМІЖНІ ФУНКЦІЇ #####
def multiply_matrix_and_matrix(a, b):
    a1 = len(a)
    a2 = len(a[0])
    b1 = len(b)
    b2 = len(b[0])
    if(a2 != b1): print("impossible to multiply")
    else:
        res = []
        for i in range(a1):
            line = []
            for j in range(b2):
                aij = 0
                for k in range(a2):
                    aij += a[i][k]*b[k][j]
                line.append(aij)
            res.append(line)
        return res

def multiply_matrix_and_vector(a, b):
    a1 = len(a)
    a2 = len(a[0])
    b1 = len(b)
    if (a2 != b1): print("impossible to multiply")
    else:
        res = []
        for i in range(a1):
            ai = 0
            for k in range(a2):
                ai += a[i][k]*b[k]
            res.append(ai)
        return res
```

```
def invariant_matrix(a):
```

```
    res = np.linalg.inv(a)
```

```
    return res
```

```
def transposed_matrix(a):
```

```
    res = []
```

```
    a1 = len(a)
```

```
    a2 = len(a[0])
```

```
    for i in range(a2):
```

```
        line = []
```

```
        for j in range(a1):
```

```
            line.append(a[j][i])
```

```
        res.append(line)
```

```
    return res
```

```
##### МОДЕЛЬ ІНФЛЯЦІЇ #####
```

```
oblikova_stavka = [12, 26.5909, 17.3333, 13.2222, 17.3125, 16.6875,  
7.375]#облікова ставка 2014 - 2020
```

```
kurs = [11.88, 21.48, 25.55, 26.59, 27.2, 25.84, 26.96]#курс гривні відносно долара  
2014 - 2020
```

```
vvp = [133.5, 91, 93.3, 112.2, 130.8, 153.8, 155.6]#рівень ВВП 2014 - 2020
```

```
m3 = [956.728, 994.026, 1102.7, 1208.859, 1277.635, 1438.311, 1849.688]#грошова  
маса М3 2014 - 2020
```

```
x = []
```

```
for i in range(len(oblikova_stavka)):
```

```
    line = [1, oblikova_stavka[i], kurs[i], vvp[i], m3[i]]
```

```
    x.append(line)
```

```
y=[143, 112.4, 113.7, 109.8, 104.1, 105, 110]#рірень інфляції 2015 - 2021
```

```
m = len(x[0])
```

```
n = len(x)
```

```
a = invariant_matrix(multiply_matrix_and_matrix(transposed_matrix(x), x))
```

```
b = multiply_matrix_and_matrix(a, transposed_matrix(x))
```

```
alpha = multiply_matrix_and_vector(b, y)
```

```
y_res = multiply_matrix_and_vector(x, alpha)
```

```
ox = []
```

```
for i in range(n):
```

```
    ox.append(2015 + i)
```

```
def determination_coefficient(a, a_res):
```

```
    n = len(a)
```

```
    a_middle = 0
```

```
    for i in range(n):
```

```
        a_middle += a[i]
```

```
    a_middle /= n
```

```
    rss = 0
```

```
    for i in range(n):
```

```
        rss += pow(a[i] - a_res[i], 2)
```

```
    tss = 0
```

```
    for i in range(n):
```

```
        tss += pow(a[i] - a_middle, 2)
```

```
    return 1-(rss/tss)
```

```
print("в результаті виконання програми отримали такі значення невідомих параметрів:")
```

```
for i in range(len(alpha)):
```

```
    print('alpha' + str(i) + ' = ' + str(alpha[i]))
```

```
r2 = determination_coefficient(y, y_res)
```

```
print('коефіцієнт детермінації R^2 = ' + str(r2))
```

```
F = (r2 * (n - m) / ((1 - r2)*(m-1)))
```

```
print("фактичне значення F-критерію Фішера = " + str(F))
```

```
print("ступінь вільності k1 = " + str(m - 1))
```

```
print("ступінь вільності k2 = " + str(n - m))
```

```
Ai = [1, 7.375, 27.29, 200, 2071.628]
```

```
I = 0
```

```
for i in range(m):
```

```
    I += Ai[i]*alpha[i]
```

```
print("прогноз інфляції на 2022 (облікова ставка незмінна): " + str(I))
```

```

##### ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ #####
#модель Кейгана
res = [y[0]]
bb = 100
aa = 100
for i in range(len(x) - 1):
    m = (x[i+1][4] - x[i][4]) / x[i][4]
    res.append((m + (y[i]/100 - m) * math.exp(-1*bb/(1 - aa*bb))) * 100)

fg = plt.figure(figsize = (18, 8))
plt.plot(ox, y, linewidth = 5)
plt.plot(ox, y_res, linewidth = 5)
plt.plot(ox, res, linewidth = 5)
plt.plot([2015, 2015, 2021], [150, 100, 100])#oci
plt.xlabel("", fontsize = 15, fontweight="bold")
plt.ylabel("", fontsize = 15, fontweight="bold")
plt.legend(['фактичне значення', 'отримане значення', 'модель Кейгана'], fontsize =
20)
plt.show()

##### ТАРГЕТУВАННЯ #####
I = 105#ціль інфляції
B = 27.29#курс долара 2021
D = 2071.628 #МЗ 2021
C = 200#рівень ВВП 2021
Oblikova_stavka = (I - alpha[0] - alpha[2]*B - alpha[3]*C - alpha[4]*D)/alpha[1]
print('рекомендована облікова ставка = ' + str(Oblikova_stavka))

```