

## ПРОГНОЗУВАННЯ ВИЛОВУ РИБИ І МОРЕПРОДУКТІВ У ГЛОБАЛЬНІЙ ЕКОНОМІЦІ

В. І. Чужиков

Державний вищий навчальний заклад  
«Київський національний економічний університет  
імені Вадима Гетьмана»  
просп. Перемоги, 54/1, м. Київ, 03680, Україна  
ORCID: 0000-0003-3483-9122, E-mail: viktor.chuzhykov@kneu.edu.ua

І. В. Мірошніченко

Державний вищий навчальний заклад  
«Київський національний економічний університет  
імені Вадима Гетьмана»  
просп. Перемоги, 54/1, м. Київ, 03680, Україна  
ORCID: 0000-0002-1307-7889, E-mail: ihor.miroshnychenko@kneu.edu.ua

О. Д. Лук'яненко

Державне агентство рибного господарства України  
вул. Січових Стрільців, 45-а, м. Київ, 04053, Україна  
E-mail: lukyanenko.a.d@gmail.com

---

В статті запропоновано новий науковий підхід до прогнозування вилову риби та морепродуктів, що ґрунтується на застосуванні математичного апарату нейронних мереж (а саме, карт самоорганізації Кохонена) та економетричних моделей (авторегресійних функцій). Карти самоорганізації надали можливість здійснити кластеризацію країн світу за показниками вилову риби та морепродуктів, що дозволило визначити групи країн та території, стан та розвиток рибного сектору яких є подібними між собою. Зважаючи на надто різномірний стан цієї галузі за різними країнами процедуру кластеризації довелось здійснити повторно ще в рамках окремих груп країн. Після отримання однорідної вибірки для вирішення задачі прогнозування обсягів вилову риби та морепродуктів запропоновано застосувати моделі регресії часових рядів. В ході ряду експериментів було визначено найкращу прогностичну модель з порядком авторегресії AR(5). Отриманий прогноз та показники якості моделі вказують на доцільність застосування запропонованого кількарівневого підходу до побудови прогностичних моделей, що ґрунтується на кластеризації країн світу та формуванні однорідних навчальних вибірок. Подібний підхід може бути використаний у широкому спектрі економічних та управлінських задач.

**Ключові слова:** *рибальство, кластеризація, прогнозування, карта самоорганізації, нейронна мережа, авторегресія*

---

## FORECASTING THE FISH AND SEAFOOD CATCH IN THE GLOBAL ECONOMY

Viktor Chuzhykov

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman  
54/1 Peremogy Ave., Kyiv, 03680, Ukraine  
ORCID: 0000-0003-3483-9122, E-mail: viktor.chuzhykov@kneu.edu.ua

Ihor Miroshnychenko

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman  
54/1 Peremogy Ave., Kyiv, 03680, Ukraine  
ORCID: 0000-0002-1307-7889, E-mail: ihor.miroshnychenko@kneu.ua

Oleksandr Lukianenko

State Fisheries Agency of Ukraine  
45-a Sichovykh Striltsiv Str., Kyiv, 04053, Ukraine  
E-mail: lukyanenko.a.d@gmail.com

---

The article proposes a new scientific approach to forecasting the catch of fish and seafood, based on the use of the mathematical apparatus of neural networks (namely, Kohonen self-organizing maps) and econometric models (autoregressive functions). Self-organizing maps provided an opportunity to cluster the countries of the world according to the indicators of fish and seafood catch, which made it possible to identify countries and areas whose state and development of the fisheries sector are similar to each other. Due to the too heterogeneous state of this industry in different countries, the clustering procedure had to be repeated even within certain groups of countries. After obtaining a homogeneous sampling to solve the problem of predicting the volume of fish and seafood catches, it is proposed to apply time series regression models. Through a series of experiments, fifth-order autoregression AR(5) was determined as the best predictive model. The forecast obtained and model quality indicators approve the feasibility of applying the proposed multi-level approach to building predictive models, which is based on the clustering of countries of the world and the formation of homogeneous training samples. A similar approach can be used in a wide range of economic and managerial tasks.

**Keywords:** *fish catches, clustering, forecasting, self-organizing map, neural network, autoregression*

**JEL Classification:** Q22, E27, C38

## Введення

Стрімкий розвиток харчових технологій, пришвидшена модернізація виробничих процесів та нарощування обсягів видобування сировини в світі природним чином зачепили й рибну галузь, потреба в продукції якої зростала з кожним роком на 3-5 %. З огляду на це доволі актуальним постало питання прогнозування обсягів вилову риби і морепродуктів, розвитку моніторингових механізмів ідентифікації існуючих і майбутніх ресурсів та дослідження потенційних можливостей інтенсифікації рибальства та аквакультури. Втім, і на цьому наголошує чимало дослідників, сучасний розвиток рибальства і створення ефективних математичних моделей прогнозування вже давно вийшли за межі вузькоспеціалізованих трендів і, на нашу думку, являють собою розгалужену і здебільшого поліструктурну проблематику глибокого наукового пошуку.

До числа подібного роду системних робіт слід віднести монографію японських науковців Іширо Аокі, Такаші Ямакава, Акінорі Такасука [1], в якій авторами здійснена спроба моделювання динаміки популяції промислових риб та розроблення на цій основі сучасної системи моніторингу та управління. На запровадженні нових інституційних підходів та аналізі своєрідних «case studies» японської моделі менеджменту в рибальстві наполягає Міцутако Макіно [2]. Яскравим прикладом застосування менеджерських підходів до прогнозування розвитку рибної галузі може слугувати дослідження американського науковця Лі Андерсон [3].

Використання поліструктурних моделей до планування вилову риби і морепродуктів дозволяє суттєво удосконалити не лише запропоновані моделі ідентифікації, а й зробити важливі доповнення до традиційних розрахунків, які, у цілому, можна згрупувати у такий спосіб:

- розвиток виробництва аквакультури та проведення маркетингових досліджень щодо їх комерціалізації. Такий тренд доволі повно висвітлено у роботі Керол Енгл [4];

- щодо можливого виникнення системи національних/наднаціональних конфліктів в сфері рибальства зауважують Рефік Озюрт [5], Джанет Ларсен [6], Девід Сміт [7], Гіلز Тремлетт [8], Ян Урбіна [9];

- удосконалення фінансових механізмів регулювання цього сектору національних економік в умовах розвитку інтеграційного союзу доволі повно обґрунтовані Уіллем Молле [10].

Звичайно, що пропонований список сучасних досліджень рибальства можна продовжити, однак конче важливим залишається проблема вибору найбільш адекватної дослідницької моделі, котра могла б забезпечити високу валідність отриманих результатів, повномасштабну можливість застосування отриманих прогнозів у реальному ринковому середовищі, що й слугує метою пропонованого дослідження.

Одним із ключових завдань сучасних досліджень розвитку рибальства і аквакультури в секторальній структурі глобальної економіки є передбачення обсягів промислового вилову риби і морепродуктів, що може виступати як надійне підґрунтя для прийняття виважених управлінських рішень у цій галузі. За даним напрямом автори різних країн проводили відповідні дослідження.

Зокрема, в роботі Джоел Фініса та його колег [11] розкриваються основні принципи прогнозування з точки зору рибальства та метеорології через призму безпеки та відповідних ризиків. Проте стаття досить поверхнево окреслює технічну та економічну сторони питання. В роботі Бунмі Лі та колег [12] сконцентрована увага на прогнозуванні вилову тунця з огляду на його вагому складову у рибній промисловості. Запропонований підхід на підґрунті ARIMA моделей демонструє достовірну та реалістичну картину тенденцій вилову тунця, яку можна використовувати для порівняння з нормативними показниками вилову, необхідними для збереження галузі. Проте, як зазначають і самі автори, є сенс розбиття такої задачі за регіональним принципом, що підвищить точність та ефективність прогнозування.

Ще один підхід до прогнозування у галузі рибальства наведено в роботі Куюджі Ватанабе [13], де для передбачення повернення кети на нерест використовується модель згладжуючого сплайну. Дана робота демонструє високу точність моделей, але обмежується одним видом риби та включає лише декілька регіонів Японії, що викликає питання щодо можливості масштабування. Очевидно, що завдання прогнозування вилову риби є актуальними та продовжують розвиватися. Однак попередні розробки у даній сфері більше спрямовані на вирішення вузькоспеціалізованих галузевих питань.

Дане дослідження присвячено прогнозуванню видобутку продукції рибного господарства в розрізі окремих країн та пошуку найбільш відповідного математичного інструментарію. З метою побудови прогнозних моделей може бути застосований широкий набір математичних методів і моделей, починаючи від класичних економетричних і закінчуючи машинним навчанням, штучним інтелектом тощо. Утім, вибір найбільш адекватного поставленій задачі математичного інструментарію залежатиме від наявних для аналізу статистичних даних.

## **Інформаційна база дослідження та обґрунтування вибору методу прогнозування**

У процесі прогнозування видобутку продукції рибного господарства за окремою країною постає ряд питань, пов'язаних з обмеженістю рядів даних для виявлення функціональних залежностей обсягів виробництва від факторів впливу (багатофакторне прогнозування) або апроксимації цього показника в динаміці (однофакторне прогнозування). Природно, що такі прогнози і у першому, і у другому випадках потребують відповідного аналізу числових даних за тривалий період.

Яскравим прикладом статистичних ускладнень можуть слугувати дані Державного агентства рибного господарства України [14]. Сайт містить інформацію про обсяги вилову промислових видів риб у розрізі водойм, адміністративних одиниць, річкових басейнів, однак наявною є інформація лише за

останні чотири роки. Звісно, що побудова однофакторної моделі, як функції наступного значення часового ряду від його попередніх значень, на рядах такої довжини не представляється можливою (а тим більше перевірка таких моделей на тестових даних), адже кількість спостережень має бути більшою (бажано щонайменше втричі) за кількість параметрів моделі.

За умов побудови багатфакторної моделі проблема браку даних стає ще більш критичною. Адже на додаток до обмежених даних, що наводяться зазначеним вище Агентством, відсутніми є показники впливу на розвиток рибальства з боку держави та інші значущі фактори, як можна бачити з переліку реєстрів, підвідомчих Державному агентству рибного господарства України [15].

Утім слід зазначити, що подібною є ситуація зі статистичними даними у галузі рибного господарства і в інших країнах. Відтак виникає потреба у пошуку нових джерел інформації з більшою кількістю спостережень, а також за широким набором показників у сфері рибальства та аквакультури. Найбільш повну базу таких даних за всіма країнами світу адмініструє Продовольча та сільськогосподарська організація ООН (англ. Food and Agriculture Organization – FAO), на офіційному сайті якої у відкритому доступі міститься інформація щодо державних витрат у галузі рибальства [16], балансу товарної торгівлі за агрегованими показниками рибної продукції [17], постачання продовольства за основними продуктами рибного господарства [18] тощо.

Разом з тим слід зазначити, що на сайті цієї міжнародної організації є дані щодо видобутку рибної продукції (риби, ракоподібних, моллюсків тощо) за країнами та регіонами протягом 2005-2014 рр. [19], які можна застосувати для побудови однофакторної моделі прогнозування промислового вилову риби і морепродуктів.

Оскільки дані щодо вилову риби і морепродуктів наявні лише в річному розрізі, то виявляти сезонні коливання не представляється можливим, як й інші види циклічності, зважаючи на короткі часові ряди (всього 10 спостережень з 2005 по 2014 рр.). Відповідно, для однофакторного прогнозування видобутку рибної продукції (на

основі попередніх значень прогнозованого показника) можна або будувати лінії трендів (що певним чином усереднює прогноз та призводить до суттєвого зростання помилки прогнозування), або здійснювати моделювання наступного значення часового ряду як функцію від кількох попередніх спостережень.

Однак десяти спостережень замало для виявлення яких-небудь закономірностей, якщо будувати подібного роду модель для окремої країни. Відповідно, постає цілком зрозуміле питання щодо розширення кількості спостережень з метою побудови адекватної моделі прогнозування вилову риби і морепродуктів упродовж наступного періоду на основі його попередніх значень.

Це можна зробити, якщо формувати прогнозну модель, що базується не тільки на даних однієї держави, але й низки інших країн. Однак, за цих умов неодмінно постає проблема суттєвих відмінностей стану рибного господарства та закономірностей його розвитку у різних країнах. Наприклад, не можна побудувати єдину адекватну модель на одній базі даних щодо вилову риби за такими країнами як Китай, Ліхтенштейн та Україна. Цілком очевидним є той факт, що ці країни мають суттєві відмінності у розвитку рибного господарства, а відтак для них треба будувати різні моделі.

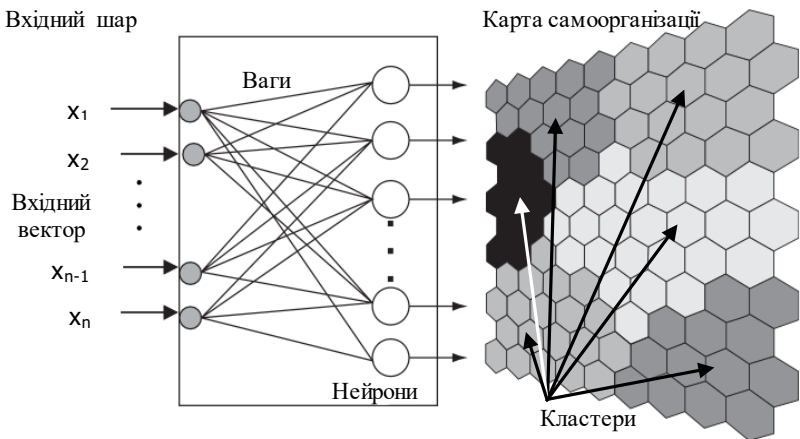
Тому виникає потреба у формуванні однорідних наборів даних для побудови прогнозних моделей для різних країн. Наприклад, для прогнозування обсягів промислового вилову риби і морепродуктів в Україні необхідно сформувати базу даних й по інших країнах, стан і розвиток рибного сектору яких є подібним до України. З цією метою здійснимо сегментування країн на основі показників вилову риби протягом 2005-2014 рр. Країни, які потрапляють в один сегмент (кластер) з Україною, будуть включені до навчальної вибірки для побудови відповідної прогнозної моделі.

### **Кластерне сегментування країн**

З огляду на завдання даного дослідження та з метою кластеризації країн за показниками вилову риби й морепродуктів застосовано інструментарій карт самоорганізації Кохонена [20],

які на додачу до вирішення задач зменшення розмірності у складних наборах даних та формування однорідних груп досліджуваних об'єктів надають можливість візуального аналізу результатів кластеризації.

Результатом побудови карти Кохонена є візуальне представлення двовимірної гексагональної ґратки нейронів, які відображають організаційну структуру країн світу за показниками розвитку рибного господарства, утворюючи при цьому кластери країн, що за динамікою промислового вилову риби і морепродуктів є подібними одна до одної (рис. 1).



**Рис. 1.** Візуальне представлення карти Кохонена з формуванням кластерів [21]

Для вирішення задач даного дослідження використано розроблений авторами методологічний підхід до побудови комплексної економіко-математичної моделі, що складається з трьох рівнів ієрархії та ґрунтується на використанні карт самоорганізації Кохонена [21, 22].

Для побудови карт самоорганізації у цьому дослідженні застосовано програмний пакет Deductor Studio Academic. На входи карти подаються вектори з десяти значень щодо щорічного видобутку кожною країною продукції рибного господарства

протягом 2005-2014 рр. за даними бази [19], фрагмент якої наведено у табл. 1.

Таблиця 1

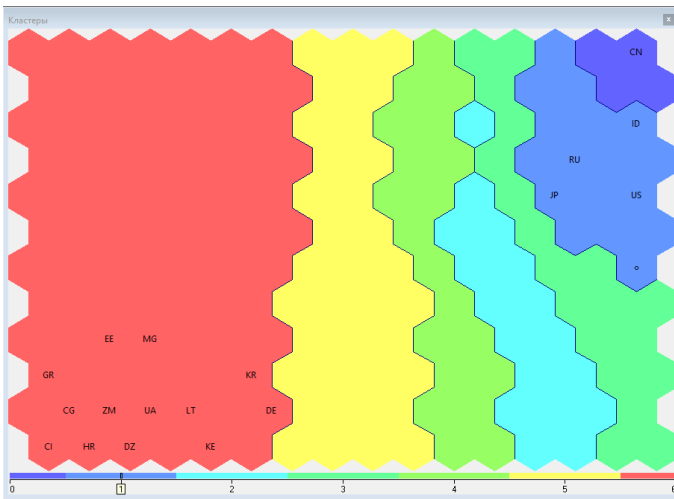
**ФРАГМЕНТ БАЗИ ДАНИХ ЩОДО ВИДОБУТКУ РИБНОЇ ПРОДУКЦІЇ ЗА КРАЇНАМИ АБО ТЕРИТОРІЯМИ**

| Країна чи територія             | 2005    | 2006    | 2007    | 2008    | 2009    | 2010    | 2011    | 2012    | 2013    | 2014    |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| ...                             | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     |
| Україна                         | 267485  | 218107  | 213508  | 232132  | 218539  | 209806  | 178331  | 154328  | 203409  | 114228  |
| ОАЕ                             | 86735   | 100403  | 96453   | 74075   | 77705   | 79610   | 75147   | 72728   | 72000   | 70000   |
| Великобританія                  | 670334  | 624684  | 619692  | 595990  | 590839  | 612629  | 600566  | 631490  | 632315  | 755690  |
| США                             | 4892967 | 4852284 | 4767596 | 4353298 | 4225476 | 4387488 | 5113453 | 5091381 | 5141874 | 4975947 |
| Американські Віргінські Острови | 1634    | 2213    | 1458    | 1314    | 1393    | 1040    | 1003    | 611     | 537     | 489     |
| Уругвай                         | 125818  | 133987  | 108722  | 108797  | 80872   | 74153   | 89269   | 76162   | 59196   | 65082   |
| Узбекистан                      | 2900    | 3400    | 3100    | 3800    | 4100    | 4078    | 6791    | 10993   | 15623   | 22514   |
| Вануату                         | 229517  | 222525  | 213642  | 172541  | 147834  | 99133   | 57460   | 61358   | 58280   | 67640   |
| Венесуела                       | 402584  | 315334  | 347561  | 295291  | 316158  | 218456  | 201785  | 213069  | 214161  | 209721  |
| В'єтнам                         | 1987900 | 2026600 | 2074500 | 2136400 | 2280500 | 2414400 | 2514300 | 2705400 | 2803800 | 2919200 |
| ...                             | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     |

Джерело: за матеріалами [19]

При побудові карти необхідно визначити її оптимальну розмірність, що реалізується експериментально на основі статистичних даних щодо досліджуваних об'єктів. Розмірність карти самоорганізації (кількість нейронів) обиралась з низки варіантів за критерієм середньозваженої помилки квантування, що відображає середню відстань між поданим на вході карти прикладом та параметрами вузлів ґратки карти Кохонена.

В результаті проведених численних експериментів було визначено найбільш відповідну даній задачі структуру карти самоорганізації країн світу за показниками динаміки видобутку продукції галузі рибного господарства, що являє собою гексагональну ґратку розмірністю 16 на 12 нейронів (див. рис. 2). Кластеризація відбулась за 5000 епох навчання. Початкова ініціалізація карти здійснювалась випадковими значеннями. Функція визначення сусідства нейронів для процедури кооперації – Гаусова.



**Рис. 2.** Результат кластеризації всіх країн світу на карті самоорганізації на основі видобутку продукції рибного господарства протягом 2005–2014 рр.

В результаті застосування процедури кластеризації країни світу було розподілено між сімома кластерами. Кожен кластер виокремлений своїм кольором і відтінком, який відповідає певному номеру, що можна бачити на рис. 2 на шкалі під картою Кохонена.

Слід зазначити, до нульового кластеру потрапив лише Китай, який позначено у правому верхньому кутку карти на рис. 2 та наведено у табл. 2.

Таблиця 2

**КЛАСТЕРИ КАРТИ САМООРГАНІЗАЦІЇ, ПОБУДОВАНОЇ ЗА ДАНИМИ ВИДОБУТКУ РИБНОЇ ПРОДУКЦІЇ ВСІХ КРАЇН СВІТУ У 2005-2014 РР.**

| Кластер 0 | Кластер 1   | Кластер 2   | Кластер 3                                | Кластер 4  | Кластер 5   | Кластер 6   |   |
|-----------|---|---|--|--|---|---|---|
| Китай     | Індія<br>Індонезія<br>М'янма<br>Перу<br>Російська<br>Федерація<br>США<br>Японія | Бангладеш<br>Малайзія<br>Марокко<br>Мексика<br>Республіка<br>Корея<br>Таїланд | В'єтнам<br>Норвегія<br>Філіппіни<br>Чилі | Аргентина<br>Великобританія<br>Бразилія<br>Данія<br>Еквадор<br>Ісландія<br>Іспанія<br>Канада<br>Нігерія<br>Тайвань | Ангола<br>Гана<br>Гренландія<br>Єгипет<br>Іран<br>Ірландія<br>Камбоджа<br>Мавританія<br>Мозамбик<br>Намібія<br>Нідерланди<br>Нова<br>Зеландія | Пакистан<br>Папуа Нова<br>Гвінея<br>ПАР<br>Сенегал<br>Танзанія<br>Туреччина<br>Уганда<br>Фарерські<br>острови<br>Франція<br>Шрі-Ланка | 189 країн<br>(повний<br>перелік<br>наведено у<br>табл. 3) |

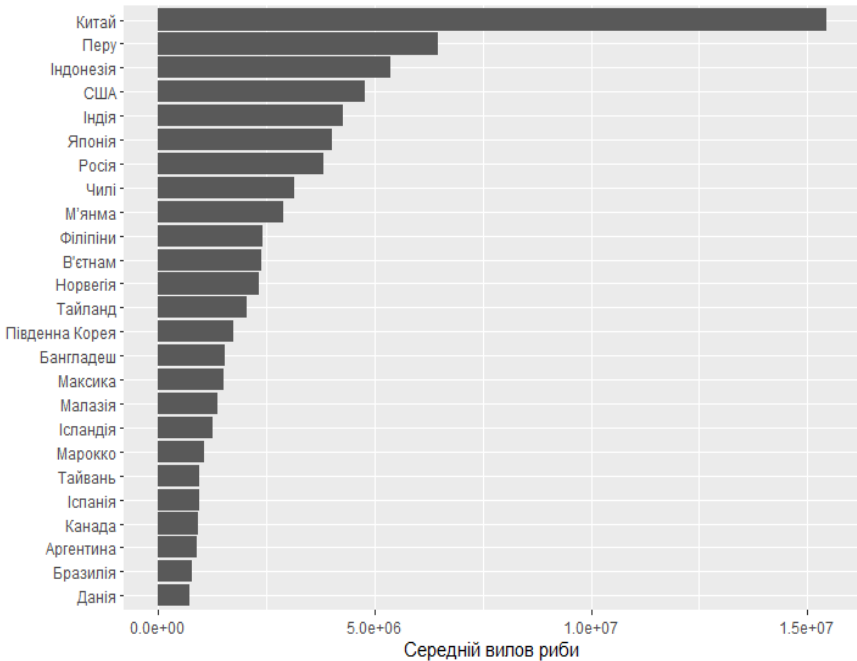
Таку відокремленість КНР можна пояснити його суттєвою відмінністю від інших країн за масштабами промислового вилову риби і морепродуктів, що можна бачити на рис. 3, отриманого за даними [19].

До першого кластеру потрапили наступні найбільші за виловом риби і морепродуктів країни: США, Індонезія, Японія, Російська Федерація тощо, що можна бачити за даними табл. 2.

Україна потрапила до шостого кластеру разом із 188 іншими країнами чи територіями. Це найбільший кластер як за кількістю країн, так і за площею на карті самоорганізації. Причому до цього кластеру потрапили країни, які найбільше відрізняються від Китаю (оскільки кластер знаходиться з протилежного боку карти). Тобто, в межах цього кластеру знаходяться країни з найменшими показниками вилову риби.

Варто зауважити, що сюди потрапили як країни без виходу до моря, такі як Ліхтенштейн, Малі, Узбекистан, так і морські держави, такі як Австралія, Італія, Португалія, Німеччина, Хорватія, Швеція тощо. Відповідно, однорідності даних з вилову риби за країнами цього кластеру не було отримано, що поки не

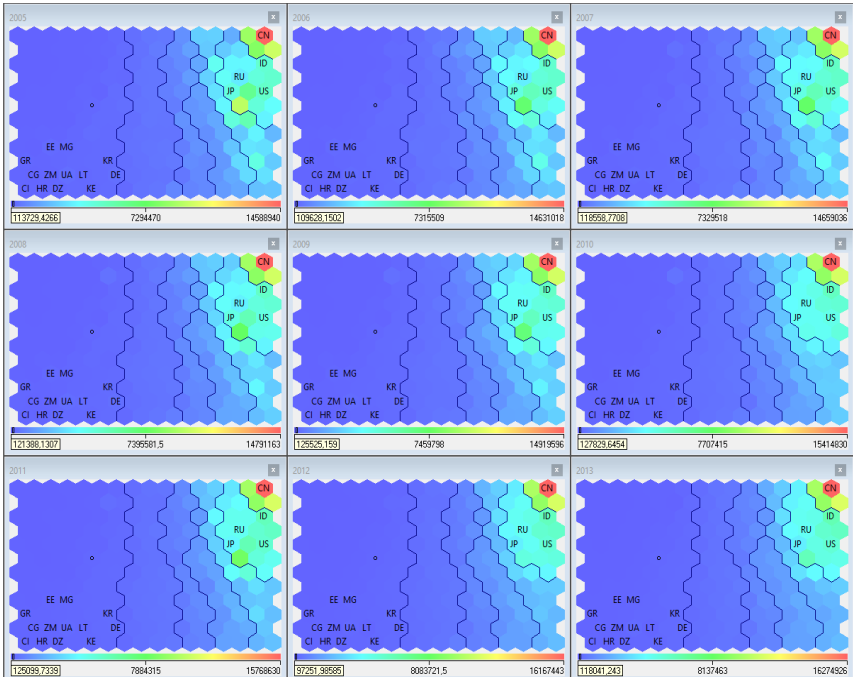
дозволяє сформувати коректну навчальну вибірку для побудови моделі, яку можна було б застосувати для прогнозування вилову риби і морепродуктів Україною.



**Рис. 3.** Топ 25 країн за середнім об'ємом промислового вилову риби у 2005–2014 рр.

Спроби експериментально досягти більш раціонального поділу на країни задля того, щоб шостий кластер був поділений на менші фрагменти, більш однорідні за складом країн, не дали результату. При збільшенні кількості кластерів на карті самоорганізації або при зміні її структури відбувалось ділення інших п'яти кластерів на ще дрібніші, при цьому шостий кластер залишався практично в тих самих межах. Це пов'язано з суттєвими відмінностями в обсягах вилову риби і морепродуктів у країнах із значними обсягами виробництва в галузі рибальства від країн із

відносно невеликими масштабами цього виду промисловості, через що останні практично зливались на карті з країнами, в яких рибне господарство практично відсутнє. У цьому легко переконалися, якщо поглянути на топологічні площини за різними роками (рис. 4).



**Рис. 4.** Топологічні площини карти в розрізі років за всіма країнами світу

У такій ситуації було прийнято рішення відокремити країни шостого кластеру (табл. 2) та здійснити побудову нової карти Кохонена тільки для них. З цією метою було застосовані ті ж самі дані щодо вилову риби та морепродуктів протягом 2005-2014 рр. [19]. Наслідком такої кластеризації стало те, що було отримано нову карту Кохонена, яку наведено на рис. 5. Повний перелік країн за кластерами на цій карті наведено в табл. 3.

Таблиця 3

**КЛАСТЕРИ КАРТИ САМООРГАНІЗАЦІЇ,  
ПОБУДОВАНОЇ НА ДАНИХ КРАЇН ШОСТОГО КЛАСТЕРУ КАРТИ ВЕРХНЬОГО РІВНЯ**

| Кластер 0         | Кластер 1 | Кластер 2                 | Кластер 3  | Кластер 4               | Кластер 5                            |                        |                                  |
|-------------------|-----------|---------------------------|------------|-------------------------|--------------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| Венесуела         | Австралія | Алжир                     | Бенін      | Анпильські              | Австрія                              | Джибуті                | Пікертн                          |
| Гонконг           | Гвінея    | Бельв                     | Габон      | острови                 | Азербайджан                          | Екваторіальна          | Пуерто-                          |
| Демократи-<br>чна | Крібаті   | Вануату                   | Гайана     | Бахрейн                 | Албанія                              | Гвінея                 | Ріко                             |
| Республіка        | Колумбія  | Греція                    | Гамбія     | Бельгія                 | Американське                         | Ерित्रея               | Реґоньйон                        |
| Конго             | Латвія    | Естонія                   | Ефіопія    | Буркіна-<br>Фасо        | Самоа                                | Зімбабве               | Румунія                          |
| Смен              | Литва     | Замбія                    | Занзібар   | Бурунді                 | Англія                               | Ізраїль                | Самоа                            |
| Італія            | Малаві    | Конго                     | Ірак       | Гайї                    | Андорра                              | Йорданія               | Сан-Марино                       |
| Камерун           | Мальдіви  | Кот-д'Івуар               | Кабо-Верде | Гватемала               | Антигуа і<br>Барбуда                 | Кайманові<br>острови   | Сан-Томе                         |
| Кенія             | Туніс     | Мадагаскар                | Казахстан  | Домінікан-<br>ська      | Аруба                                | Кіпр                   | Сен-                             |
| Китай             | Україна   | Малі                      | Лаос       | республіка              | Афганістан                           | Коморські              | Бартельмі                        |
| КНДР              | Чад       | Маршаллові<br>острови     | Мікронезія | Катар                   | Багамські<br>острови                 | острови                | Сен-Мартен                       |
| Німеччина         |           | ОАЕ                       | Нігер      | Коста-Ріка              | Барбадос                             | Кувейт                 | Сен-Пєр і                        |
| Оман              |           | Сальвадор                 | Південний  | Куба                    | Бермудські<br>острови                | Лесото                 | Мікелон                          |
| Панама            |           | Саудівська                | Судан      | Лівія                   | Білорусь                             | Ліберія                | Сент-Люсія                       |
| Польща            |           | Аравія                    | Суринам    | Маврикій                | Болгарія                             | Ліван                  | Сербія                           |
| Португалія        |           | Сейшельські<br>острови    | Фіджі      | Непал                   | Болівія                              | Ліхтенштейн            | Сінгапур                         |
| Сьєрра-<br>Леоне  |           | Сент-<br>Вінсент          |            | Парагвай                | Боснія і<br>Герцеговина              | Люксембург             | Сінт-Мартен                      |
| Фінляндія         |           | Сент-Кітс і<br>Невіс      |            | Руанда                  | Ботсвана                             | Майотта                | Словаччина                       |
| Швеція            |           | Соломонові<br>острови     |            | Того                    | Британські                           | Макао                  | Словенія                         |
|                   |           | Судан                     |            | Тринідад і<br>Тобаґо    | Віргінські<br>острови                | Македонія              | Судан                            |
|                   |           | Уругвай                   |            | Туркменістан            | Британська                           | Мальта                 | (об'єднаний,<br>до 2011<br>року) |
|                   |           | Фолкленд-<br>ські острови |            | Узбекистан              | Територія в<br>Індійському<br>океані | Мартініка              | Східний                          |
|                   |           | Хорватія                  |            | Французька<br>Полінезія | ЦАР                                  | Молдова                | Тімор                            |
|                   |           |                           |            | Ямайка                  | Ямайка                               | Монголія               | Таджикистан                      |
|                   |           |                           |            |                         |                                      | Монсеррат              | Теркс і                          |
|                   |           |                           |            |                         |                                      | Науру                  | Кайкос                           |
|                   |           |                           |            |                         |                                      | Нуе                    | Токелау                          |
|                   |           |                           |            |                         |                                      | Нова                   | Тонга                            |
|                   |           |                           |            |                         |                                      | Каледонія              | Тувалу                           |
|                   |           |                           |            |                         |                                      | Нормандські<br>острови | Угорщина                         |
|                   |           |                           |            |                         |                                      | Гваделупа              | Уолліс і                         |
|                   |           |                           |            |                         |                                      | Гвінея-Бісау           | Футуна                           |
|                   |           |                           |            |                         |                                      | Норфолк                | Французька                       |
|                   |           |                           |            |                         |                                      | Гібралтар              | Гвіана                           |
|                   |           |                           |            |                         |                                      | Острів Кука            | Французькі                       |
|                   |           |                           |            |                         |                                      | Гондурас               | Острів Мен                       |
|                   |           |                           |            |                         |                                      | Гренада                | Гвіана                           |
|                   |           |                           |            |                         |                                      | Грузія                 | Французькі                       |
|                   |           |                           |            |                         |                                      | Гуам                   | Південні та                      |
|                   |           |                           |            |                         |                                      |                        | Антарктичні                      |
|                   |           |                           |            |                         |                                      |                        | Території                        |
|                   |           |                           |            |                         |                                      |                        | Чеська                           |
|                   |           |                           |            |                         |                                      |                        | Республіка                       |
|                   |           |                           |            |                         |                                      |                        | Чорногорія                       |
|                   |           |                           |            |                         |                                      |                        | Швейцарія                        |
|                   |           |                           |            |                         |                                      |                        | Шнідберген                       |

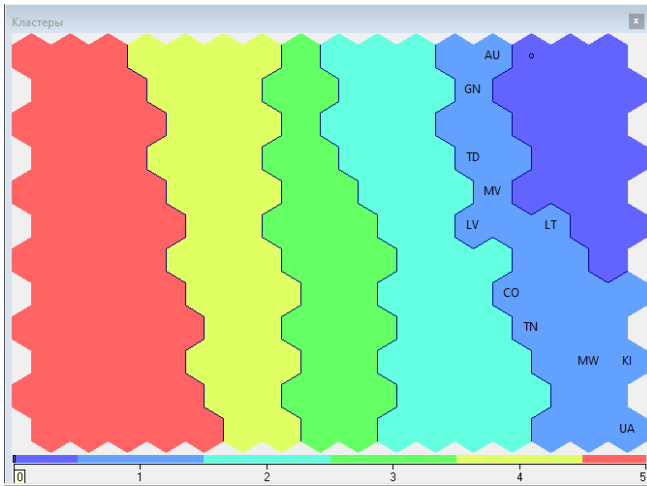


Рис. 5. Результат кластеризації країн шостого кластеру карти верхнього рівня на основі видобутку продукції рибного господарства протягом 2005–2014 рр.

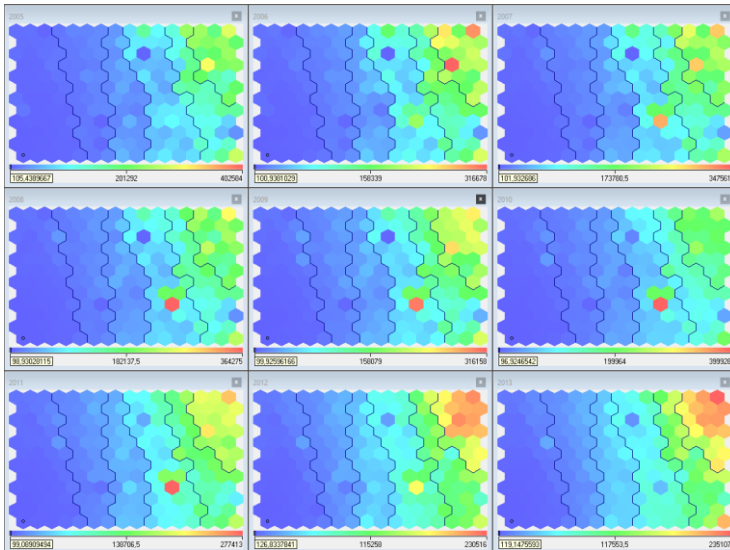


Рис. 6. Топологічні площини карти Кохонена в розрізі років за країнами шостого кластеру карти верхнього рівня

Як видно на рис. 6 за топологічними площинами цієї карти самоорганізації, побудованої для країн шостого кластеру карти верхнього рівня, новоутворені кластери суттєво відрізняються один від одного по всіх роках. До того ж всередині цих кластерів спостерігається досить висока однорідність.

На карті Кохонена, побудованої за даними вилову риби і морепродуктів протягом 2005-2014 рр. країн шостого кластеру карти верхнього рівня, Україна потрапила до першого кластеру, зайнявши правий нижній кут карти (див. рис. 5). Відповідно до запропонованого авторами підходу (див. [21, 22]), за даними країн цього кластеру можна побудувати модель прогнозування видобутку рибної продукції, яку можна буде застосувати й для України.

### **Прогнозування вилову риби і морепродуктів на основі моделей часових рядів**

З метою побудови однофакторної прогнозної моделі навчальну вибірку сформуємо на даних десяти країн: Австралія, Гвінея, Кірібаті, Колумбія, Латвія, Литва, Малаві, Мальдіви, Туніс, Чад, які потрапили разом з Україною до одного кластеру (див. табл. 3), а тестування моделі будемо проводити вже на даних вилову риби по Україні.

При цьому важливо забезпечити співставність даних за різними країнами, адже обсяги виробництва продукції рибного господарства у межах навіть одного кластеру можуть відрізнитись на порядок. У такому випадку доречно будувати модель, що базується не на абсолютних значеннях промислового вилову риби і морепродуктів, а на щорічних відносних змінах (коливаннях) цього індикатора.

Оскільки на ресурсі [19] вихідні дані щодо абсолютних значень вилову риби і морепродуктів наявні за десять років – 2005-2014 рр., то ми можемо отримати дев'ять щорічних відносних змін за кожною країною – 2006 до 2005 року, 2007 до 2006 року і так далі до 2014 до 2013 року (див. табл. 4).

Таблиця 4

ВІДНОСНІ ПОКАЗНИКИ ЩОРІЧНОГО ПРИРОСТУ ВИДОБУТКУ РИБНОЇ ПРОДУКЦІЇ  
ЗА КРАЇНАМИ ОДНОГО З УКРАЇНОЮ КЛАСТЕРУ

| Країна    | 2006/<br>2005 | 2007/<br>2006 | 2008/<br>2007 | 2009/<br>2008 | 2010/<br>2009 | 2011/<br>2010 | 2012/<br>2011 | 2013/<br>2012 | 2014/<br>2013 |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Австралія | 0,83340       | 0,95375       | 0,96513       | 0,94566       | 1,01224       | 0,95732       | 0,95558       | 0,98505       | 0,97215       |
| Гвінея    | 0,95950       | 0,78375       | 1,15157       | 1,35162       | 0,88851       | 1,07926       | 1,07945       | 1,17944       | 0,82713       |
| Кірібаті  | 0,83964       | 1,33159       | 0,79892       | 1,44423       | 1,09357       | 1,45952       | 1,23602       | 1,04824       | 1,43146       |
| Колумбія  | 0,85946       | 1,16980       | 0,92797       | 0,94294       | 0,76249       | 1,07790       | 0,86433       | 0,91131       | 1,58084       |
| Латвія    | 0,93209       | 1,10604       | 1,01712       | 1,03343       | 1,00984       | 0,94243       | 0,60833       | 1,22840       | 1,03008       |
| Литва     | 1,10561       | 1,21330       | 0,97465       | 0,94491       | 0,86774       | 0,92463       | 0,48334       | 1,35689       | 1,65143       |
| Малаві    | 1,22136       | 0,91362       | 1,05292       | 0,99009       | 1,41793       | 0,83842       | 1,52147       | 0,89518       | 1,03458       |
| Мальдіви  | 0,99751       | 0,77773       | 0,92615       | 0,87464       | 1,04906       | 0,98397       | 0,99309       | 1,08201       | 0,99108       |
| Туніс     | 1,01990       | 0,93263       | 0,93636       | 0,99033       | 0,99974       | 1,05305       | 1,06737       | 1,02073       | 1,01471       |
| Україна   | 0,81540       | 0,97891       | 1,08723       | 0,94144       | 0,96004       | 0,84998       | 0,86540       | 1,31803       | 0,56157       |
| Чад       | 1,02597       | 1,03797       | 1,03659       | 1,03529       | 1,03409       | 1,04396       | 1,05263       | 1,20000       | 1,00017       |

*Джерело:* розраховано авторами на основі [19]

При побудові однофакторної прогнозної моделі необхідно визначитись із глибиною часового ряду, який подається на її входи для отримання прогнозу обсягу промислового вилову риби і морепродуктів наступного періоду. Залежно від цієї глибини буде формуватись навчальна вибірка. Так, якщо за глибину ряду прийняти три роки, то за кожною країною до навчальної вибірки можна буде взяти шість записів: перший буде складатись із трьох відносних змін обсягів вилову риби і морепродуктів за 2006 до 2005 року, 2007 до 2006 року та 2008 до 2007 року, які подаються на входи моделі, а на вихід дається відносна зміна цього показника 2009 до 2008 року; у другому записі дані за цією країною зсуваються на один рік, так що на входи моделі будуть подані відносні зміни 2007 до 2006 року, 2008 до 2007 року та 2009 до 2008 року, а на виході буде представлена відносна зміна вилову

риби 2010 до 2009 року; і так далі до прогнозування зміни 2014 до 2013 року у шостому записі за цією країною. Таким же чином утворюються по шість записів за кожною з десяти країн кластеру для формування навчальної вибірки (всього 60 спостережень) та шість записів за Україною для проведення тестування побудованої таким чином моделі.

Потім глибину часового ряду розширюємо до 4 відносних змін, так що за кожною країною буде сформовано по 5 записів (у такому разі навчальна вибірка скорочується до 50 записів та 5 спостережень для тестування). Далі формуємо навчальну вибірку з 40 записів за глибиною ряду у 5 років та 30 записів за глибиною ряду 6 років. Далі збільшувати глибину часового ряду недоречно, оскільки обсяг навчальної вибірки стає занадто малим для проведення оптимізації прогновної моделі.

Всі побудовані таким чином моделі виявились незначущими – найкращий результат продемонструвала модель з глибиною ряду 5 років, але навіть для неї коефіцієнт детермінації становив 0,068, а F-критерій 0,49, що свідчить про її неадекватність. На рис. 7 наведено реальні відносні зміни обсягів промислового вилову риби і морепродуктів за країнами одного з Україною кластеру, а також їх прогнозування на основі моделі з глибиною ряду 5 років. На цьому рисунку перші 40 точок відображають відносні зміни обсягів вилову риби за країнами з навчальної вибірки (тобто, це результат моделювання на тих даних, на яких модель навчалась), а останні чотири точки – це прогноз відносних змін для України (ці дані не входили до навчальної вибірки).

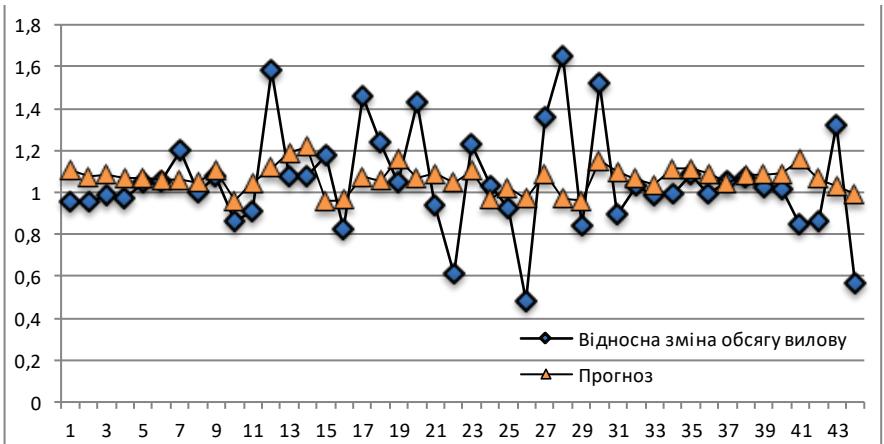
Як випливає з рис. 7, отриманий прогноз відносних змін обсягів промислового вилову риби і морепродуктів не відповідає реальним даним. Тому такі моделі не є придатними для практичного застосування. Відповідно, спробуємо побудувати модель прогнозування обсягів вилову риби в абсолютному вираженні.

За аналогією з найкращою моделлю прогнозування відносних змін обсягів вилову риби сформуємо навчальну вибірку для глибини ряду 5 років. Оскільки абсолютні значення обсягів вилову наявні за 10 роками, то до навчальної вибірки буде відібрано по 5

спостережень за кожною країною (всього 50 записів) і, відповідно, 5 записів по Україні для тестування. В результаті було отримано модель у такому вигляді:

$$y_{t+1} = 38870 + 0,03y_t - 0,02y_{t-1} + 0,04y_{t-2} + 0,02y_{t-3} + 0,6y_{t-4},$$

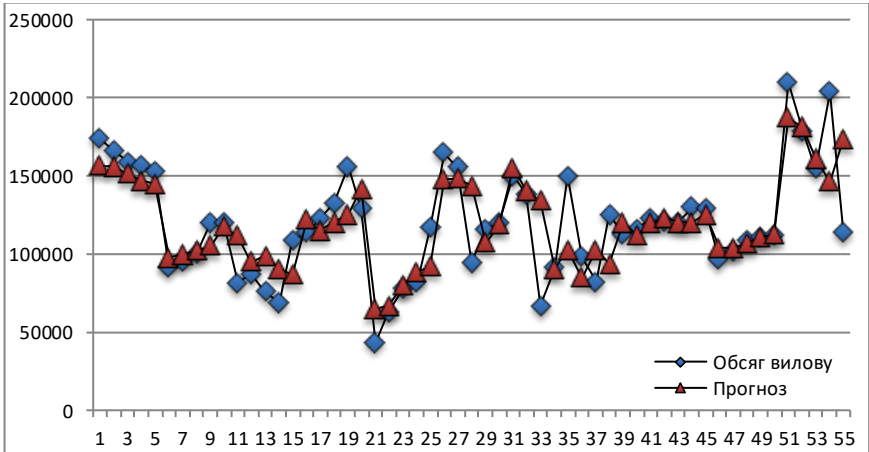
де  $y_t$  – обсяг промислового вилову риби і морепродуктів у  $t$ -му періоді.



**Рис. 7.** Прогнозування відносних змін обсягів промислового вилову риби і морепродуктів за країнами одного з Україною кластеру

Коефіцієнт детермінації такої моделі сягнув 0,6, а F-критерій 13,3, що вказує на значущість моделі. Про врахування основних закономірностей обсягів промислового вилову риби і морепродуктів від попередніх значень цього показника можна зробити висновки і на основі рис. 8 (тут перші 50 точок вказують на відтворення даних з навчальної вибірки, а останні 5 – прогноз для України).

Отриманий прогноз та показники якості моделі вказують на доцільність застосування запропонованого кількарівневого підходу до побудови прогнозних моделей в результаті кластеризації країн світу та формування однорідних навчальних вибірок з метою прогнозування обсягів промислового вилову риби і морепродуктів.



**Рис. 8.** Прогнозування абсолютних значень обсягів промислового вилову риби і морепродуктів за країнами одного з Україною кластеру

## Висновки

Попри актуальність й необхідність дослідження світового рибальства, а також його значущість в контексті забезпечення світової продовольчої безпеки, воно, як і раніше, залишається доволі парадоксальною і суперечливою сферою підприємництва, в межах якої непоодинокими є конфлікти, різнорівневе і далеко неефективне в окремих випадках регулювання, війни за «справедливий» розподіл акваторій морів і океанів, а також внутрішніх водойм. Природно, що багатьох учасників виробничого процесу у галузі рибальства цікавить прогнозування майбутнього вилову риби і морепродуктів, що потребує розроблення відповідних ефективних математичних моделей.

У статті застосовано авторський методологічний підхід до побудови моделей з метою прогнозування вилову риби та морепродуктів. В рамках даного підходу спочатку здійснюється сегментування країн за динамікою обсягу вилову, для чого застосовується інструментарій карт самоорганізації Кохонена. Це дозволило визначити країни, стан та розвиток рибного

господарства яких є подібними між собою. Подібна процедура потрібна для формування однорідної навчальної вибірки, адже статистики за однією країною недостатньо для побудови ефективної прогнозовної моделі. Процедура кластеризації була розбита на два етапи. На першому етапі приймали участь всі країни світу, в результаті чого Україна потрапила до шостого кластеру разом із 188 іншими країнами. Однак відмінності між країнами даного кластеру залишались надто суттєвими, через що було запропоновано провести повторну кластеризацію тільки з країнами цього кластеру. Таким чином Україна потрапила до одного кластеру разом з такими країнами: Австралія, Гвінея, Кірібаті, Колумбія, Латвія, Литва, Малаві, Мальдіви, Туніс, Чад.

Зважаючи на специфіку статистичних даних, для вирішення задачі прогнозування обсягів вилову риби та морепродуктів було вирішено застосувати моделі авторегресії часових рядів. В ході ряду експериментів було визначено найкращу модель з порядком авторегресії AR(5). Отриманий прогноз та показники якості моделі вказують на доцільність застосування запропонованого кількарівневого підходу до побудови прогнозних моделей, який полягає в кластеризації країн світу та формуванні однорідних навчальних вибірок для прогнозування обсягів промислового вилову риби і морепродуктів.

Варто відзначити, що у цій статті продемонстровано застосування нового наукового підходу до прогнозування обсягів видобутку рибної продукції наступного періоду на даних щодо значень цього показника у попередніх періодах. Проте, за умови формування відповідної бази даних, що включатиме статистику за показниками, які визначають розвиток галузі рибного господарства (наприклад, попит на продукти рибальства, можливості браконьєрства, добровільних екологічних обмежень тощо), в рамках даного підходу доцільно будувати моделі багатofакторного аналізу, які можуть виявитись більш ефективними для поточного, середньо- та довгострокового прогнозування. Крім того, вони забезпечать можливість дослідження вагомості тих чи інших факторів для розвитку галузі рибного господарства,

визначення подібності умов функціонування з окремими країнами та регіонами, що, у тому числі, дозволить виявити для України можливі варіанти формування спільної з Європейським Союзом політики рибальства.

## References

1. Aoki, I., Yamakawa, T., & Takasuka, A. (2018). *Fish Population Dynamics, Monitoring, and Management. Sustainable Fisheries in the Eternal Ocean*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-4-431-56621-2>
2. Marino, M. (2011). *Fisheries Management in Japan. Its institution features and case studies*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1777-0>
3. Anderson, L. G. (2004). *The Economics of Fisheries Management* (2nd revised ed.). The Blackburn Press. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2005.0751a.x>
4. Engle, C. (2020). *Aquaculture Businesses: A Practical Guide to Economics and Marketing*. 5m Books. <https://www.perlego.com/book/2014517/aquaculture-businesses-a-practical-guide-to-economics-and-marketing-pdf>
5. Ozyurt, R. (2013). *Socio-Economic Status of Small Scale / Artisanal Fisheries in Middle and Eastern Black Sea Regions* [Master thesis, Karadeniz Technical University]. KTU Open Access System. <http://acikerisim.ktu.edu.tr/jspui/bitstream/123456789/3059/1/348390.pdf> [in Turkish]
6. Larsen, J. (2003, July 16). *Other Fish in the Sea, But for How Long?* Earth Policy Institute. <http://www.earth-policy.org/mobile/releases/update25>
7. Smith, D., Boyd, I. L., Buckland, S. T., Cunningham, E., McCrone, G., MacGarvin, M., McIntyre, A., Priede, M., Richards, R., & Symes, D. (2004). *Inquiry into The Future of the Scottish Fishing Industry*. Royal Society of Edinburgh. <https://www.yumpu.com/en/document/view/25871512/the-scottish-fishing-industry-the-royal-society-of-edinburgh>
8. Tremlett, G. (1995, March 23). *Spanish trawler Estai reaches port*. United Press International. <https://www.upi.com/Archives/1995/03/23/Spanish-trawler-Estai-reaches-port/7334795934800/>
9. Urbina, I. (2020, July 22). *The deadly secret of China's illegal fishing armada: It's killing impoverished North Korean squid fishermen*. NBC News. <https://www.nbcnews.com/specials/china-illegal-fishing-fleet/>
10. Molle, W. (2001). *The Economics of European Integration: Theory, Practice, Policy*. Ashgate Publishing.

11. Finnis, J., Shewmake, J. W., Neis, B., & Telford, D. (2019). Marine Forecasting and Fishing Safety: Improving the Fit between Forecasts and Harvester Needs. *Journal of Agromedicine*, 24(4), 324–332. <https://doi.org/10.1080/1059924x.2019.1639576>
12. Lee, B., McNeil, D., & Lim, A. (2017). Spline interpolation for forecasting world tuna catches. In *Proceedings of the 2nd International Statistical Institute Regional Statistics Conference* (pp. 801-807). Bank Indonesia. [https://www.isi-web.org/files/docs/2nd-isi-rsc-2017\\_proceedings.pdf](https://www.isi-web.org/files/docs/2nd-isi-rsc-2017_proceedings.pdf)
13. Watanabe, K. (2016). In-season Forecast of Chum Salmon Return Using Smoothing Spline. *Fisheries and Aquaculture Journal*, 7(2), Article 173. <https://www.longdom.org/open-access/inseason-forecast-of-chum-salmon-return-using-smoothing-spline-2150-3508-1000173.pdf>
14. State Fisheries Agency of Ukraine. (2020). *Information About Fishing* [Data set]. Retrieved March 7, 2020, from [https://darg.gov.ua/informacija\\_pro\\_obsjagi\\_0\\_0\\_0\\_10811\\_1.html](https://darg.gov.ua/informacija_pro_obsjagi_0_0_0_10811_1.html)
15. State Fisheries Agency of Ukraine. (2020). *Registers of the State Fisheries Agency of Ukraine* [Data set]. Retrieved March 7, 2020, from [https://darg.gov.ua/rejestr\\_naboriv\\_daniv\\_shcho\\_0\\_0\\_0\\_10809\\_1.html](https://darg.gov.ua/rejestr_naboriv_daniv_shcho_0_0_0_10809_1.html)
16. FAO. (2020). *Government Expenditure* [Data set]. Retrieved March 7, 2020, from <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/IG>
17. FAO. (2020). *Food Balances* [Data set]. Retrieved March 7, 2020, from <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/BL>
18. FAO. (2020). *Food supply* [Data set]. Retrieved March 7, 2020, from <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/CL>
19. FAO. (2020). *Fish catch by country* [Data set]. Retrieved March 7, 2020, from <http://www.fao.org/faostat/fishery/docs/STAT/summary/a2.pdf>
20. Kohonen, T. (2001). *Self-Organizing Maps* (3rd ed.). Springer.
21. Lukianenko, O., & Miroshnychenko, I. (2016). Kompleks modelei otsiniuvannia investytsiinoho potentsialu krainy [Complex of evaluation models of investment potential of the country]. *Neuro-Nechitki Tekhnologii Modelyuvannya v Ekonomitsi (Neuro-Fuzzy Modeling Techniques in Economics)*, 5, 93-122. <https://doi.org/10.33111/nfnte.2016.093> [in Ukrainian]
22. Matviychuk, A., Lukianenko, O., & Miroshnychenko, I. (2019). Neuro-fuzzy model of country's investment potential assessment. *Fuzzy economic review*, 24(2), 65-88. <https://doi.org/10.25102/fer.2019.02.04>

Стаття надійшла до редакції 30.07.2020