

О. М. Павлюк<sup>1</sup>  
 О. Ю. Федевич<sup>1</sup>  
 А.-О. А. Стронціцька<sup>1</sup>

## ПРОГНОЗУВАННЯ КІЛЬКОСТІ ХВОРИХ НА COVID-19 У ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

<sup>1</sup>Національний університет «Львівська політехніка»

*Досліджено динаміку кількості нових виявлених хворих на коронавірус у Львівській області. Для цього зібрано статистичні дані з офіційного сайту моніторингу ситуації з кількістю госпіталізованих осіб з підозрою та підтвердженими випадками захворювання, а також тих, що одужали і померли від COVID-19 в Україні. Встановлено залежність зростання кількості хворих від послаблення карантинних обмежень.*

*Розглянуто існуючі публікації по прогнозуванню розповсюдження COVID-19 в Україні. У цих роботах автори використовували методи інтелектуального аналізу даних, штучних нейронних мереж, експоненціального прогнозу, подібностей, кореляційного і регресійного аналізу. Особливу увагу приділено прикладу використання нейромережі типу Back Propagation для короткострокового прогнозування захворювання на COVID-19 в Україні. Також розглянуто методи технічного аналізу часових рядів на основі базових індикаторів: «zigzag» та «supertrend» для прогнозування кількості хворих у Львівській області.*

*Застосовано неітераційну нейронну мережу радіальних базисних функцій з додатковими латеральними зв'язками між нейронами прихованого прошарку для здійснення прогнозування кількості виявлених хворих на коронавірус у Львівській області. Передбачення здійснювали з випередженням у один день. Для середньострокового прогнозування із випередженням у два тижні використовували метод «ковзного вікна». На основі цих прогнозів розраховано щоденну кількість виявлених хворих. Здійснено також передбачення на один день та прогноз на 14 днів кількості тих, що одужали та померли.*

*За результатами прогнозів розроблені рекомендації щодо доцільності введення у Львівській області наступного етапу послаблення карантину. Зважаючи на результати середньострокових прогнозів, у Львівській області не рекомендовано 29 травня вводити наступний етап послаблення карантину. Також розраховано необхідну нову кількість ліжкомісць, якою повинні бути забезпечені опорні лікарні.*

**Ключові слова:** COVID-19, Львівська область, кількість хворих, коронавірус, неітераційні ШНМ, РБФ ШНМ, прогноз.

### Вступ

Питання, пов'язані з пандемією коронавірусу, останнім часом стали основними у цілому світі. Від її поширення та збільшення чи навпаки зменшення кількості хворих залежить економіка всіх держав світу, зокрема, і України. Пандемія також впливає і на суспільство. Для того, щоб мінімізувати негативний вплив пандемії і покращити методи з її усунення, необхідно здійснювати прогнози кількості хворих на COVID-19 та тих, що одужали чи померли. Для цього застосовують різноманітні методи. Важливе місце серед них посідають штучні нейронні мережі (ШНМ). Перші спроби використання ШНМ для прогнозування кількості хворих на COVID-19 в Україні були здійснені центром даних з геоінформатики та сталого розвитку, проте використана нейромережа Back Propagation хоч і є найпоширенішою, але має низку недоліків. Найбільшим її недоліком є те, що в процесі навчання нейромережа повільно сходиться до мінімальної помилки, а це негативно впливає на час навчання. Таку ШНМ важко використовувати в режимі реального часу з наперед заданою високою точністю навчання.

У статті для коротко- та середньострокового прогнозів кількості хворих на COVID-19 у Львівській області використано неітераційну нейронну мережу радіальних базисних функцій (РБФ ШНМ) з додатковими латеральними зв'язками між нейронами прихованого прошарку. Основними перевагами цієї нейромережі є менший час навчання, у порівнянні з іншими нейромережами і задовільна точність навчання.

*Метою роботи* є розроблення методу прогнозування кількості хворих та осіб, що одужали та померли від COVID-19 у Львівській області із застосуванням апарату неітераційних ШНМ. Згідно з отриманими результатами розроблено рекомендації щодо подальшої доцільності послаблення карантину.

### Дослідження динаміки нових виявлених хворих на COVID-19 по Львівській області

Перший випадок офіційно підтвердженого захворювання на COVID-19 у Львівській області зафіксували 20 березня 2020 року. Ним став мешканець Львова, 1961 р. н., який 13 березня повернувся з Німеччини. Не маючи жодних симптомів, але будучи медичним працівником за освітою, він вирішив перевіритися. Тести одразу здав у дві лабораторії: у Львові та Києві, обидва тести виявилися позитивними. Перебувши чотирнадцятиденний термін вдома на самоізоляції, цей пацієнт не став нульовим пацієнтом у м. Львові, оскільки видужав і ніхто з його оточення не захворів. Другою хворою була 50-річна жінка зі Львова, яка повернулася з Австрії, і 26 березня вона видужала. У цей ж день коронавірус діагностували у 57-річного чоловіка, який нещодавно повернувся з Італії. 28 березня виявили ще два хворих на COVID-19 у Львівській області. Далі кількість хворих почала стрімко рости. Станом на 11 квітня кількість хворих перевищила 100 чоловік. Поріг у 200 хворих перейшла Львівська область 16 квітня, у 500 хворих — 3 травня, у 1000 хворих — 16 травня (рис. 1). Дані взято з офіційного сайту моніторингу ситуації по кількості госпіталізованих осіб з підозрою та підтвердженими випадками захворювання на COVID-19 в Україні [1].

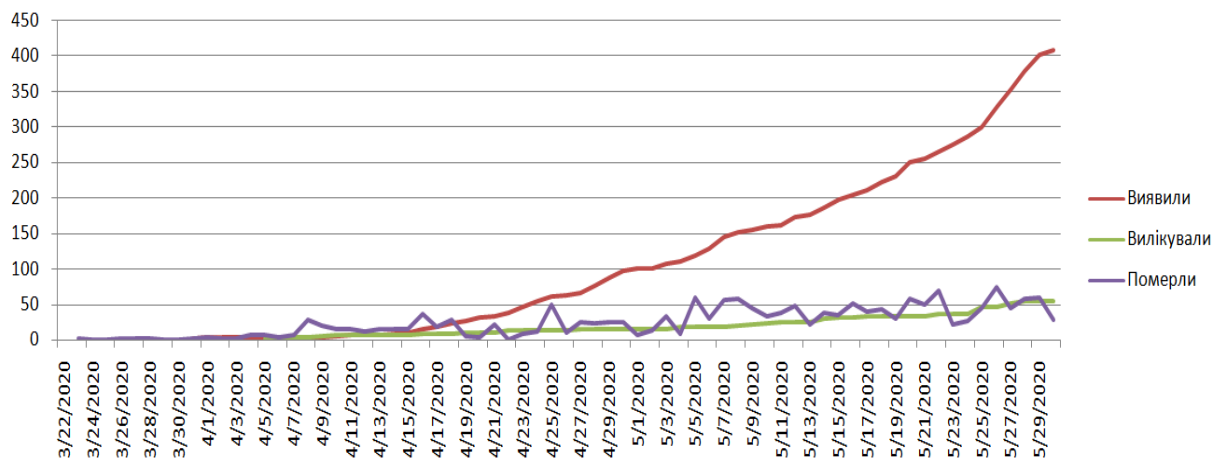


Рис. 1. Кількість виявлених за день осіб, що одужали та померли від коронавірусу у Львівській області

Перший етап послаблення карантинних обмежень у Львові та довколишніх районах ввели 11 травня. Згідно з його умовами мешканцям стали доступні салони краси та відкриті місця відпочинку. Відновили роботу нотаріуси, адвокати, психологи. Стало дозволено відвідувати кінотеатри для перегляду фільмів з автомобілів, стоматологічні клініки, і бібліотеки з обмеженнями на кількість відвідувачів. Відкрили для відвідувачів лише музеї під відкритим небом, а саме Шевченківський гай і Територію терору. Відновили роботу літні майданчики, кафе і магазини у ТРЦ. Розпочали свою роботу центри МВС з надання сервісних послуг. Дозволили журналістам проводити репортажі на вулицях, у місцях роботи представників державної влади, продовжили кінозйомки та щоденні тренувальні театральні та циркові заняття. Крім того, було дозволено організовувати групові заняття професійних спортсменів на спеціально виділених спортмайданчиках; дозволили відновити роботу дитячих майданчиків. З 14 травня запрацювали ринки непродовольчого типу, у центрах надання адміністративних послуг дозволили подавати термінові документи. Центри надання віз відкрили з 15 травня. Дозволили працювати продовольчим ринкам, а також взуттєвим магазинам, за умови, що двері в них відкриваються прямо на вулицю. Через три дні відновили свою роботу ті магазини, які знаходяться в торгових центрах та поліклініки для амбулаторних хворих. Починаючи з 22 травня, в усіх лікарнях області дозволено проводити госпіталізацію хворих. З 6 квітня громадський транспорт почав працювати у режимі спецперевезень лише для працівників галузей, що забезпечують життєдіяльність міста, тобто, медиків та тих, хто забезпечує містян продуктами, працює у банківських установах, комунальників, соціальних працівників та держслужбовців [2].

Як впливає з графіка, показаного на рис. 1, збільшення кількості виявлених хворих на Covid-19 у Львівській області корелює з послабленням карантину. Це цілком закономірно. Оскільки з послабленням карантинних обмежень мешканці Львівської області, які працювали дистанційно, почали частіше і на дальшу відстань виходити з дому, тим самим збільшувати кількість контактних осіб. Деякі з них можуть бути носіями коронавірусу, навіть не підозрюючи про це, оскільки не мають явно виражених симптомів. Інколи коронавірус проходить безсимптомно у однієї людини, але вона встигає ним заразити до 400 осіб.

Згідно з інформацією заступника директора департаменту охорони здоров'я Львівської обласної державної адміністрації Андрія Васька, пік захворюваності на COVID-19 у Львівській області прогнозують до перших чисел червня 2020 року [3]. За його словами, збільшення виявлених випадків зараження зумовлене кількома причинами. Перша — це визначення груп, у яких проводять ПЛР-діагностику, тобто у тих, що мають виражені симптоми захворювання. Друга — послаблення карантинних обмежень.

Зважаючи на це, у Львові подальше послаблення карантину планують розпочати не раніше, ніж з 29 травня. До того часу не працюватимуть дитячі садочки і громадський транспорт, що значно зменшить контакти мешканців Львова і прилеглих районів. Попри те, карантин у Львівській області матиме адаптивний характер. Крім того, ще з 13 травня Кабінет міністрів України дав дозвіл на пересування у групах до 8 людей, за виключенням службової необхідності чи супроводу дитини. На різного роду літніх майданчиках може сидіти разом до 4 осіб, не беручи до уваги дітей до 14 років. Ці правила у Львові залишилися чинними. Також необхідно дотримуватися відстані 1,5 м між людьми, постійно дезінфікувати руки та використовувати засоби індивідуального захисту.

Навчальні заклади дозволили відвідувати лише їхнім працівникам. Дали дозвіл працювати установам, що надають паліативну допомогу чи соціальні послуги, виконують функції соціального захисту.

### **Огляд проведених досліджень з прогнозування розповсюдження COVID-19 в Україні**

Для здійснення прогнозування розповсюдження COVID-19 в Україні застосовують такі методи: інтелектуального аналізу даних; штучних нейронних мереж; експоненціального прогнозування; подібності в математичному моделюванні; кореляційного аналізу; регресійного аналізу. Світовим центром даних «Геоінформатики і сталого розвитку» при КПІ ім. Ігоря Сікорського, розроблено модель для довгострокового прогнозу та розрахунку розповсюдження вірусу SARS-CoV-2 в Україні. В її основу покладено інтелектуальний аналіз, принцип подібності в математичному моделюванні та регресійний і кореляційний аналізи [4]. За їх допомогою також здійснено прогнозування кількості хворих COVID-19 на кожен день в Україні з використанням класичної експоненціальної моделі [5]. Довгостроковий прогноз завершення пандемії для 87 країн, разом з тим і України змодельувала група вчених із Сінгапурського університету технологій та дизайну сумісно з лабораторією Data-Driven Development Lab [6]. Під час прогнозування створена SIR-модель, яка враховувала дані про інфікованих осіб і тих, що одужали, в окремих часових проміжках та інтенсивність контактів між людьми. В основу SIR-моделі покладено диференціальні рівняння та стохастичні моделі.

Світовий центр даних «Геоінформатики і сталого розвитку» 01.05.2020р. опублікував свої перші спроби використання ШНМ для короткострокового прогнозу розповсюдження COVID-19 в Україні та м. Києві у середній фазі розвитку пандемії [5]. Ці прогнози здійснені для часового горизонту, що не перевищував один тиждень. Для цього застосували багатошарову нейронну мережу типу Back Propagation (зворотного поширення похибки) для прогнозування захворювання на COVID-19. На її входи подавали поточне і попереднє значення кількості інфікованих з лагом -1. Для навчання нейронної мережі використовували «ковзне вікно», з шістьох точок даних. Середня абсолютна похибка у відсотках виконаного прогнозу складала 2,215 %. Також для короткострокового прогнозу кількості інфікованих коронавірусом на часовому відрізку 01.05.20— 06.05.20 використано штучну нейронну мережу з нейронами типу SigmPL (Sigmoid Piecewise Linear). Похибка тестування моделі склала 0,86 % (рис. 2а).

Для прогнозування кількості виявлених хворих за день у Львівській області використано методи технічного аналізу часових рядів на основі базових індикаторів [7], зокрема, «zigzag» та «supertrend» (див. рис. 2б). З рисунку можна зробити висновки, що у Львівській області є стійкий зростаючий тренд кількості нових виявлених хворих за день протягом останніх 10 днів.

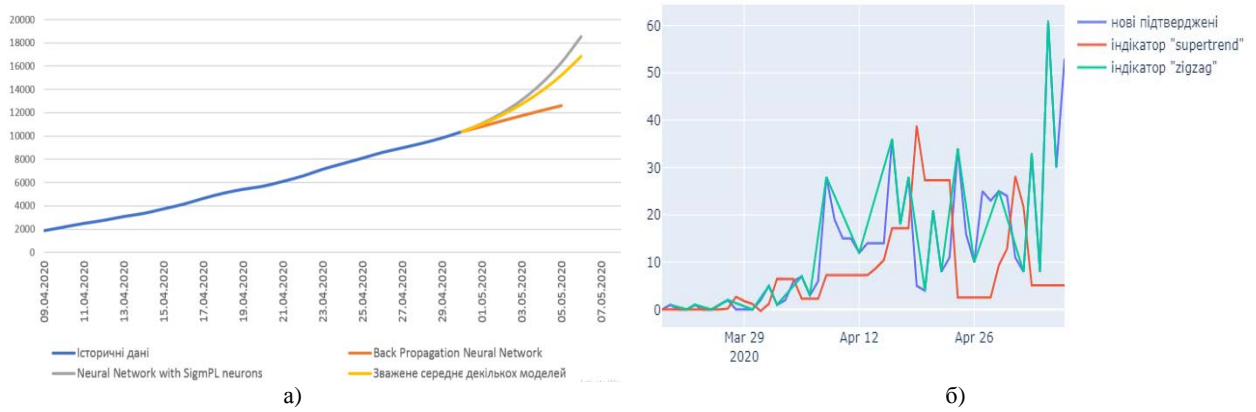


Рис. 2: а — короткостроковий прогноз кількості інфікованих вірусом SARS-CoV-2 в Україні за неймережними методами; б — кількості інфікованих за день з використанням індикаторів у Львівській області

### Результати дослідження застосування неітераційної РБФ ШНМ для прогнозу пандемії у Львівській області

Здійснено прогноз кількості хворих у Львівській області. Враховуючи проведений огляд, встановлено, що часовий ряд є суттєво нестационарним. Поведінка прогнозованого процесу може кілька разів суттєво змінюватися протягом спостережуваного періоду, що значно ускладнює розв'язання поставленої задачі. Тому використання штучних нейронних мереж з можливістю перенавчання на нових даних є оптимальним вибором. Оскільки навчання має здійснюватися в режимі реального часу або за вимогою та із задовільною точністю, то таким вимогам відповідає розроблена професором Р. О. Ткаченком неітераційна нейронна мережа радіальних базисних функцій з додатковими латеральними зв'язками між нейронами прихованого прошарку (РБФ ШНМ) [8], [9].

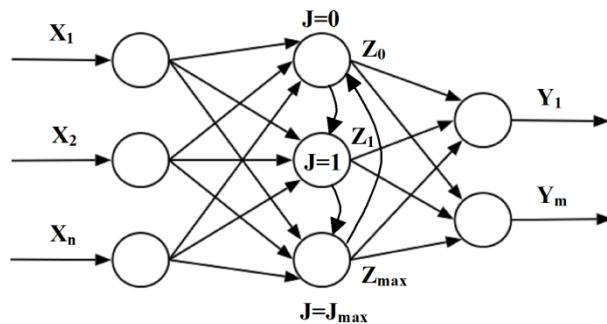


Рис. 3. Структура РБФ ШНМ з додатковими латеральними зв'язками між нейронами прихованого прошарку

Для короткострокового прогнозу (передбачення) кількості виявлених хворих на COVID-19 у Львівській області з випередженням у один день застосуємо РБФ ШНМ, зображену на рис. 3. На вхід неймережі подаємо кількість хворих за  $i$ -й день, а з виходу знімаємо за  $(i + 1)$ -й день. Основний процес навчання відбувається на прихованому прошарку з трьома нейронами, між якими є додаткові латеральні зв'язки, що йдуть по колу від нейрона до нейрона. Апроксимація даних здійснюється за допомогою полінома 2-го степеня (рис. 4). Середньоквадратична приведена до діапазону значень похибка навчання склала 1,83 %, максимальна — 3,50 %.

Середньоквадратична приведена до діапазону значень похибка навчання склала 1,83 %, максимальна — 3,50 %.

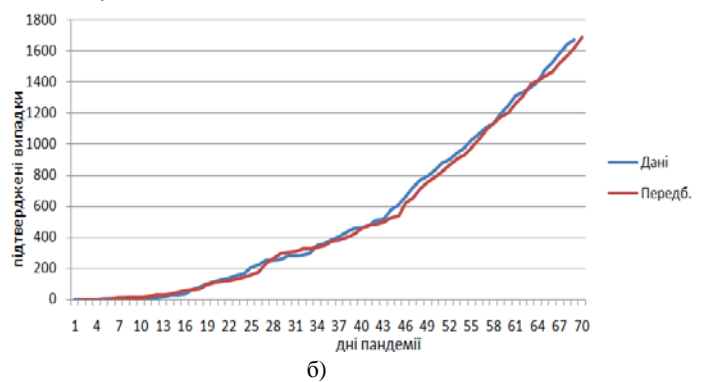


Рис. 4. Передбачення на один день кількості виявлених хворих на COVID-19 у Львівській області за допомогою РБФ ШНМ: а — параметри неймережі; б — результат передбачення

Використаємо метод «ковзного вікна» для здійснення доповнення навчальної вибірки та перенавчання РБФ ШНМ на кожному кроці. Суть цього методу полягає у тому, що передбачене РБФ

ШНМ значення доповнює навчальну вибірку і нейромережа перенавчається на доповненій вибірці. Далі в режимі прогнозування передбачає наступне значення. У процесі перенавчання не тільки переналаштовуються вагові коефіцієнти, але й за необхідності змінюється кількість нейронів у прихованому прошарку, а також степінь апроксимуючого полінома. Критерієм є мінімальна середньоквадратична приведена до діапазону значень похибка навчання РБФ ШНМ. Змінними параметрами є кількість нейронів прихованого прошарку (максимально до 50-ти нейронів) та степінь апроксимуючого полінома (максимально допустима шоста). Таким чином здійснюють середньострокове прогнозування з випередженням на 14 днів, тобто на два тижні вперед (рис. 5). Середньоквадратична, приведена до діапазону значень, похибка навчання склала 1,17 %, максимальна — 4,5 %.

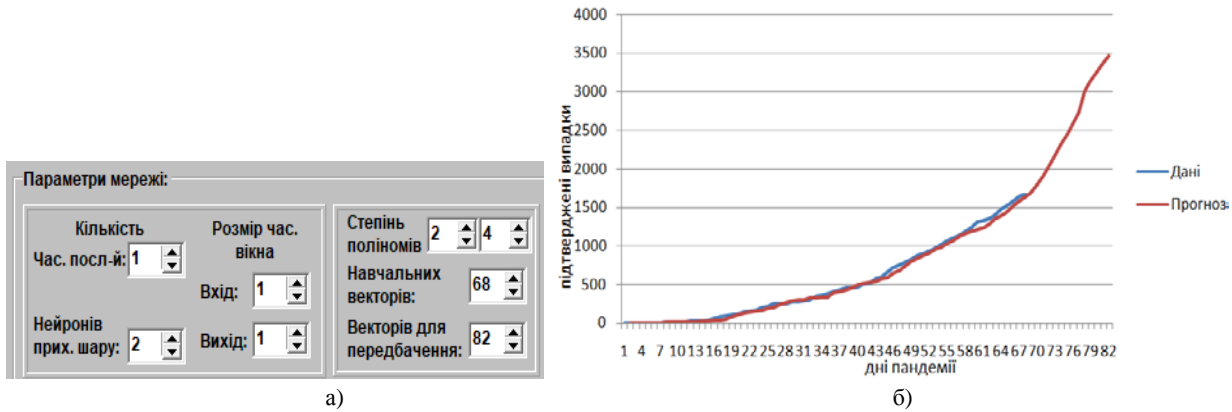


Рис. 5. Прогнозування на два тижні кількості виявлених хворих на COVID-19 у Львівській області за допомогою РБФ ШНМ: а — параметри нейромережі; б — результат передбачення

Застосуємо вищеописану РБФ ШНМ для передбачення та прогнозу кількості тих, що одужали у Львівській області. Навчальну вибірку беремо від більше 10 осіб, що одужали. Передбачення будемо здійснювати з випередженням у один день. РБФ ШНМ для передбачення має один вхід, один вихід та п'ять нейронів прихованого прошарку (див рис. 6а). Апроксимацію здійснюємо поліномом третього степеня. Середньоквадратична приведена до діапазону значень похибка навчання склала 1,56 %, максимальна — 3,77 %. Для середньострокового прогнозу на 14 днів використовуємо РБФ ШНМ із застосуванням методу «ковзного вікна» (див рис. 6б). Середньоквадратична приведена до діапазону значень похибка навчання склала 1,36 %, максимальна — 3,13 %. Обчисливши кількість щоденно виявлених хворих на коронавірус, можна зробити висновки, що Львівська область ще не досягла піку захворювання, хоча вже знаходиться близько нього.

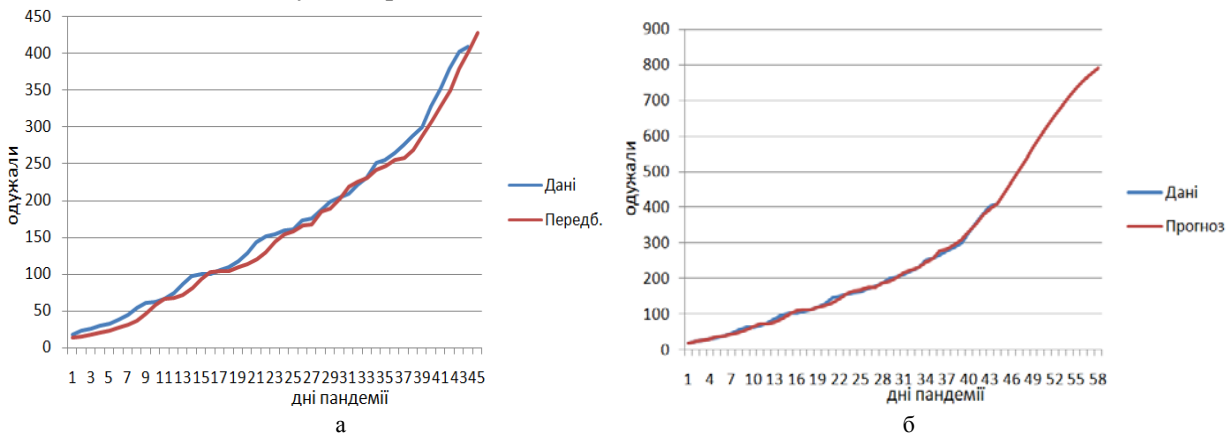


Рис. 6. Передбачення кількості осіб, що одужали від COVID-19 у Львівській області за допомогою РБФ ШНМ: а — на один день; б — прогнозування на два тижні

Для передбачення і середньострокового прогнозу із випередженням у 14 днів беремо статистичні дані по померлих від коронавірусу. Оскільки ця функція має «ступінчасту форму», тому для кращого навчання РБФ ШНМ необхідно її згладити. Згладжування здійснимо ковзним середнім по п'яти точках. Середньоквадратична, приведена до діапазону значень, похибка навчання РБФ ШНМ склала 1,74 %, максимальна — 5,14 %. Як видно з рис. 7а, кількість померлих зростає. За два тижні у Львівській області загалом від коронавірусу помере 59 осіб.



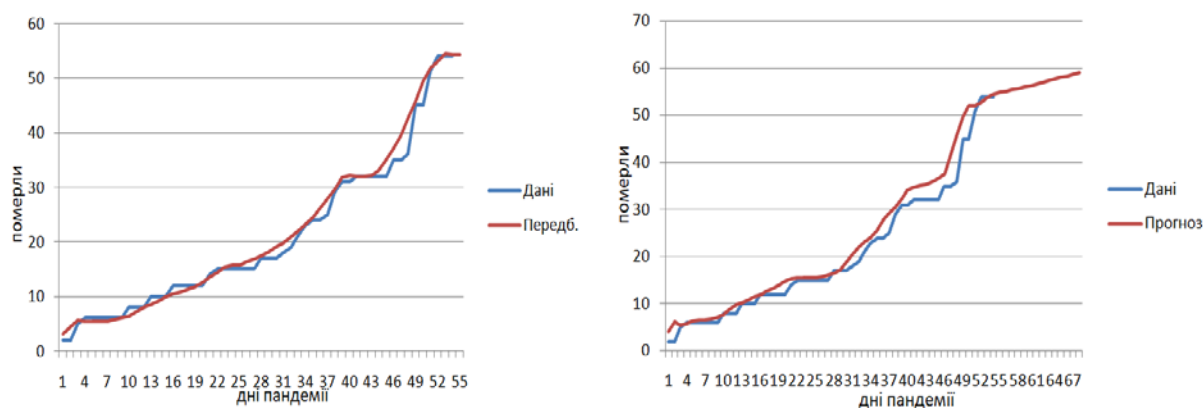


Рис. 7: а — передбачення на один день; б — прогнозування на два тижні кількості померлих від COVID-19 у Львівській області за допомогою РБФ ШНМ

Здійснивши середньостроковий прогноз на два тижні кількості хворих на COVID-19 у Львівській області, обчислимо кількість тих, що захворіли за день, та зіставимо її з прогнозованою на цей часовий проміжок кількістю осіб, що одужали та померли. Здійснивши прості обчислення, тобто від кількості спрогнозованих хворих у Львівській області віднімемо кількість тих, що одужали і померли разом і отримаємо необхідну кількість ліжкомісць, яку потребуватимуть хворі на коронавірус у Львівській області. Згідно з прогнозами кількість хворих на 13 червня складе 3461 особа, тих, що одужали — 790 осіб, померлих — 59 осіб. Отже, 13 червня у Львівській області буде потрібно 2612 ліжкомісць. Необхідно було би отримані результати зіставити з кількістю зайнятих ліжкомісць, але така інформація є недоступною для загального користування. Враховуючи наявні дані, результат можна лише зіставити з максимальною кількістю місць, які є загалом наявні у опорних лікарнях Львівської області і призначені для лікування пацієнтів від коронавірусу. На основі цього можна зробити висновки, чи буде збільшуватися у лікарнях Львівської області кількість зайнятих ліжкомісць. Це питання стає дуже важливим в умовах збільшення кількості хворих на COVID-19 у Львівській області.

### Висновки

Здійснено застосування неітераційних РБФ ШНМ для коротко- та середньострокового прогнозування кількості хворих на COVID-19 у Львівській області. Основною перевагою застосування такої нейромережі є її можливість перенавчання в режимі реального часу із задовільною похибкою навчання. Максимальне значення середньоквадратичної, приведеної до діапазону значень, похибки для хворих на COVID-19 у Львівській області не перевищувало — 5,14 %.

На основі здійснених прогнозів кількості хворих, та тих, що одужали і померли від COVID-19 у Львівській області, зроблено висновки про збільшення кількості необхідних ліжкомісць у лікарнях. Відповідно, знаючи спрогнозовану на два тижні кількість хворих, лікарі будуть мати час для підготовки нових ліжкомісць у опорних лікарнях, щоб мати можливість прийняти нових хворих. Також, відштовхуючись від цього значення, можна розрахувати необхідну кількість лікарів та медперсоналу, який зможе лікувати таку кількість пацієнтів.

Враховуючи збільшення кількості хворих на COVID-19 у Львівській області, можна зробити висновок, що вводити наступний етап послаблення карантину, який попередньо був запланований на 29 травня ще зарано. Якщо таке послаблення все ж таки буде введено, то це призведе до різкого збільшення кількості хворих. І таким чином, може статися так, що лікарні не зможуть забезпечити хворих вільними ліжкомісцями, а також апаратами ШВЛ. Львівська область за кількістю хворих осіб перебуває близько пікових значень. Відповідно, чи подолає вона цей пік і чи піде пандемія на спад — залежить від прийнятих рішень місцевої влади щодо наступних етапів послаблення карантину.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Моніторинг ситуації із кількістю госпіталізованих осіб з підозрою та підтвердженими випадками захворювання на COVID-19 в Україні. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://public.tableau.com/profile/publicviz#!/vizhome/monitor\\_15841091301660/sheet0](https://public.tableau.com/profile/publicviz#!/vizhome/monitor_15841091301660/sheet0). Дата звернення: 20.05.2020.

[2] Все про коронавірус у Львові. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://tvoemisto.tv/covid-19-lviv/>. Дата звернення: 20.05.2020.

- [3] *Пік коронавірусу на Львівщині*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://portal.lviv.ua/news/2020/05/07/na-lvivshchyni-pik-zakhvoriuvanosti-na-koronavirus-ochikuiut-do-pochatku-cheruvia> . Дата звернення: 20.05.2020
- [4] *Вплив на економіку і суспільство*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://wdc.org.ua/uk/node/190016> . Дата звернення: 20.05.2020.
- [5] *ФОРСАЙТ COVID-19: Середня фаза розвитку*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://wdc.org.ua/uk/covid19-ua>. Дата звернення: 20.05.2020.
- [6] *COVID-19 FORECASTING*. [Electronic resource]. Available: <http://epidemicforecasting.org/models> . Accessed on: 20.05.2020.
- [7] *Foresight COVID-19*. [Electronic resource]. Available: <http://wdc.org.ua/uk/covid19-regions>. Accessed on: 20.05.2020.
- [8] R. Tkachenko, P. Tkachenko, I. Izonin, P. Vitynskyi, N. Kryvinska, and Yu. Tsymbal, "Committee of the combined RBF-SGTM neural-like structures for prediction tasks," in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 11673, pp. 267-277, 2019. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-27192-3> .
- [9] I. Izonin, M. Gregus, R. Tkachenko, P. Tkachenko, N. Kryvinska, and P. Vitynskyi, "Committee of SGTM Neural-Like Structures with RBF kernel for Insurance Cost Prediction Task", in *IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering*, 2019, pp. 1037-1040. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-27192-3\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-030-27192-3_21) .

Рекомендована кафедрою комп'ютерних систем управління ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 26.05.2020

**Павлюк Олена Миколаївна** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автоматизованих систем управління, e-mail: [Olena.M.Pavliuk@lpnu.ua](mailto:Olena.M.Pavliuk@lpnu.ua) ;

**Федевич Ольга Юрївна** — канд. техн. наук, асистент кафедри автоматизованих систем управління, e-mail: [olha.y.fedevych@lpnu.ua](mailto:olha.y.fedevych@lpnu.ua) ;

**Стронціцька Анастасія-Ольга Андріянівна** — студентка Інституту комп'ютерних наук та інформаційних технологій, e-mail: [anastasiia-olha.strontsitska.kn.2016@lpnu.ua](mailto:anastasiia-olha.strontsitska.kn.2016@lpnu.ua) .

Національний університет «Львівська політехніка», Львів

**O. M. Pavliuk<sup>1</sup>**  
**O. Yu. Fedevych<sup>1</sup>**  
**A.-O. A. Strontsitska<sup>1</sup>**

## Forecasting the Number of Patients with COVID-19 in the Lviv Region

<sup>1</sup>Lviv Polytechnic National University

*The dynamic of new cases of COVID-19 infections in Lviv district was investigated. With this purpose, the statistic data from the official site of COVID-19 distribution monitoring on Ukraine was collected. These data contains daily statistics on hospitalized persons with suspected and confirmed cases of the disease and statistics on recovered and deaths in Ukraine. In the paper the dependency between the growth of the patients amount and the reduce of quarantine restrictions was determined.*

*The existing publications on the COVID-19 spread forecast in Ukraine were reviewed. In these works, authors were using methods of the intelligent data analysis, artificial neural networks, exponential forecast, similarities, correlation and regressive analysis. The exclusive attention was paid to the use of Back Propagation Neural Networks for the short-term forecast of the amount growth of COVID-19 patients in Ukraine. The methods of technical analysis of the time serials based on the use of basic indicators like "zigzag" and "supertrend" for the patients amount forecast in Lviv district were used as well.*

*The non-iterative neural network of the radial basis functions with additional inner-layer connections between the hidden-layer neurons was applied to the forecast of confirmed cases of COVID-infections in Lviv district. As a short-term forecast was built, considering predictions for one day. As a middle-term forecast, predictions for two weeks were done and also the method of the "sliding window" was used. The same approach was used to make a 1-day and two weeks forecast of the amount of patients recovering and deaths cases for the Lviv district.*

*Based on these forecasts the methodology to control the introduced quarantine restrictions in Lviv district was offered. Taking into account the middle-forecast results, there will be no recommendations to do any next stage quarantine restrictions reduce in May 29th. In addition, the required amount of beds that have to be provided at this date in base-hospitals was calculated.*

**Keywords:** COVID-19, Lviv region, number of patients, coronavirus, non-iterative ANN, RBF ANN, forecast.

**Pavliuk Olena M.** — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Automated Control Systems, e-mail: [Olena.M.Pavliuk@lpnu.ua](mailto:Olena.M.Pavliuk@lpnu.ua) ;

**Fedevych Olga Yu.** — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the Chair of Automated Control Systems, e-mail: olha.y.fedevych@lpnu.ua ;

**Strontsiiska Anastasiia-Olha A.** — Student of the Institute of Computer Science and Information Technology, e-mail: anastasiia-olha.strontsiiska.kn.2016@lpnu.ua

**Е. Н. Павлюк<sup>1</sup>**  
**О. Ю. Федевич<sup>1</sup>**  
**А.-О. А. Стронцицька<sup>1</sup>**

## **Прогнозирование количества больных COVID-19 во Львовской области**

<sup>1</sup>Национальный университет «Львовская политехника»

*Исследована динамика количества новых выявленных больных коронавирусом по Львовской области. Для этого собраны статистические данные с официального сайта мониторинга ситуации по количеству госпитализированных с подозрением и подтвержденными случаями заболевания, а также выздоровевших и смертей от COVID-19 в Украине. Установлена зависимость роста количества больных от ослабления карантина.*

*Рассмотрены существующие публикации по прогнозу распространения COVID-19 в Украине. В этих работах авторы использовали методы: интеллектуального анализа данных, искусственных нейронных сетей, экспоненциального прогноза, сходств, корреляционного и регрессивного анализа. Особое внимание уделено примеру использования нейросети типа Back Propagation для краткосрочного прогнозирования заболевания COVID-19 в Украине. Также рассмотрены методы технического анализа временных рядов на основе базовых индикаторов: «zigzag» и «supertrend» для прогнозирования количества больных во Львовской области.*

*Применена неитерационная нейронная сеть радиальных базисных функций с дополнительными латеральными связями между нейронами скрытого слоя для осуществления прогнозирования количества выявленных больных коронавирусом во Львовской области. Предвидение осуществляли с опережением в один день. Для среднесрочного прогнозирования с опережением в две недели использовали метод «скользящего окна». На основе этих прогнозов рассчитано ежедневное количество выявленных больных. Осуществлены также прогнозы на один день и на 14 дней количества выздоровевших и умерших.*

*По результатам прогнозов разработаны рекомендации о целесообразности введения во Львовской области следующего этапа ослабления карантина. Учитывая результаты среднесрочных прогнозов во Львовской области, не рекомендуется 29 мая вводить следующий этап ослабления карантина. Также рассчитано необходимое новое количество койкомест, которым должны быть обеспечены опорные больницы области.*

**Ключевые слова:** COVID-19, Львовская область, количество больных, коронавирус, неитерационные ИНС, РБФ ИНС, прогноз.

**Павлюк Елена Николаевна** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры автоматизированных систем управления, e-mail: Olena.M.Pavliuk@lpnu.ua ;

**Федевич Ольга Юрьевна** — канд. техн. наук, ассистент кафедры автоматизированных систем управления, e-mail: olha.y.fedevych@lpnu.ua ;

**Стронцицька Анастасия-Ольга Андрияновна** — студент Института компьютерных наук и информационных технологий, e-mail: anastasiia-olha.strontsiiska.kn.2016@lpnu.ua