

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-39-20>

УДК 616-036.21+681.518.25

АНАЛІЗ І ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЯ ЗАХВОРЮВАНОСТІ НА COVID-19 В КРАЇНАХ ЄВРОПЕЙСЬКОГО РЕГІОНУ

ANALYSIS AND FORECASTING THE LEVEL OF CORONAVIRUS INCIDENCE IN THE COUNTRIES OF THE EUROPEAN REGION

Гадецька Зоя Митрофанівна

кандидат технічних наук, доцент,

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9994-8488>**Меркотан Марина Віталіївна**

студентка,

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6346-1929>**Gadetska Zoya, Mercotan Marina**

Cherkassy Bogdan Khmelnytsky National University

Стаття присвячена актуальним питанням аналізу і прогнозування рівня захворюваності на COVID-19 в країнах європейського регіону. З 2019 року і по цей час світ зіткнувся з загрозою нового типу, а саме пандемією COVID-19. Пандемія, зумовлена цим вірусом, вже призвела до тисячних людських втрат у всьому світі, тому детальний аналіз рівня захворюваності, дозволить спрогнозувати подальший розвиток хвороби, що в свою чергу дає можливість створити більш ефективні методи боротьби з хворобою. Для аналізу та прогнозування рівня захворюваності на коронавірус, було обрано три країни з різним рівнем розвитку, а саме: Німеччина, Іспанія та Україна. Аналіз проводився за статистичними даними отриманими на інтернет-ресурсу Our World in Data, який присвячений вирішенню глобальних світових проблем. Для прогнозування рівня захворюваності на COVID-19 було обрано модель ARIMA, класу авторегресії інтегрованого ковзкого середнього. Для визначення оптимальних коефіцієнтів ARIMA моделі, було обрано програмні продукти EViews та набір надбудов Microsoft Excel для економетричного аналізу часових рядів. Отриманні результати прогнозування, свідчать про стабільний перебіг коронавірусної хвороби. Про те, отриманні прогнозні значення, на нашу думку, є дещо завищеними, а похибка прогнозу значно збільшувалася з горизонтом прогнозування. Тому даний метод прогнозування, побудований на моделі ARIMA, можна в подальшому рекомендувати для побудови короткотермінових прогнозів рівня захворюваності на COVID-19.

Ключові слова: пандемія, COVID-19, європейський регіон, методи прогнозування, модель ARIMA.

The article is devoted to topical issues of analysis and forecasting of the incidence of COVID-19 in the countries of the European region. From 2019 until now, the world has faced a new type of threat, namely the COVID-19 pandemic. The pandemic caused by this virus has already caused thousands of lives worldwide. Therefore, a detailed analysis of the level of morbidity will predict the further development of the disease, which in turn makes it possible to create more effective methods of combating the disease. The purpose of this article is to analyze and forecast the incidence of COVID-19 in the European region on the basis of available statistics obtained from the Internet resource Our World in Data, which is dedicated to solving global problems. To analysis and forecasting the level of coronavirus incidence, three countries with different levels of development were selected, namely: Germany, Spain and Ukraine. The authors reviewed methods, models and software tools for analysis and prediction of time series of incidence on COVID-19. During the choice of the model, the adaptive linear models of Holt, Box-Jenkins, adaptive seasonal models, autoregressive-moving average with a seasonal component were studied. It has been found that each approach and each method has its advantages, disadvantages and limitations in application. As a result, to forecasting the incidence of COVID-19, the ARIMA model, the autoregressive class of the integrated moving average, was chosen, as this model is quite flexible and allows taking into account seasonal fluctuations. To determine the optimal ARIMA coefficients of the model, Views software products and a set of Microsoft Excel add-ins for econometric analysis of time series were selected. The obtained results of prognosis indicate a stable course of coronavirus disease. But the

obtained forecast values, in our opinion, are somewhat inflated, and the forecast error increased significantly with the forecast horizon. Therefore, this method of forecasting, based on the ARIMA model, can be further recommended for the construction of short-term forecasts of the incidence of COVID-19.

Keywords: pandemic, COVID-19, European region, forecasting methods, ARIMA model.

Постановка проблеми. З 2019 року і по цей час світ зіткнувся з загрозою нового типу, новою пандемією, а саме COVID-19. Спалах захворювання розпочався у грудні 2019 у м. Ухань, Хубей, КНР, та визнаний ВООЗ пандемією 11 березня 2020 року.

Пандемія, зумовлена цим вірусом, вже призвела до тисячних людських втрат у всьому світі, наклала суттєві обмеження на соціально-культурне життя населення і кардинально змінила тренди глобальної економіки, що змушує керівництво країн приймати зважені рішення щодо проводження нових заходів застереження або ж їх скасування. Детальний аналіз рівня захворюваності, дозволить спрогнозувати подальший розвиток хвороби, що в свою чергу дає можливість створити більш ефективні методи боротьби з хворобою. Тому так актуальна тема дослідження, яка присвячена питанням аналізу і прогнозування рівня захворюваності на COVID-19 в країнах європейського регіону.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідники різних спеціальностей – епідеміологи, інфекціоністи, соціологи, математики, економісти та інші фахівці підключилися до вирішення проблеми пандемії COVID-19 і її наслідків. Серед наукових робіт вітчизняних вчених, які досліджували питання аналізу і прогнозування рівня захворюваності на COVID-19, слід відмітити праці Савицького В.Л. та Депутата Ю.М. [1], Павлюка О.М. та Федевича О.Ю. [2], Соловйова С.О. та Дзюблика І.В. [3] та ін.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Опрацювання праць вище вказаних науковців дозволило максимально змістовно підійти до дослідження поставленого наукового завдання, а також виявити питання, що залишаються невирішеними. Зокрема, гостро постає це питання в умовах сьогодення. І для щоб мінімізувати негативний вплив пандемії та своєчасно впливати на рівень захворюваності, зменшувати його, необхідно здійснювати прогнозування кількості хворих на COVID-19.

Формулювання цілей статті. Метою даної статті є проведення аналізу та розробка прогнозу рівня захворюваності на COVID-19 в країнах європейського регіону на підставі наявних статистичних даних.

Виклад основного матеріалу. COVID-19 – інфекційне захворювання, спричинене коронавірусом SARS-CoV-2. Вперше її було виявлено у пацієнтів із важкими респіраторними захворюваннями у грудні 2019 року в місті Ухань, Китай. COVID-19 вражає в основному дихальну систему, у важких випадках викликає важку пневмонію і може призвести до смерті пацієнта. Вірус передається крапельками секрету під час кашлю, чхання і розмови. Це загрожує особам, які перебувають у тісному або тривалому контакті із зараженою людиною. Інфекція передається також через забруднені предмети [4]. Кількість випадків коронавірусу у Європі з початку пандемії 1 січня 2022 року перевищила 100 мільйонів – це більше як третина випадків COVID-19 у світі.

Згідно даних [5] для аналізу та прогнозування рівня захворюваності на коронавірус, було обрано три країни з різним рівнем розвитку, а саме: Німеччина (провідна країна, країна «Великої сімки»), Іспанія (розвинена країна), Україна (країна з перехідною економікою).

На рисунках 1-3 зображено графіки підтверджених випадків на коронавірус за період з 1 лютого 2020 року по 31 травня 2022 року.

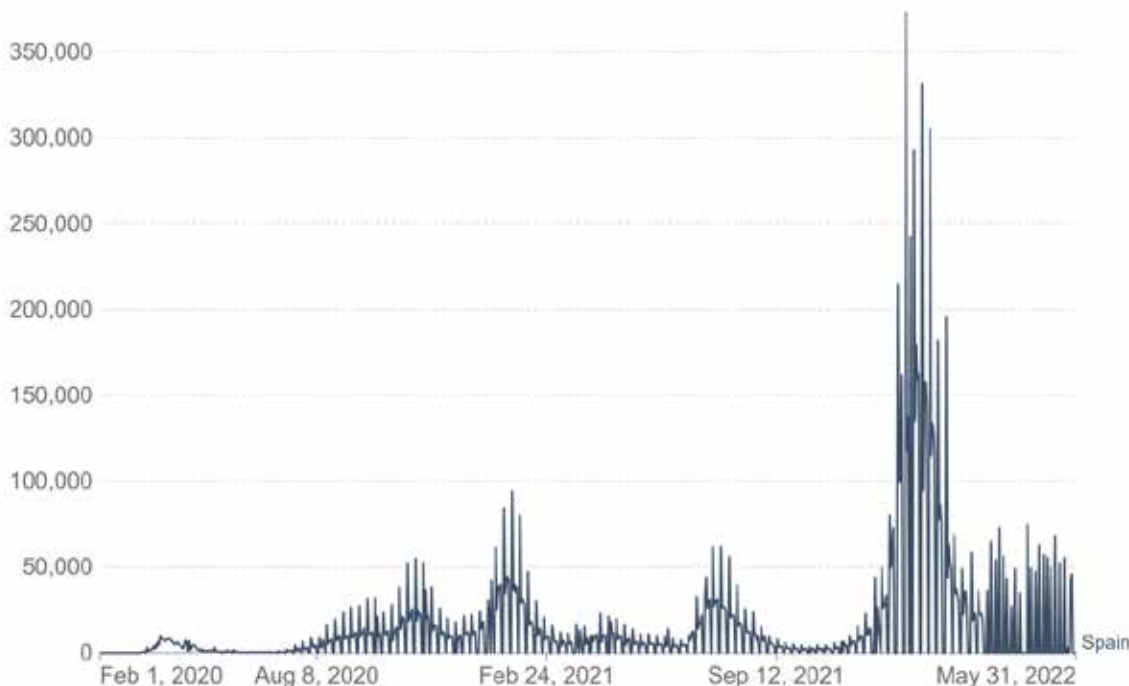
Проаналізувавши рисунок 1, можна сказати, що за весь час в Німеччині спостерігається 6 хвиль захворювань на коронавірус. Варто відзначити, що з кожною хвилею, фіксується все більша кількість захворювань на добу, що може бути пов'язане з мутацією вірусу. Найбільша кількість захворювань на добу, складає 527 487 випадків, що було зафіксовано 31 березня 2022 року. На сьогоднішній день в країні фіксується трохи менша кількість підтверджених випадків COVID-19.

За даними [5], 64,5 млн людей в цій країні пройшли повний курс вакцинації, що складає 77,4% населення країни. Основна кількість населення зробили щеплення влітку 2021 року, а взимку 2021 року почалася вакцинація бустерною дозою.

Проаналізувавши рисунок 2, можна сказати, загалом епідеміологічна ситуація в Іспанії, сильно постраждала на початку пандемії коронавірусу, у країні відбулося декілька хвиль пандемії, найбільші з яких пройшли в грудні-січні 2021–2022 року та у березні-квітні 2022 року. Однак протягом останнього часу ситуація з рівнем захворювання значно покращилася.

Daily new confirmed COVID-19 cases

Due to limited testing, the number of confirmed cases is lower than the true number of infections.



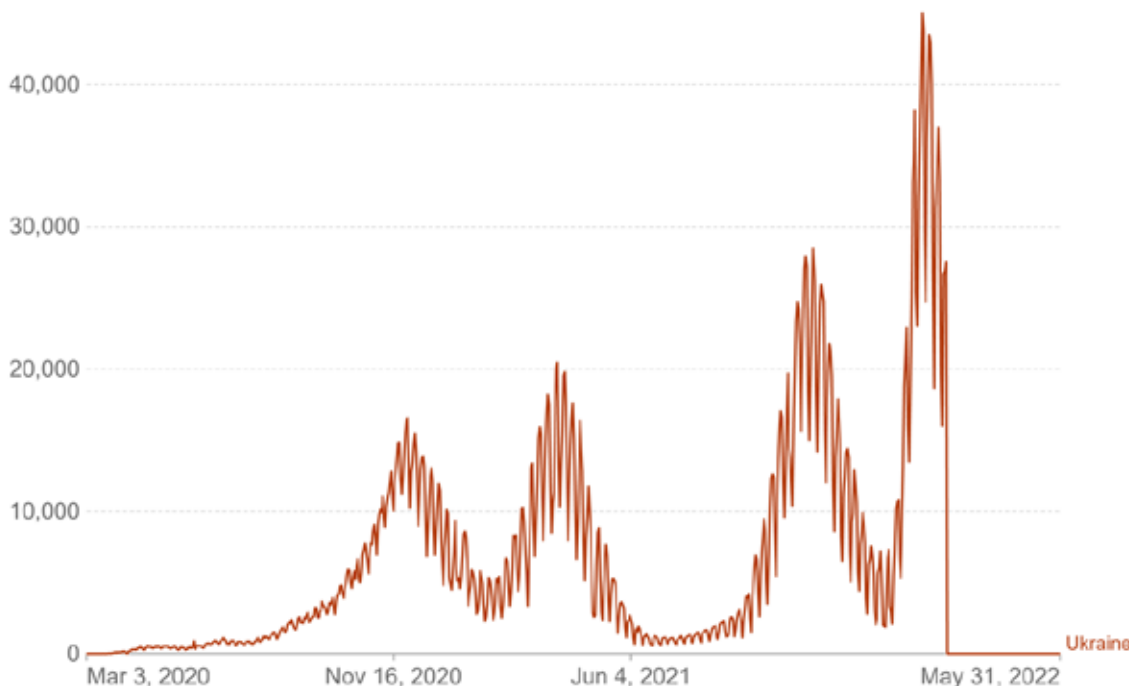
Source: Johns Hopkins University CSSE COVID-19 Data

CC BY

Рис. 1. Кількість підтверджених випадків на коронавірус у Німеччині по днях
Джерело: [5]

Daily new confirmed COVID-19 cases

Due to limited testing, the number of confirmed cases is lower than the true number of infections.



Source: Johns Hopkins University CSSE COVID-19 Data

CC BY

Рис. 2 Кількість підтверджених випадків на коронавірус у Іспанії по днях
Джерело: [5]

щала, завдяки цьому влада країни навіть скасувала низку обмежень, у тих хто заразився вірусом Sars-CoV-2 і у кого не виявилися симптоми захворювання, а якщо і проявилися, то в легкій формі, змогли продовжувати вести звичайний спосіб життя, і дотримання режиму домашньої ізоляції не буде для нього обов'язковим. Тільки на тих, хто перебував у групі ризику, як і раніше, поширюватимуться колишні вимоги. До таких відносяться громадяни віком від 60 років, люди з ослабленим імунітетом, а також вагітні жінки та медичні працівники [6].

За даними [5], 40,5 млн людей пройшли повний курс вакцинації, що складає 85,4% населення всієї країни, 52,6% населення отримали бустерну дозу вакцини, даний показник вакцинації, є одним з найбільшим, серед усіх країн світу.

Проаналізувавши рисунок 3, можна сказати, що перший випадок коронавірусної хвороби в Україні був зафіксований 3 березня 2020 року в Чернівцях. 13 березня було зафіксовано перший летальний випадок внаслідок коронавірусної інфекції. За весь час пандемії в країні лише на початку епідемії був оголо-

шений всеукраїнський карантин, який тривав з березня по квітень 2020 року. В листопаді 2020 року влада України запроваджувала короточасний «карантин вихідного дня» [7].

Велика кількість захворювань в країні фіксується в грудні 2020 року, в квітні та жовтні 2021 року та лютому 2022 року (найбільша кількість за весь час пандемії – 4 лютого 2022 року). За даними [5] в Україні 15,2 млн населення пройшли повну вакцинацію, що складає 34,3% населення країни, а бустерну дозу вакцини отримали лише 1,7%.

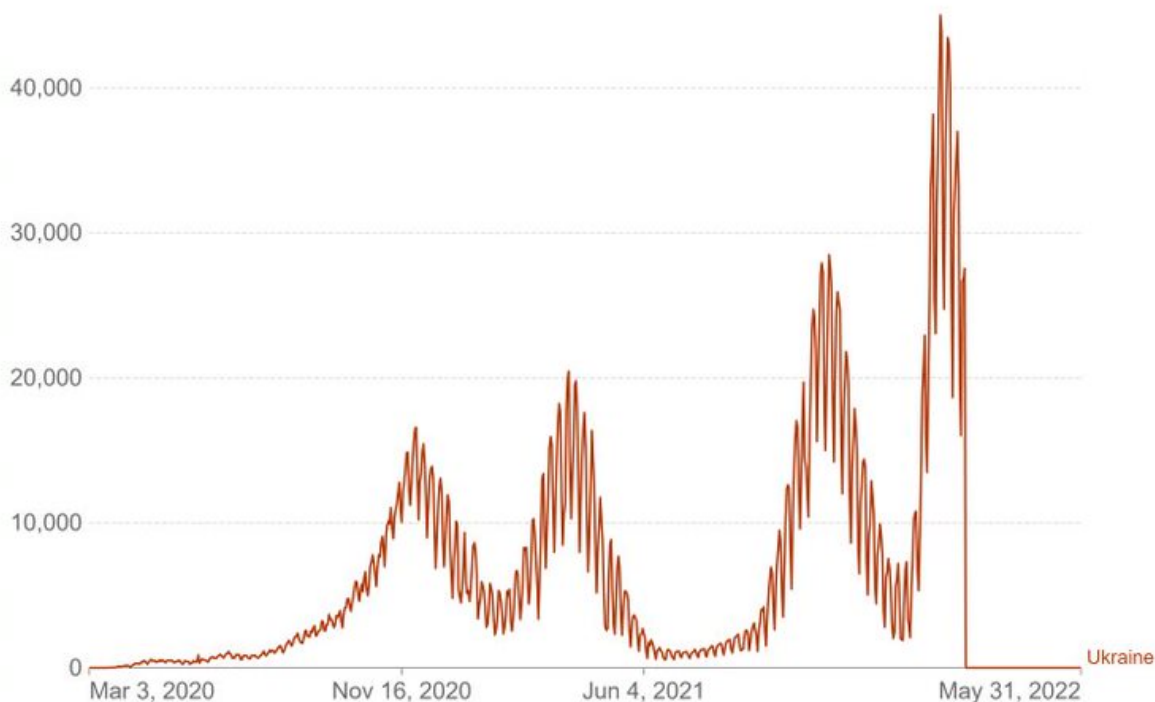
На даний момент, в зв'язку з війною в країні, немає точних даних щодо кількості захворювань. Міністр охорони здоров'я Віктор Ляшко розповів, що на початку війни, перший тиждень, реєструвалось близько 4 тисячі випадків на добу. Потім спад відбувся до 2,5 тисяч випадків. Однак статистика є не точною, оскільки на деяких територіях ведуться бойові дії, а деякі знаходяться в окупації [8].

Порівнюємо рівень захворювання на коронавірус в розглянутих раніше країнах разом, при цьому, враховуючи різну кількість та щільність населення у країнах, оберемо показник у відношенні кількість підтверджених випад-

Daily new confirmed COVID-19 cases

Due to limited testing, the number of confirmed cases is lower than the true number of infections.

Our World
in Data



Source: Johns Hopkins University CSSE COVID-19 Data

CC BY

Рис. 3. Кількість підтверджених випадків на коронавірус в Україні по днях

Джерело: [5]

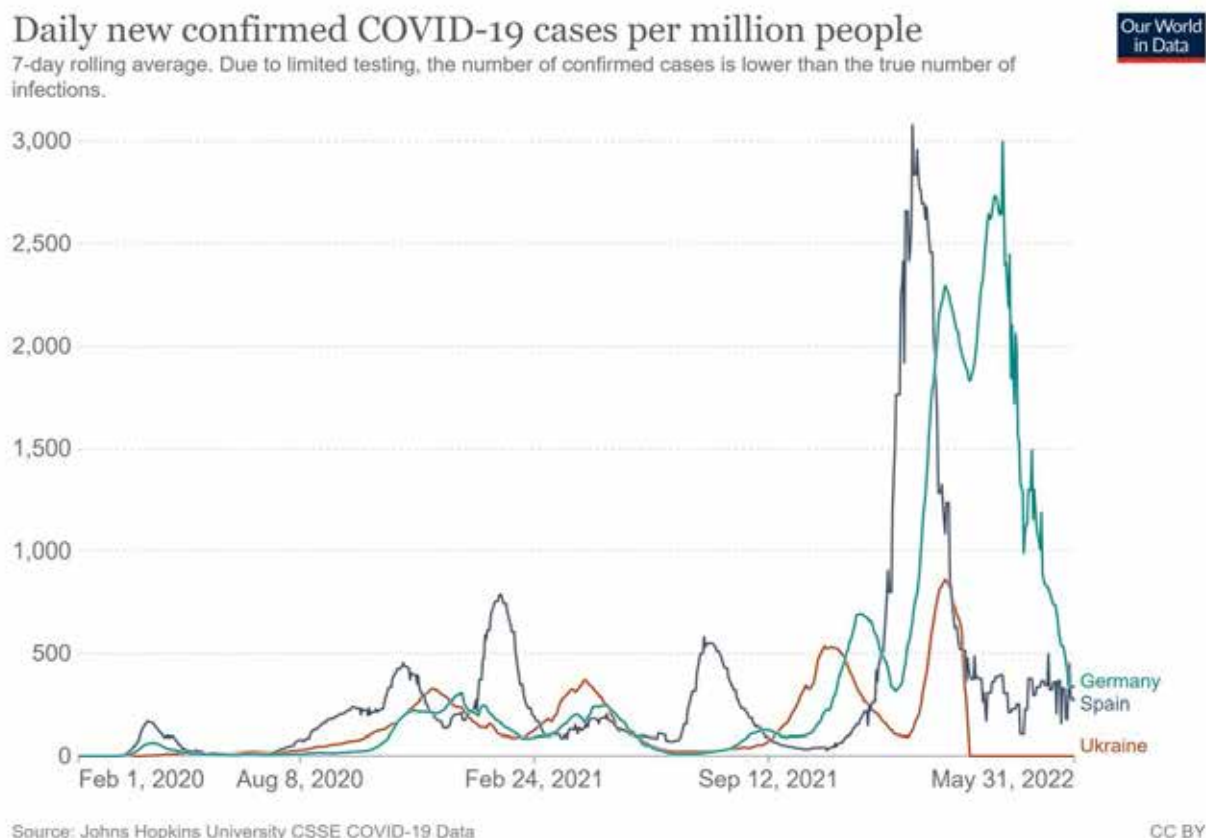


Рис. 4. Кількість підтверджених випадків COVID-19 на мільйон людей в країнах Німеччини, Іспанії та України

Джерело: [5]

ків на мільйон населення, інтервал – 7-денне ковзне середнє.

З рисунку 4 можемо зробити висновок, що незважаючи, на малий, в порівнянні з Іспанією та Німеччиною, показник рівня розвитку хвороби в Україні, в країні фіксується набагато менша кількість захворювання на COVID-19.

З рисунку 5, можемо зробити висновок, що не зважаючи на менші показники, щодо захворювання на коронавірус в Україні, ніж в Іспанії та Німеччині, в країні фіксується велика смертність від COVID-19. Станом на середину жовтня 2021 року Україна посідала друге місце за рівнем смертності від COVID-19 серед країн Європи, що може бути наслідком малої кількості вакцинації або ж недостатнього рівня розвитку медицини.

Авторами було проведено огляд методів, моделей та програмних засобів для аналізу та прогнозування часових рядів захворюваності на COVID-19, а саме адаптивних лінійних моделей Хольта, Бокса-Дженкінса, адаптивних сезонних моделей, авторегресії-ковзкого середнього з присутньою сезонною складовою та без неї.

Короткий огляд підходів і економіко-математичних методів прогнозування рівня захворювань хвороб, зокрема COVID-19, дозволяє зробити висновки, що не існує жодного універсального, задовольняючого всім вимогам, методу прогнозування. Дослідження показало, що кожний підхід і кожний метод мають свої переваги, недоліки та обмеження у застосуванні.

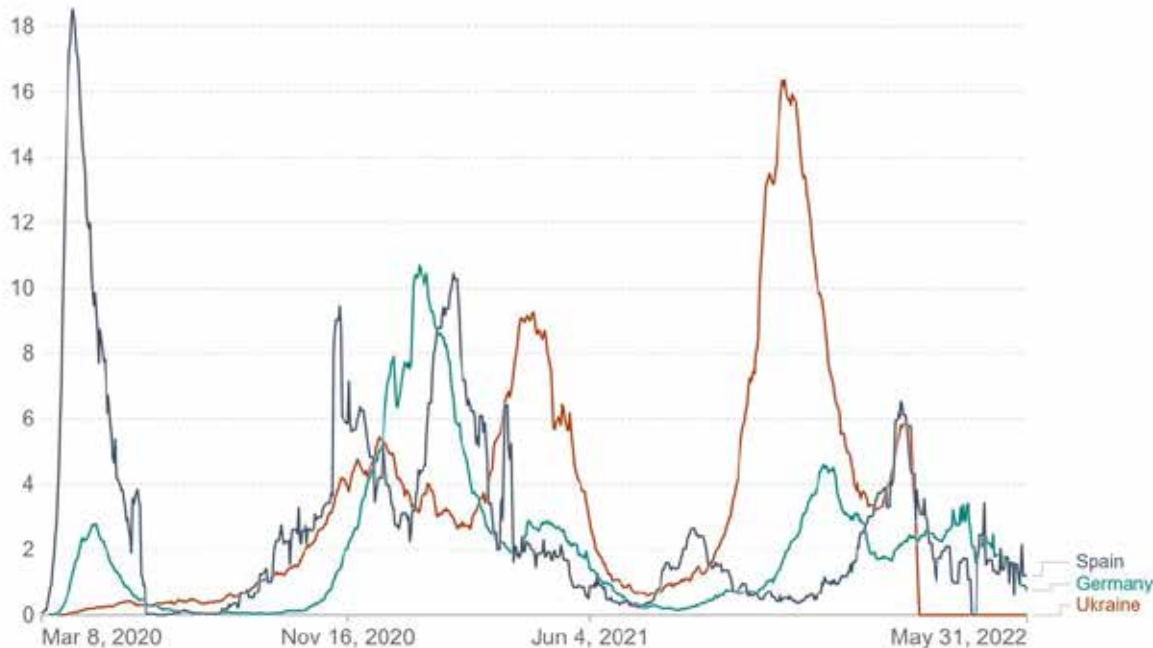
Варто відзначити, що ці методи базуються або на кореляційно-регресійних моделях, або на трендах, для представлення яких обираються найбільш відповідні екстраполяційні залежності.

Для подальшого прогнозування рівня захворюваності на COVID-19, було обрано модель ARIMA, класу авторегресії інтегрованого ковзкого середнього, оскільки дана модель досить гнучка і описує широкий спектр несезонних процесів, а також в моделі враховується наявності сезонних коливань.

Для визначення оптимальних коефіцієнтів ARIMA моделі, було обрано програмний продукт EViews. Це статистичний пакет для Windows, який використовується в основному для орієнтованого на часові ряди економе-

Daily new confirmed COVID-19 deaths per million people

7-day rolling average. Due to varying protocols and challenges in the attribution of the cause of death, the number of confirmed deaths may not accurately represent the true number of deaths caused by COVID-19.



Source: Johns Hopkins University CSSE COVID-19 Data

CC BY

Рис. 5. Кількість підтверджених випадків смертей від COVID-19 на мільйон людей в країнах Німеччини, Іспанії та України

Джерело: [5]

тричного аналізу. Пакет розроблений компанією Quantitative Micro Software.

Для побудови власної моделі ARIMA, було обрано програмне забезпечення NumXL. Це набір надбудов Microsoft Excel для економетричного аналізу часових рядів. NumXL легко інтегрується з Excel, додаючи безліч економетричних функцій, має багатий набір ярликів та інтуїтивно зрозумілий користувацький інтерфейс.

Для проведення дослідження було використано дані загальної кількості захворювання населення на COVID-19 в країнах Німеччини, Іспанії, України, за період з 22 січня 2020 року по 31 травня 2022 року [5]. На основі вхідних даних розроблено прогноз на червень-липень 2022 року.

На жаль, через війну в Україні, що почалася з 24 лютого 2022 року, повні статистичні дані про захворюваність на COVID-19 в країні після цього періоду відсутні, а дані, що вказані на сайті Міністерства фінансів [9], не повністю відображають реальний стан захворюваності в країні, оскільки зменшилась кількість населення внаслідок переміщення та виїзду за кордон, також суттєво зменшилась і кількість тес-

тувань. У зв'язку з цими обставинами прогноз рівня захворюваності на COVID-19 для України не розроблявся. В роботі розроблені прогнози рівня захворюваності для Німеччини та Іспанії.

Оскільки, отриманні часові ряди нестационарні, а дані про кількість захворювань за початковий період розвитку інфекції не репрезентативні, було вирішено, для прогнозу, обрати дані з початку грудня 2021 року (в деяких країнах з січня 2022), тому що, саме з цього періоду, в обраних країнах починається нова хвиля захворюваності на коронавірус.

Таким чином, був отриманий в спочатку прогноз подальшого рівня захворюваності на коронавірус в Німеччині. Для цього було взято дані за період 1 січня 2022 року [5]. Для побудови моделі було проведено тест перевірки часового ряду на стаціонарність – розширений тест Дікі-Фулера. Прогноз на основі побудованої ARIMA (2, 2, 11) моделі, зображено на рисунку 6. Варто зазначити, що з горизонтом прогнозу, значно збільшується похибка прогнозу.

Виконавши аналогічні дії, розроблено прогноз розвитку хвороби в Іспанії. Для цього обрано вихідні дані починаючи з 1 грудня 2021 року. Прогноз захворюваності на основі

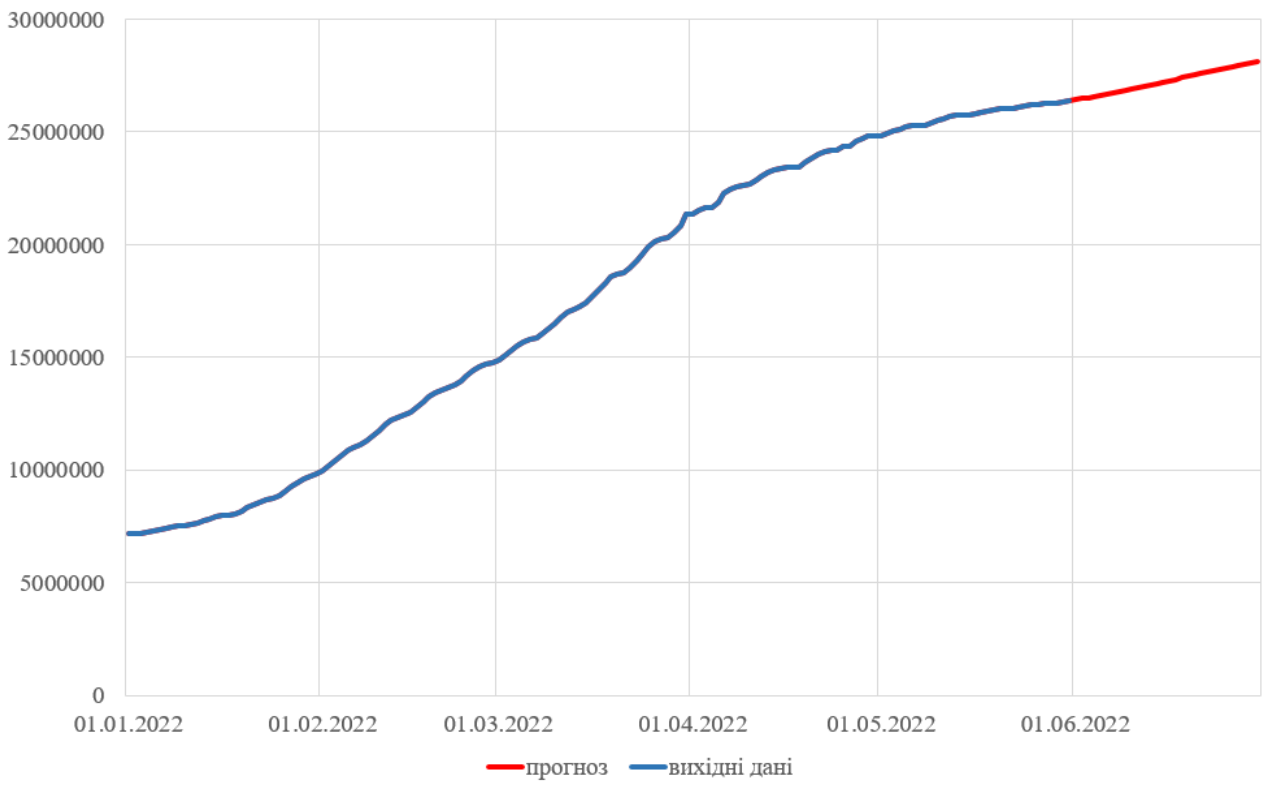


Рис. 6. Прогнозування рівня захворюваності на коронавірус у Німеччині

побудованої ARIMA (5, 2, 11) моделі для Іспанії, зображено на рисунку 7.

З рисунку 7 можна зробити висновок, що за період з грудня 2021 року, тобто за 5 місяців

кількість захворювань на коронавірус зростає вдвічі, однак вже через декілька місяців, ситуація в країні покращилася, захворюваність пішла на спад. За побудованим прогнозом,

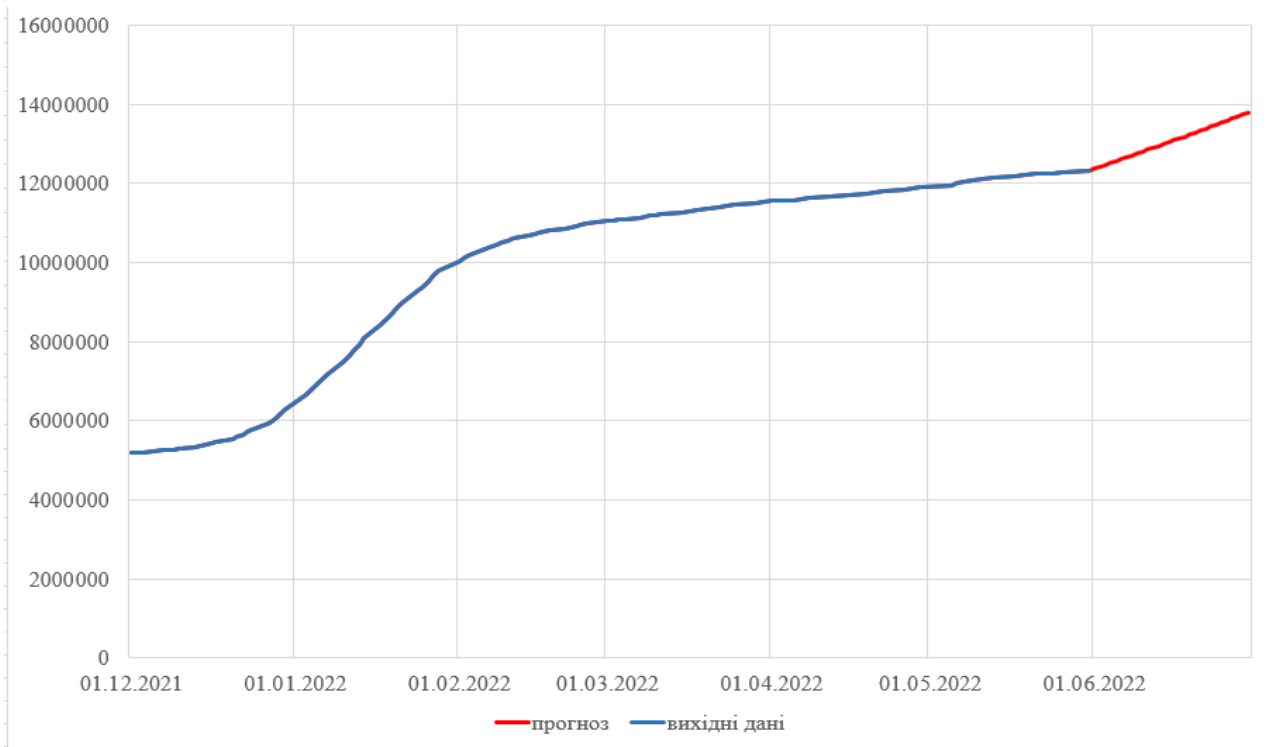


Рис. 7. Прогноз рівня захворюваності у Іспанії

протягом прогнозованого періоду в Іспанії очікується збільшення до 13,7 млн хворих.

Побудова прогнозу подальшого розповсюдження хвороби COVID-19 є важкою задачею для прогнозування, оскільки за таких динамічних змін та відсутності повних даних, неможливо передбачити зміни, які чекають на нас вже завтра.

Висновки. Проведене дослідження кількості захворювань на COVID-19 у ряді європейських країн показало, що рівень соціально-економічного розвитку країни не значно впливає на рівень захворюваності у країнах, але це дуже впливає на рівень смертності від COVID-19. Адже в більш розвинених країнах, більш результативна та ефективна медична допомога, що дозволяє врятувати значно більшу кількість хворих з важким перебігом хвороби.

Ще одним важливим фактором, що впливає на рівень захворювання, є рівень вак-

цинації населення, та її відсоток у країні. У розвинених країнах фіксувалося значно більша кількість вакцинованих, ніж в країнах з перехідною економікою. Із подальшим перебігом пандемії дедалі виразнішим стає взаємозв'язок між кампанією вакцинації та смертністю від COVID-19. Смертність від COVID-19 є найвищою у країнах з низьким рівнем вакцинації.

Отриманні результати прогнозування, свідчать про стабільний перебіг коронавірусної хвороби протягом червня-липня 2022. Проте, отриманні прогнозні значення, на нашу думку, є дещо завищеними, а похибка прогнозу значно збільшувалася з горизонтом прогнозування. Тому даний метод прогнозування, побудований на моделі ARIMA, можна в подальшому рекомендувати для побудови короткотермінових прогнозів рівня захворюваності на COVID-19.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Савицький В.Л., Депутат Ю.М., Антомонов М.Ю., Іванько О.М., Моргун С.О., Доброштан Д.І. Розробка математичної моделі для прогнозу захворюваності на COVID-19 у збройних силах України. *Інфекційні хвороби*. 2021. № 1(103). С. 23–31. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=7127> (дата звернення: 10.06.2022).
2. Павлюк О.М., Федевич О.Ю., Стронціцька А.-О.А. Прогнозування кількості хворих на COVID-19 у Львівській області. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2020. № 3. С. 57–64. URL: <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/2501> (дата звернення: 10.06.2022).
3. Соловійов С.О., Дзюбли І.В., Мінце О.П. Прогностична модель епідемічного процесу коронавірусної інфекції COVID-19 в Україні *Медична інформатика та інженерія*. 2020. № 2. С. 70–78. URL: <https://ojs.tdmu.edu.ua/index.php/here/article/view/11176/10719> (дата звернення: 10.06.2022). DOI: 10.11603/mie.1996-1960.2020.2.11176.
4. Що таке COVID-19? URL: <https://korona.gov.sk/uk/shcho-take-covid-19> (дата звернення: 10.06.2022).
5. Статистика підтверджених випадків коронавірусу по днях. URL: <https://ourworldindata.org/coronavirus-data> (дата звернення: 10.06.2022).
6. В Іспанії COVID-19 прирівняли до захворювання на кшталт грипу. URL: <https://www.dw.com> (дата звернення: 10.06.2022).
7. Статистика коронавірусу в Україні від 2020 року. URL: <https://coronavirus.rbc.ua> (дата звернення: 10.06.2022).
8. Чи подолала Україна COVID-19: Ляшко розповів про пандемію коронавірусу та вакцинацію українців. URL: <https://mig.com.ua/chi-podolala-ukraina-covid-19-ljashko-rozpoviv-pro-pandemiju-koronavirusu-ta-vakcinaciju-ukrainciv> (дата звернення: 10.06.2022).
9. Коронавірус в Україні. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/reference/coronavirus/ukraine/> (дата звернення: 10.06.2022).

REFERENCES:

1. Savitsky V.L., Deputy Y.M., Antomonov M.Yu., Ivanko O.M., Morgun S.O., Dobroshtan D.I. (2021) Rozrobka matematychnoi modeli dlia prohozu zakhvoriuvanosti na COVID-19 u zbroinykh sylakh Ukrainy [Development of a mathematical model for the prediction of the incidence of COVID-19 in the Armed Forces of Ukraine]. *Infektsiini khvoroby*, no. 1(103). Available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=7127> (accessed 10 June 2022).
2. Pavlyuk O.M., Fedevich O. Yu., Strontsiyska A.-O. (2020) Prohnozuvannia kilkosti khvorykh na COVID-19 u Lvivskii oblasti [Forecasting the number of patients with COVID-19 in Lviv region]. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu*, no. 3. Available at: <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/2501> (accessed 10 June 2022).

3. Solovyov S.O., Dzyublik I.V., Mintser O.P. (2020) Prohnostychna model epidemichnoho protsesu koronavirusnoi infektsii COVID-19 v Ukraini [Prognostic model of the epidemic process of coronavirus infection COVID-19 in Ukraine]. *Medychna informatyka ta inzheneriia*, no. 2. Available at: <https://ojs.tdmu.edu.ua/index.php/here/article/view/11176/10719> (accessed 10 June 2022).

4. Shcho take COVID-19? [What is COVID-19?]. Available at: <https://korona.gov.sk/uk/shcho-take-covid-19> (accessed 10 June 2022).

5. Statystyka pidtverdzhennykh vyypadkiv koronavirusu po dniakh [Statistics of confirmed cases of coronavirus by days]. Available at: <https://ourworldindata.org/coronavirus-data> (accessed 10 June 2022).

6. Ispanii COVID-19 pryivnialy do zakhvoriuvannia na kshtalt hrypu [In Spain, COVID-19 has been equated with influenza-like illness]. Available at: <https://www.dw.com> (accessed 10 June 2022).

7. Statystyka koronavirusu v Ukraini vid 2020 roku [Statistics of coronavirus in Ukraine from 2020]. Available at: <https://coronavirus.rbc.ua> (accessed 10 June 2022).

8. Chy podolala Ukraina COVID-19: Liashko rozpoviv pro pandemiu koronavirusu ta vaktsynatsiiu ukraintsv [Has Ukraine overcome COVID-19: Lyashko spoke about the coronavirus pandemic and vaccination of Ukrainians]. Available at: <https://mig.com.ua/chi-podolala-ukraina-covid-19-ljashko-rozpoviv-pro-pandemiju-koronavirusu-ta-vakcinaciju-ukraintsv> (accessed 10 June 2022).

9. Koronavirus v Ukraini [Coronavirus in Ukraine]. Available at: <https://index.minfin.com.ua/ua/reference/coronavirus/ukraine/> (accessed 10 June 2022).