

УДК 614.84:519.257 (477)

Супрович М. П.

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри фізики, охорони праці та інженерії середовища
Навчально-наукового інституту енергетики
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
м. Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: kokas2008@ukr.net

Шутяк О. В.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри фізики, охорони праці та інженерії середовища
Навчально-наукового інституту енергетики
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
м. Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: shutjak@gmail.com

СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ ЧИСЕЛЬНОСТІ ПОЖЕЖ В УКРАЇНІ

Анотація

Серед можливих небезпек пожежі, безперечно, посідають одне з перших місць. В Україні спостерігається тенденція до зростання кількості пожеж і збитків, яких вони завдають. Тому виявлення структури причинно-наслідкових закономірностей цього небезпечного явища має велике значення для розроблення заходів для зменшення негативних наслідків пожеж. Значний масив статистичної інформації про пожежі та їхні наслідки, який щорічно збирається й оприлюднюється Українським науково-дослідним інститутом цивільного захисту, дає можливість провести низку статистичних досліджень в означеному аспекті. У роботі поставлено завдання дослідити структурні зміни в поширенні чисельності пожеж у регіонах України впродовж останніх 9 років.

Дослідження базується на статистичних даних 2013–2021 років щодо поширення пожеж у 24 областях і місті Києві. Для виявлення структурних змін проведено оцінку інтенсивності структурних зрушень за 5 індексами: показниками лінійного та квадратичного коефіцієнтів абсолютних структурних зрушень, коефіцієнтом структурних розбіжностей Гатєва, узгальнюючим показником структурних зрушень Салаї й індексом Рябцева. На основі кластерного аналізу виявлено однорідні групи за кількістю пожеж, розглянуто причини структурних змін для періодів максимальних і мінімальних зрушень.

Найбільша відмінність у структурі чисельності пожеж мала місце між парою 2013 і 2019 років. Саме для неї оціночні індекси мають максимальні значення. За квадратичним коефіцієнтом суттєві структурні зрушення характерні для більшості пар щодо 2013 і 2014 років. Дане спостереження підтверджується показниками індексу Рябцева, згідно з якими означені групи мають істотний рівень відмінностей. Мінімальні структурні зміни виявлено для пар 2013 ∨ 2015; 2017 ∨ 2018; 2015 ∨ 2021 і 2020 ∨ 2021 років. Лінійна апроксимація за всіма індексами показала, що структурні зрушення в кількості пожеж мають тенденцію до зростання.

На базі кластерного аналізу побудовано UPGMA-дендрограму, на якій виділено три однорідні групи регіонів за чисельністю пожеж. Порівняння їх кількості у 2013 і 2019 роках показало, що основні структурні зрушення формуються першою групою, у яку ввійшли 6 областей: Харківська, Київська, Одеська, Запорізька, Донецька, Дніпропетровська, та мість Київ, тобто адміністративно-територіальні суб'єкти, де проживає більшість населення, виробляється основна частка промислової продукції та зосереджені основні енергетичні потужності країни. Суттєві структурні зрушення в чисельності пожеж із 2013 по 2021 рік характерні для всіх областей і місті Києва I групи і всіх областей (окрім Кіровоградської) III групи. Дане спостереження підтверджується показниками коефіцієнта Рябцева. Усі області I та III груп мають істотний або значний рівень відмінностей структури чисельності пожеж. У другому кластері лише 4 області – Закарпатська, Луганська, Полтавська і Чернігівська – мають істотний рівень зрушень. Наявний обсяг статистичних даних дозволяє розширити структурний аналіз із використанням інших показників стану пожежної безпеки, як-от чисельність пожеж у містах і селах, чисельність загиблих і травмованих, матеріальні втрати від пожеж, кількість пожеж на 10 тисяч населення, збитки на 10 тисяч населення тощо.

Ключові слова: пожежі, статистика, структурні зміни, коефіцієнти абсолютних структурних зрушень, коефіцієнт Гатєва, показник Салаї, індекс Рябцева, кластеризація.

Вступ. Пожежа – це небезпечне явище повсякденного буття, яке характеризується сукупністю небезпечних чинників. Вони створюють пряму загрозу життю та здоров'ю людини, завдають збитків природі та техносфері, призводять до значних економічних і матеріальних втрат. Економіка зазнає величезних збитків через втрату робочої сили та робочого часу, недоотримання продукції, зменшення валового внутрішнього продукту та знищення виробничої інфраструктури. Упродовж 2021 р. в Україні зареєстровано 79 457 пожеж, унаслідок яких загинуло 1 853 людини (серед яких 35 дітей), 1 383 людей отримали травми (серед яких 90 дітей). Матеріальні втрати від пожеж становили 13 363 545 тис. грн (із них прямі збитки становлять 3 181 197 тис. грн, побічні – 10 182 348 тис. грн), що становить трохи більше 1,1% від розміру запланованих доходів державного бюджету України [1].

Пожежі – досить поширене явище. Обробка статистичного матеріалу щодо пожеж дозволяє виявити причинно-наслідкові закономірності цього явища та розробити заходи, спрямовані на зменшення негативних наслідків. Статистичні дані збираються, обробляються й узагальнюються в Українському науково-дослідному інституті цивільного захисту. База даних містить декілька десятків позицій, а саме: дані про загальну кількість пожеж і їх поширеність у містах, селах, житловому секторі, житлових будинках; дані про чисельність загиблих і травмованих людей; дані про величину матеріальних збитків; причини виникнення пожеж тощо [1–4].

Пожежна безпека в цивілізованій державі забезпечує умови нормального функціонування економіки та безпеки життєдіяльності людини і є складовою частиною загальної стратегії національної безпеки. Складники такої стратегії такі: виявлення можливих джерел потенційної пожежної небезпеки; моніторинг і аналіз стану та причин пожежної небезпеки; проведення ефективної інвестиційної політики з метою створення безпечних умов для суспільства й економіки; ефективна взаємодія державних органів у процесі реалізації стратегії пожежної безпеки тощо [5]. У результаті проведеного аналізу статистичних даних можна виявляти закономірності щодо причин виникнення пожеж, причин загибелі людей на пожежах, ефективності використання різних видів протипожежної техніки та вогнегасних речовин, ефективності проведення профілактичної протипожежної агітації, інші закономірності, і на основі цих закономірностей розробляти заходи щодо запобігання виникненню пожеж, зменшення кількості людей, що гинуть на пожежах, чи інші заходи або напрями протипожежної роботи [6].

Структура причинно-наслідкових зв'язків у разі пожеж є складним багатограним явищем, яке зумовлено складністю системи «людина – пожежа». Зазвичай дослідження і вивчення таких надскладних систем ґрунтуються на принципах системно-структурного підходу. Його базовий принцип полягає в тому, що будь-яка складна система може бути поділена на простіші підсистеми. Водночас необхідно дотримуватися принципу структурності, який полягає в тому, що підсистема зберігає свої основні властивості у вигляді сукупності стійких зв'язків і тотожності самій собі, за наявності будь-яких внутрішніх і зовнішніх змін. Кожна підсистема може розглядатися як окрема система на більш низькому або простому рівні [7].

Ефективність протипожежних заходів безпосередньо пов'язана зі структурою системи «людина – пожежа» та динамікою змін, які в ній протікають. Тому логічно виділити з неї більш прості підсистеми та застосувати окремі методи дослідження. Нині у вивченні неоднорідних структур з великою кількістю енд- й екзогенних чинників широко застосовуються методи оцінювання структурних зрушень. Цей метод є універсальним і може застосовуватись для досліджень будь-яких цілісних секторальних структур [8].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Статистичні дослідження пожеж досить поширені, адже база даних причин і наслідків цього явища доступна широкому загалу дослідників і досить багата різноманітними показниками, що розширює можливості досліджень [5; 6; 9; 10]. Одним із напрямів забезпечення обґрунтованого ухвалення рішень у сфері пожежної безпеки є аналіз статистики пожеж із використанням сучасних економетричних методів. У цьому плані цікаві результати, отримані в дослідженні взаємозв'язку між економічною та пожежною безпекою регіонів України на основі кластеризації з використанням статистичних показників, які характеризують стан пожежної безпеки [11]. Кластеризація за показниками пожежної й економічної безпеки показала, що ці два чинники як фундаментальна основа національної безпеки держави взаємозалежні як у країні загалом, так і на рівні окремих регіонів.

Методи оцінювання структурних зрушень (метод “shift-share”) [12; 13] здебільшого використовуються в дослідженнях у сфері економічної діяльності [14]. Динамічний аналіз показників структури – один із найважливіших засобів вивчення закономірностей розвитку економічних явищ у часі. Структурні зрушення, зокрема, відображають різні темпи зростання виробництва продукції за видами економічної діяльності, зміну питомої ваги галузей у регіонах тощо [15]. Останнім часом методологія таких досліджень застосовується для різноманітних сфер діяльності. Зокрема, методи оцінювання структурних зрушень використовуються в дослідженнях рівня виробничого травматизму в регіональному та галузевому розрізі [16; 17], статистики колективних засобів розмішування в туризмі [18], здоров'я населення [19], рівня злочинності [20], об'єктів нерухомості [21] тощо.

Мета. Для спрощення вивчення складних об'єктів системно-структурний підхід, окрім виокремлення простіших підсистем, передбачає використання зальних методів дослідження, як-от аналіз і синтез, аналогія та моделювання, індукція та дедукція, абстрагування та конкретизація тощо. Універсальність методу оцінювання структурних зрушень дозволяє класифікувати його як метод системного дослідження та застосувати для вивчення особливостей у системі «людина – пожежа».

Структура пожеж завжди має певний ступінь рухомості та властивість змінюватися із часом як кількісно, так і в якісно. Тому велике практичне значення мають дослідження динаміки такої структури за будь-якими показниками, оцінювання структурних зрушень, виявлення та характеристика основних тенденцій таких змін.

У роботі поставлено завдання розглянути структурні зміни поширення пожеж у регіонах України впродовж останніх 9 років, провести їх аналіз на основі інтегральних коефіцієнтів, які використовуються для оцінювання таких зрушень. На основі кластерного аналізу виявити групи регіонів з однаковим рівнем кількості пожеж і розглянути причини структурних змін для періодів максимального та мінімального відхилення в досліджуваних структурах.

Методологія. Дослідження базується на статистичних даних щодо поширення пожеж у різних регіонах (24 області та місто Київ), які перебувають у вільному доступі [1–4]. З метою формування загального уявлення

щодо змін, які відбувались протягом досліджуваного періоду, проведено оцінку інтенсивності структурних зрушень за допомогою 5 показників: лінійного та квадратичного коефіцієнтів абсолютних структурних зрушень, коефіцієнта структурних розбіжностей Гатєва, узагальнюючого показника структурних зрушень Салаї й індексу Рябцева [14; 22].

Структуру динамічної статистичної сукупності можна дослідити двома способами на основі:

- абсолютних показників, які характеризують обсяги відповідних частин цілого в тих чи інших одиницях виміру;
- відносних показників, які є абстрактними числами у вигляді відсотків, коефіцієнтів, проміле тощо [23].

У нашому дослідженні використано два абсолютні показники:

- лінійний коефіцієнт абсолютних структурних зрушень, який визначається як сума приросту питомої ваги за модулем, поділена на кількість структурних частин, та відображає середню зміну питомої ваги за весь період за всіма складниками сукупності:

$$K_{\text{лінійний}} = \sum_{i=1}^n |d_{ij} - d_{ij-1}| / n, \quad (1)$$

де d_{ij} – частка i -того елемента структури в j -ий період;

d_{ij-1} – частка i -того елемента структури в період, який передує j -ому;

n – кількість градацій у структурах.

Чим більше величина лінійного коефіцієнта абсолютних структурних зрушень, тим більше в середньому відхиляються один від одного питомі ваги окремих частин за два порівнювані періоди, тим сильніше абсолютні структурні зрушення. Якщо структури за ці періоди збігаються, то даний коефіцієнт буде дорівнювати нулю.

- квадратичний коефіцієнт абсолютних структурних зрушень показує відсоткову динаміку відхилення питомої ваги структурних елементів один від одного в заданій сукупності протягом визначеного періоду:

$$K_{\text{квадратичний}} = \sqrt{\sum (d_{ij} - d_{ij-1})^2 / n}. \quad (2)$$

Лінійний і квадратичний коефіцієнти визначаються у відсоткових пунктах (далі – в.п.).

Також для розширення можливостей аналізу використано три відносні показники:

- інтегральний коефіцієнт структурних зрушень К. Гатєва, який оцінює суттєвість структурних відмінностей у відносному вигляді шляхом урахування інтенсивності змін за окремими групами структурних елементів і змін їхньої питомої ваги в загальній сукупності, яка досліджується:

$$K_G = \sqrt{\frac{\sum (d_i - d_0)^2}{\sum d_i^2 - \sum d_0^2}}, \quad (3)$$

де d_0 – частка структурного елемента в загальній сукупності за базовий період;

d_i – частка структурного елемента в поточному періоді;

- узагальнюючий показник структурних зрушень А. Салаї. На відміну від попереднього індексу за рівнозначних початкових даних він ураховує не тільки інтенсивність змін за окремими групами структурних елементів і їхню частку в загальній сукупності, але й кількість груп:

$$K_C = \sqrt{\frac{\sum (d_i - d_0)^2}{\sum (d_i + d_0)^2}} / n; \quad (4)$$

- індекс В. Рябцева, який дає змогу аналізувати відхилення від нормованого розвитку структури та визначається у вигляді фактичної розбіжності значень двох структур із їх максимально допустимою величиною:

$$K_P = \sqrt{\frac{\sum (d_i - d_0)^2}{\sum (d_i + d_0)^2}}. \quad (5)$$

Важливою перевагою індексу Рябцева є наявність шкали оцінок його значень (табл. 1).

Таблиця 1. Шкала оцінювання індексу Рябцева

Інтервал значень	Характеристика міри структурних відмінностей
0–0,03	Тотожність структур
0,031–0,07	Дуже низький рівень відмінностей структур
0,071–0,15	Низький рівень відмінностей структур
0,151–0,3	Істотний рівень відмінностей структур
0,301–0,5	Значний рівень відмінностей структур
0,501–0,7	Дуже значний рівень відмінностей структур
0,701–0,9	Протилежний тип структур
0,901 та вище	Цілковита протилежність структур

Відносні показники можуть набувати значень від нуля до одиниці. Чим ближче отримане значення до одиниці, тим значніші структурні зміни.

Для виділення однорідних груп регіонів із певним рівнем впливу на сукупне значення досліджуваних показників проведена кластеризація. Статистичну обробку даних проводили у стандартному пакеті “Microsoft Excel 2013” з використанням інтегрованого пакету StatistixL 2.0 (<http://www.statistixl.com/>) для побудови дендрограм.

Результати та обговорення. Динаміка структури змінює внутрішній зміст досліджуваних об’єктів та їх інтерпретацію, призводить до зміни причинно-наслідкових зв’язків. Е даній роботі визначено систему показників, яка дає змогу оцінити структурні зрушення такого явища, як поширення пожеж у регіонах України, визначити окремі регіональні характеристики цих зрушень та їхній напрям.

Структура – це сукупність одиниць, які мають певну стійкість внутрішньо-групових зв’язків за збереження основних особливостей, які характеризують цей набір як ціле. Для аналізу структурних зрушень застосовується індексний метод. Головне завдання індексного аналізу полягає у визначенні ступеня впливу факторних змін на величину усередненого показника та змін у структурі явища. Це завдання вирішується шляхом визначення й аналізу системи взаємопов’язаних показників.

Аналіз структурних змін чисельності пожеж у регіональному розрізі впродовж 2013–2021 рр. проведено на основі 5 індексів (табл. 2–4). Кожен з індексів має переваги та недоліки. Тому для досягнення оптимального результату розглянемо визначені індекси комплексно.

Таблиця 2. Порівняльний аналіз структурних зрушень чисельності пожеж у регіонах України у 2013–2021 рр. за показниками лінійного та квадратичного коефіцієнтів (в.п.)

Середній лінійний коефіцієнт абсолютних структурних зрушень									
	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.
2013 р.		0,395	0,963	1,33	1,16	1,034	1,38	1,13	1,14
2014 р.	0,638		0,881	1,29	1,08	0,946	1,33	0,999	1,02
2015 р.	2,02	1,95		0,763	0,759	0,559	0,684	0,637	0,495
2016 р.	2,2	2,14	1,1		0,72	0,787	0,904	0,983	0,773
2017 р.	2,22	2,17	1,08	1,02		0,427	0,775	0,771	0,525
2018 р.	2,04	1,98	0,757	1,2	0,617		0,693	0,743	0,527
2019 р.	2,59	2,53	0,974	1,33	1,03	0,936		0,765	0,586
2020 р.	1,97	1,96	0,833	1,34	1,05	0,937	1,03		0,434
2021 р.	2,18	2,13	0,644	1,07	0,738	0,667	0,748	0,567	
Середній квадратичний коефіцієнт абсолютних структурних зрушень									

Таблиця 3. Порівняльний аналіз структурних зрушень чисельності пожеж у регіонах України у 2013–2021 рр. за коефіцієнтами Гатєва та Салаї

Інтегральний коефіцієнт структурних розбіжностей Гатєва									
	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.
2013 р.		0,089	0,295	0,316	0,319	0,296	0,377	0,285	0,317
2014 р.	0,072		0,282	0,304	0,308	0,284	0,364	0,28	0,306
2015 р.	0,143	0,131		0,163	0,161	0,114	0,147	0,125	0,097
2016 р.	0,181	0,167	0,111		0,149	0,178	0,197	0,197	0,158
2017 р.	0,159	0,144	0,121	0,116		0,091	0,153	0,154	0,109
2018 р.	0,139	0,129	0,088	0,122	0,071		0,14	0,139	0,1
2019 р.	0,198	0,184	0,102	0,125	0,133	0,11		0,154	0,112
2020 р.	0,153	0,149	0,117	0,153	0,119	0,108	0,117		0,085
2021 р.	0,160	0,156	0,092	0,121	0,095	0,076	0,09	0,079	
Узагальнюючий показник структурних зрушень Салаї									

У таблицях виділено максимальні (напівжирний шрифт) і мінімальні (напівжирний похилий шрифт) значення індексів. Найбільша відмінність у структурі чисельності пожеж характерна для 2013 і 2019 рр. Саме для цієї пари всі 5 індексів мають максимальні значення ($K_{\text{лин}} = 1,38$ в.п.; $K_{\text{кв}} = 2,59$ в.п.; $K_{\text{Г}} = 0,377$; $K_{\text{С}} = 0,198$; $K_{\text{р}} = 0,276$). Тому подальший аналіз стосовно чинників, які зумовили найбільші структурні відмінності в чисельності пожеж, досить провести лише для визначеної пари років.

Найменша відмінність виявлена для пари 2020–2021 рр. за трьома індексами: $K_{\text{кв}} = 0,567$ в.п.; $K_{\text{Г}} = 0,085$ і $K_{\text{р}} = 0,06$. За середнім лінійним коефіцієнтом найменші структурні зрушення відбулися між 2013 і 2014 рр. ($K_{\text{лин}} = 0,395$ в.п.), а за показником Салаї – між 2017 і 2018 рр. ($K_{\text{С}} = 0,071$).

Таблиця 4. Порівняльний аналіз структурних зрушень чисельності пожеж у регіонах України у 2013–2021 рр. за індексом Рябцева

	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.
2013 р.	0,063	0,213	0,229	0,231	0,214	0,276	0,206	0,23
2014 р.		0,203	0,220	0,223	0,205	0,267	0,202	0,222
2015 р.			0,116	0,115	0,081	0,105	0,089	0,069
2016 р.				0,106	0,127	0,14	0,141	0,113
2017 р.					0,065	0,108	0,109	0,077
2018 р.						0,1	0,099	0,071
2019 р.							0,109	0,08
2020 р.								0,06

Ідентичність змісту середнього лінійного та середнього квадратичного коефіцієнтів абсолютних структурних зрушень не варто розуміти як їхню тотожність. Лінійний коефіцієнт простіший у розрахунках, однак квадратичний – більш чутливий до змін у структурних зрушеннях. За фактично різної абсолютної величини структурних зрушень у двох порівнюваних сукупностях лінійні коефіцієнти можуть мати однакове значення, тоді як квадратичні будуть відображати різницю в інтенсивності зрушень [23]. Шкала вимірювання структурних зрушень за квадратичним коефіцієнтом розподіляється таким чином: незначні структурні зрушення – менше 2%, суттєві структурні зрушення – від 2 до 10%, великі структурні зрушення – більше 10%. Аналіз табл. 1 показує, що суттєві структурні зрушення характерні для 6 груп стосовно 2013 р. та 4 груп – 2014 р., а саме: **2013 р.** → 2015 р.; 2016 р.; 2017 р.; 2018 р.; 2019 р.; 2021 р. та **2014 р.** → 2016 р.; 2017 р.; 2019 р.; 2021 р.

Це спостереження підтверджується шкалою оцінювання індексу Рябцева (табл. 3). Згідно з розрахунковими величинами цього індексу означені вище групи дещо розширюються на істотному рівні міри структурних відмінностей ($0,151 \leq K_P \leq 0,3$), а саме: **2013 р.** → 2015 р.; 2016 р.; 2017 р.; 2018 р.; 2019 р.; 2020 р.; 2021 р. та **2014 р.** → 2015 р.; 2016 р.; 2017 р.; 2018 р.; 2019 р.; 2020 р.; 2021 р. Дуже низький рівень відмінностей структур характерний для 4 груп: **2013** → 2015 рр.; 2017 → 2018 рр.; 2015 → 2021 рр.; 2020 → 2021 рр.

Щоб виявити загальну тенденцію структурних змін, було проведено лінійну апроксимацію величин інтегральних коефіцієнтів (рис. 1). Отримані лінійні рівняння та їх графічна інтерпретація чітко показують зростання динаміки структурних зрушень пожежної безпеки у країні, установлені за показниками кількості пожеж за регіонами.

Основне призначення розглянутих індексів – охарактеризувати інтенсивність структурних зрушень загалом. Інтегральні коефіцієнти дають лише їх зведену кількісну оцінку. За їхньою зміною на часовій шкалі вдалося встановити динаміку щодо зростання інтенсивності зрушень, але напрям, у якому вони відбуваються, покращилась чи погіршилась структура досліджуваної сукупності, причини її змін невідомі. Для цього необхідно виявити напрям і характер зміни питомих ваг частин сукупності, тобто провести більш детальний аналіз із використанням наявної статистики за ті роки, де структурні зрушення мали максимуми та мінімуми.

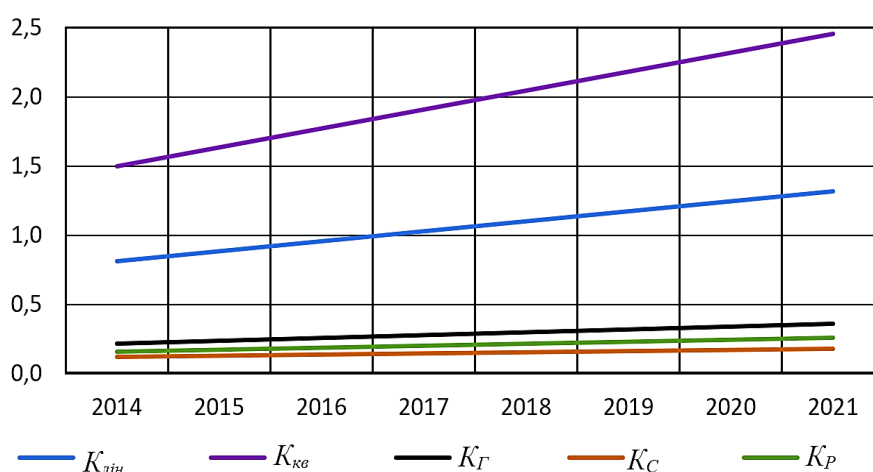


Рис. 1. Лінійна апроксимація коефіцієнтів структурних зрушень

Для поглибленого аналізу структурних змін чисельності пожеж, зважаючи на гетерогенність їх поширення в регіонах, було виділено однорідні групи областей шляхом побудови кластерної діаграми.

Визначення оптимальних груп регіонів проведено на базі відбору серед декількох десятків дендрограм на основі коефіцієнта кофенетичної кореляції (R). Інтегрований пакет Statistix 2.0 дозволяє виконати пошук оптимального варіанту кластеризації із графічним відображенням дендрограми шляхом перебору різних методів

кластеризації та метрик. У нашому дослідженні найбільше значення $R = 0,87$ (за $P \rightarrow 0$) досягнуто для кластеризації методом групового середнього (UPGMA) для типу відстаней Мінковського (параметрична метрика на евклідовому просторі, яку можна розглядати як узагальнення евклідової та манхетенської відстаней).

Отримана UPGMA-дендрограма має три кластери п'ятого порядку з вузлами на відстанях 35; 9,75 та 5,46 од., які визначають три групи регіонів для аналізу (рис. 2).

Група I включає 6 областей: Харківську, Київську, Одеську, Запорізьку, Донецьку, Дніпропетровську, місто Київ; група II – 9 областей: Івано-Франківська, Вінницька, Херсонська, Миколаївська, Чернігівська, Полтавська, Закарпатська, Житомирська та Луганська; група III – 8 областей: Сумська, Кіровоградська, Черкаська, Тернопільська, Хмельницька, Волинська, Рівненська та Чернівецька. В окремий кластер на відстані 18,2 од. потрапила Львівська область, яку надалі за результатами кластеризації та побудови UPGMA-дендрограми на основі даних загальної чисельності пожеж у межах досліджуваного періоду віднесено до групи II.

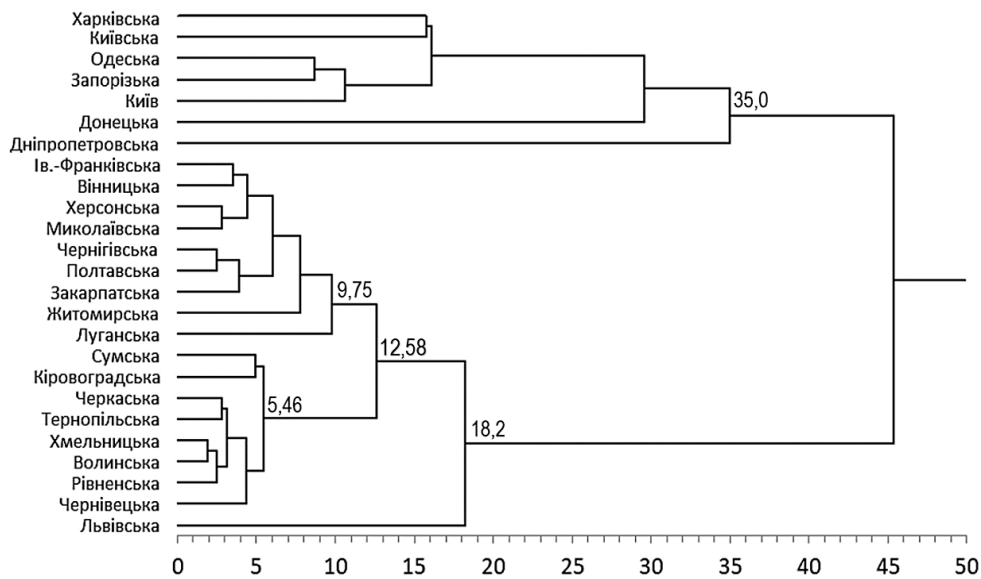


Рис. 2. Дендрограма кластеризації регіонів за показниками часток від кількості пожеж у 2013–2021 рр.: Cophenetic Correlation: $R = 0,87$; $dF = 298$; $p = 0$; Distance Matrix (Minkowski); Cluster Method = Group Average

Розглянемо динаміку чисельності пожеж за встановленими кластерними групами. Для кожної з них розраховується середнє арифметичне кількості пожеж, між якими попередньо було встановлено максимальний (2013 і 2019 рр.) рівень структурних зрушень (рис. 3).

Максимальні зрушення на рівні 1,2% характерні для групи I, у якій згруповано регіони з найбільшою питомою вагою пожеж. Це області, де проживає більшість населення, виробляється основна частка промислової продукції та зосереджені основні енергетичні потужності країни. Саме у Дніпропетровській, Харківській, Київській, Одеській, Запорізькій областях та в місті Києві натепер розташовано найбільшу кількість потенційно пожежонебезпечних об'єктів. У 2013 р. до цього переліку належала Луганська область. У 2019 р. економічна та промислова діяльності в Луганському та Донецькому регіонах значно погіршилась, що позитивно відбилося на пожежній статистиці. Для II та III кластерів сумарна кількість пожеж перебуває в межах 40% і коливання між 2013 і 2019 рр. не перевищують 0,7%. Тому їхній вплив на виявлений зсув був значно менший. Окрім того, регіональний аналіз пожежної безпеки в Україні дає змогу зробити висновок: найвища пожежна небезпека спостерігається загалом в областях Східного та Південного регіонів, найменша – в областях Західного регіону [11].

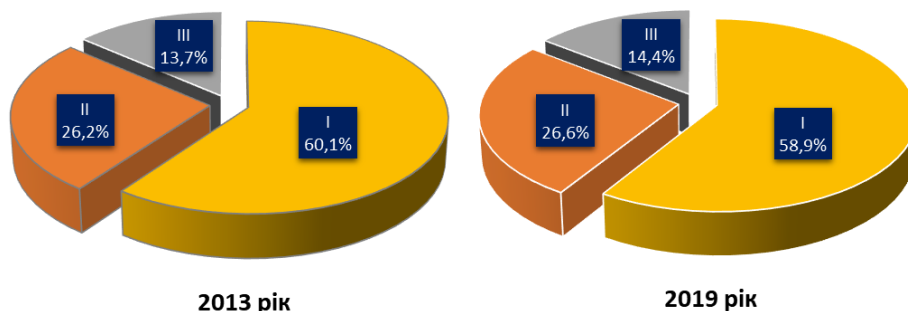


Рис. 3. Питома вага регіонів за середнім арифметичним кількості пожеж у 2013 та 2019 рр.

Щоб виявити вплив на структурні зміни кількості пожеж кожного регіону протягом останніх дев'яти років, визначено величини лінійного та квадратичного коефіцієнтів структурних зрушень, коефіцієнта структурних розбіжностей Гатєва, показника структурних зрушень Салаї й індексу Рябцева (табл. 5).

Таблиця 5. Інтенсивність структурних зрушень чисельності пожеж у регіонах України із 2013 по 2021 рр.

Області	Показники інтенсивності структурних зрушень				
	$K_{ли}$	$K_{ка}$	$K_{г}$	$K_{с}$	$K_{р}$
	І група				
Дніпропетровська	7,53	7,18	0,59	0,48	0,46
Донецька	4,13	5,49	0,55	0,33	0,42
Запорізька	2,72	2,87	0,35	0,25	0,26
м. Київ	2,65	2,58	0,32	0,24	0,23
Київська	3,71	4,10	0,45	0,32	0,34
Одеська	3,47	3,42	0,39	0,30	0,29
Харківська	4,34	4,26	0,45	0,35	0,34
	ІІ група				
Вінницька	0,93	0,92	0,17	0,13	0,12
Житомирська	0,60	0,70	0,12	0,09	0,08
Закарпатська	1,80	1,75	0,35	0,28	0,26
Ів.-Франківська	0,78	0,88	0,16	0,13	0,11
Луганська	1,26	1,36	0,24	0,20	0,17
Львівська	0,71	0,85	0,13	0,09	0,09
Миколаївська	0,84	0,89	0,16	0,13	0,11
Полтавська	1,31	1,30	0,25	0,20	0,18
Херсонська	0,97	1,00	0,19	0,15	0,13
Чернігівська	1,42	1,38	0,27	0,21	0,19
	ІІІ група				
Волинська	2,71	2,55	0,56	0,46	0,43
Кіровоградська	1,99	1,90	0,39	0,31	0,29
Рівненська	2,58	2,45	0,53	0,44	0,40
Сумська	2,18	2,09	0,44	0,36	0,32
Тернопільська	2,37	2,26	0,48	0,39	0,36
Хмельницька	2,86	2,70	0,60	0,50	0,47
Черкаська	2,45	2,31	0,50	0,40	0,37
Чернівецька	3,13	2,95	0,67	0,57	0,53

За квадратичним коефіцієнтом суттєві структурні зрушення в чисельності пожеж із 2013 по 2021 рр. характерні для всіх областей і міста Києва І групи та всіх областей (окрім Кіровоградської) ІІІ групи. Дане спостереження підтверджується показниками коефіцієнта Рябцева. Усі області І та ІІІ груп мають істотний або значний рівень відмінностей структур чисельності пожеж, а для Чернівецької області він оцінюється як дуже значний. У другому кластері лише 4 області – Закарпатська, Луганська, Полтавська та Чернігівська – мають істотний рівень зрушень. Отже, зміна структури кількості пожеж у часовому вимірі визначається для більшості адміністративно-територіальних суб'єктів України.

Висновки та пропозиції. За результатами дослідження структурних змін чисельності пожеж на території України за останні десять років за лінійним і квадратичним коефіцієнтами абсолютних структурних зрушень, коефіцієнтом Гатєва, показником Салаї й індексом Рябцева встановлено:

– максимальна відмінність у структурі чисельності пожеж характерна для 2013 і 2019 рр., а мінімальна – для 2020 і 2021 рр.;

– структурні зрушення в кількості пожеж мають тенденцію до зростання;

– основні розбіжності у структурі пожеж формуються групою із 7 адміністративно-територіальних суб'єктів України (Харківська, Київська, Одеська, Запорізька, Донецька, Дніпропетровська області та місто Київ), у яких зосереджена більшість населення, виробляється більша частка промислової продукції та розташовуються основні енергетичні потужності країни;

– рівень структурних змін у 2013–2021 рр. для більшості областей за квадратичним коефіцієнтом абсолютних структурних зрушень і коефіцієнтом Рябцева оцінюється як істотний або значний.

Для повноти аналізу бажано провести аналогічні дослідження для інших показників пожежної безпеки, як-от: чисельність пожеж у містах і селах, чисельність загиблих і травмованих, матеріальні втрати від пожеж, кількість пожеж на 10 тис. населення, збитки на 10 тис. населення тощо.

Список використаних джерел

1. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2021 р. URL: https://idundcz.dsns.gov.ua/files/2021/Statustuka/Analitichna%20dovidka%20pro%20pojeji_12.2021.pdf.
2. Статистика пожеж та їх наслідків за 2018 р. URL: https://otipb.at.ua/load/statistika_pozhezh_ta_jikh_naslidkiv_za_2018_rik/24-1-0-5507.
3. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2020 р. URL: https://idundcz.dsns.gov.ua/files/2020/Nauka/STATYSTYKA/Analitichna%20dovidka%20pro%20pojeji_12.2020.pdf.
4. Статистика пожеж та їх наслідків в Україні за 2013–2016 рр. URL: https://idundcz.dsns.gov.ua/files/2020/6/15/Статистика_2013-2016.pdf.
5. Аналіз причин виникнення пожеж як основа розроблення нової стратегії забезпечення пожежної безпеки в Україні / О.М. Мартин та ін. *Глобальні та національні проблеми економіки* : електронне наукове видання. 2016. № 12. С. 107–112.
6. Аналіз статистичних даних про пожежі та їх наслідки в житловому секторі України / М.В. Білошицький та ін. *Пожежна безпека: теорія і практика*. 2013. № 14. С. 9–14.
7. Супрович М.П. Взаємозв'язки між структурними елементами системи «людина – життєве середовище». *Безпека життєдіяльності*. 2003. № 9. С. 12–14.
8. Structural Change, Fundamentals, and Growth: A Framework and Country Studies / M. McMillan et al. Washington DC : International Food Policy Research Institute, 2017. DOI: 10.2499/9780896292147.
9. Аналіз статистичних даних щодо реагування на небезпечні події, пов'язані з пожежами, в Україні / Р.В. Климась та ін. *Запобігання надзвичайним ситуаціям і їх ліквідація* : матеріали науково-практичного семінару. 2019. Харків : НУЦЗУ. С. 76–78.
10. Борис О.П. Визначення напрямів державного регулювання у сфері пожежної безпеки на основі розгляду даних статистики пожеж. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2019. № 1 (7). С. 85–91.
11. Мартин О.М., Завада О.П. Пожежна та економічна безпека в Україні, їх взаємозв'язок: регіональні аспекти. *Глобальні та національні проблеми економіки* : електронне наукове видання. 2016. № 11. С. 17–22.
12. Trubnik T.Y., Mazurenko O.K. The Shift-Share Method: An instrument for analyzing the dynamics of industry structure of the economy. *Statistics of Ukraine*. 2019. № 87 (4). P. 36–47. DOI: 10.31767/su.4(87)2019.04.05.
13. Zaccomer G.P. Shift-share analysis with spatial structure: an application to Italian industrial districts. *Transition studies review*. 2006. № 13 (1). P. 213–227.
14. Романова Т.В. Інтегральні показники оцінювання структурних зрушень в економіці. *Економіка і регіон*. 2016. № 6 (61). С. 20–27.
15. Калініна А.Г. Оцінка структурних зрушень в економіці регіонів України. *Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія «Економічні науки»*. 2016. №31(1). С.184–188.
16. Статистичний аналіз рівня виробничого травматизму в Україні у регіональному розрізі / Ю.В. Буц та ін. *Комуніальне господарство міст. Серія «Технічні науки та архітектура»*. 2019. № 3 (149). С. 169–174. DOI: 10.33042/2522-1809-2019-3-149-169-174.
17. Статистичний аналіз рівня виробничого травматизму в Україні у галузевому розрізі / Ю.В. Буц та ін. *Комуніальне господарство міст. Серія «Технічні науки та архітектура»*. 2019. № 5 (151). С. 87–93. DOI: 10.33042/2522-1809-2019-5-151-87-93.
18. Підгорний А.З., Милашко О.Г. Статистика туризму : навчальний посібник. 2014. Одеса : ОНЕУ. 204 с.
19. Федоришина Л.М. Узагальнююча характеристика методів оцінювання здоров'я дитячого населення. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2018. № 3 (14). С. 302–309.
20. Яковенко В. Методологічні аспекти комплексної оцінки рівня злочинності у сучасних умовах. *Розвиток прикордонних регіонів в системі транскордонного співробітництва: сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій та економіко-математичного моделювання в системі транскордонного співробітництва*. Чернівці : Місто, 2017. С. 240–243.
21. Статистичні методи в управлінні розвитком регіону : монографія / за заг. ред. А.З. Підгорного. Одеса : ФОП Гуляєва В.М., 2016. 218 с.
22. Шаповалов В.В. Дослідження змін в структурі ВВП країн G7 на базі розрахунків інтегральних індексів. *Молодіжний економічний вісник Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця*. 2015. № 5. С. 263–266.
23. Маслій В.В. Методика аналізу структури прямих іноземних інвестицій за видами економічної діяльності. *Українська наука: минуле, сучасне, майбутнє*. 2013. № 18. С. 106–115.

Suprovych M. P.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor
at the Department of Physics, Labour Protection and Environmental Engineering
of Educational and Scientific Institute of Energy,
Higher Educational Institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: kokas2008@ukr.net

Shutyak O. V.

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor
at the Department of Physics, Labour Protection and Environmental Engineering
of Educational and Scientific Institute of Energy,
Higher Educational Institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: shutjak@gmail.com

STRUCTURAL ANALYSIS OF THE NUMBER OF FIRES IN UKRAINE

Abstract

Among the possible dangers, fires definitely rank first. In Ukraine, there is a growing trend in the number of fires and the damage they cause. Therefore, identifying the structure of cause-and-effect patterns of this hazardous phenomenon is important for

the development of measures to reduce the negative consequences of fires. The considerable array of statistical information on fires and their consequences, which is annually collected and published by the Ukrainian Research Institute of Civil Protection, gives an opportunity to carry out a range of relevant statistical researches. The research objective is to study structural changes in fire spread in Ukraine's regions for the last 9 years.

The study is based on statistical data from 2013–2021 on fire spread in 24 regions and Kyiv city. In order to identify structural changes, their intensity was assessed using 5 indices: indicators of linear and quadratic coefficients of absolute structural breaks, Gatev's coefficient of structural differences, Salai's general indicator of structural changes and Ryabtsev index. By relying on the cluster analysis, homogeneous groups are identified following the number of fires and the causes of structural changes in the periods of maximum and minimum shifts are considered.

The biggest difference in the number of fires occurred between the 2013 and 2019 pair. In this period, the estimated indices have reached the maximum value. In terms of the quadratic coefficient, significant structural shifts are characteristic of most pairs relative to 2013 and 2014. This observation is confirmed by the Ryabtsev Index indicators, according to which the mentioned groups have a significant level of difference. Minimal structural changes are found for pairs 2013→2015; 2017→2018; 2015→2021 and 2020→2021. Linear approximation across all indices showed that structural shifts in the number of fires tended to increase.

UPGMA-dendrogram was built on the basis of cluster analysis, which identified three homogeneous groups of regions according to the number of fires. A comparison of their numbers in 2013 and 2019 showed that the main structural shifts are formed by the first group, which included 6 areas: Kharkiv, Kyiv, Odessa, Zaporizhzhia, Donetsk, Dnipropetrovsk regions, and the city of Kyiv, i.e., administrative-territorial entities where the majority of the population resides, the main share of industrial production is produced, and the key energy capacities of the country are located.

Significant structural shifts in fire numbers from 2013 to 2021 are common for all regions and the city of Kyiv of group I and all regions (except Kirovohrad) of group III. This observation is confirmed by the Ryabtsev coefficient values. All Group I and Group III areas have a substantial or significant level of variation in fire incidence patterns. In the second cluster, only 4 oblasts of Transcarpathian, Luhansk, Poltava and Chernihiv have a significant level of shifts.

Available volume of statistical data allows extending structural analysis using other indicators of the state of fire safety, such as the number of fires in cities and villages, number of victims and injured, material losses from fires, number of fires per 10 thousand population, damage per 10 thousand population, etc.

Key words: fires, statistics, structural change, absolute structural change coefficients, Gatev's coefficient, Salai index, Ryabtsev index, clustering.

References

1. Analitichna dovidka pro pozhezhi ta yikh naslidky v Ukraini za 12 misiatsiv 2021 roku [Analytical report on fires and their consequences in Ukraine for 12 months of 2021]. URL: https://idundcz.dsns.gov.ua/files/2021/Ctatuctuka/Analitichna%20dovidka%20pro%20pojeji_12.2021.pdf [in Ukraine].
2. Statystyka pozhezhi ta yikh naslidkiv za 2018 rik [Statistics on fires and their consequences for 2018]. URL: https://otipb.at.ua/load/statistika_pozhezhi_ta_jikh_naslidkiv_za_2018_rik/24-1-0-5507 [in Ukraine].
3. Analitichna dovidka pro pozhezhi ta yikh naslidky v Ukraini za 12 misiatsiv 2020 roku [Analytical report on fires and their consequences in Ukraine for 12 months of 2020]. URL: https://idundcz.dsns.gov.ua/files/2020/Nauka/STATYSTYKA/Analitichna%20dovidka%20pro%20pojeji_12.2020.pdf [in Ukraine].
4. Statystyka pozhezhi ta yikh naslidkiv v Ukraini za 2013–2016 roky [Statistics of fires and their consequences in Ukraine for 2013–2016] URL: https://idundcz.dsns.gov.ua/files/2020/6/15/Статистика_2013-2016.pdf [in Ukraine].
5. Martyn, O.M., Kupchak, M.Ja., & Gontar, Z.G. (2016). Analiz prychyn vynyknennia pozhezhi yak osnova rozroblennia novoi stratehii zabezpechennia pozheznoi bezpeky v Ukraini [Analysis of the causes of fires as the basis for the development of a new strategy to ensure fire safety in Ukraine]. *Global and national economic issues (electronic scientific publication)*, 12, 107–112 [in Ukraine].
6. Biloshitsky, M.V., Klimas, R.V., Yakimenko, O.P., & Matviychuk, D.Ya. (2013). Analiz statystychnykh danykh pro pozhezhi ta yikh naslidky v zhytlovomu sektori Ukrainy [Analysis of statistical data on fires and their consequences in the residential sector in Ukraine]. *Fire Safety: theory and practice*, 14, 9–14 [in Ukraine].
7. Suprovych, M.P. (2003). Vzaiemozviazky mizh strukturnymy elementamy systemy “liudyna – zhyttieve seredovyshe” [Interrelationships between structural elements of the “human – living environment” system]. *Life safety*, 9, 12–14 [in Ukraine].
8. McMillan, M., Rodrik, D., & Sepulveda, C. (2017). Structural Change, Fundamentals, and Growth: A Framework and Country Studies. Washington DC : International Food Policy Research Institute. DOI: <http://dx.doi.org/10.2499/9780896292147>.
9. Klymas, R.V., Matviichuk, D.Ia., Odynets, A.V., & Neseniuk, L.P. (2019). Analiz statystychnykh danykh shchodo reahuvannia na nebezpechni podii, poviazani z pozhezhamy, v Ukraini [Analysis of statistical data on response to hazardous fire events in Ukraine] *Disaster Prevention and Response (Proceedings of the Workshop)*. Kharkiv : NUTSZU, 76–78 [in Ukraine].
10. Borys, O.P. (2019). Vyznachennia napriamiv derzhavnogo rehuliuвання u sferi pozheznoi bezpeky na osnovi rozghliadu danykh statystyky pozhezhi [Determination of public regulation directions in the sphere of fire safety on the basis of consideration of data of fire statistics]. *Scientific bulletin: Civil protection and fire safety*, 1 (7), 85–91 [in Ukraine].
11. Martyn, O.M., & Zavada, O.P. (2016). Pozhezha ta ekonomichna bezpeka v Ukraini, yikh vzaiemozviazok: rehionalni aspekty [Fire and economic security in Ukraine, their relationship: regional aspects]. *Global and national problems of economics (electronic scientific publication)*, 11, 17–22 [in Ukraine].
12. Trubnik ,T.Y., & Mazurenko, O.K. (2019). The Shift-Share Method: An instrument for analyzing the dynamics of industry structure of the economy. *Statistics of Ukraine*, 87 (4), 36–47. DOI: [https://doi.org/10.31767/su.4\(87\)2019.04.05](https://doi.org/10.31767/su.4(87)2019.04.05).
13. Zaccorer, G.P. (2006). Shift-share analysis with spatial structure: an application to Italian industrial districts. *Transition studies review*, 13 (1), 213–227.
14. Romanova, T.V. (2016). Intehralni pokaznyky otsiniuvannia strukturnykh zrushen v ekonomitsi [Integral evaluation indicators of structural shifts in the economy]. *Economics and Region*, 6 (61), 20–27 [in Ukraine].

15. Kalinina, A. (2016). Otsinka strukturykh zrushen v ekonomitsi rehioniv Ukrainy [Estimation of structural changes in the economy of the regions of Ukraine]. *Reporter of the Priazovskyi state technical university (Section: Economic sciences)*, 31(1), 184–188 [in Ukraine].
16. Buts, Yu.V., Barbachin, V.V., Krainiuk, O.V., Osipova, Yu.S., & Pavlichenko, P.V. (2019). Statystychnyi analiz rivnia vyrobnychoho travmatyzmu v Ukraini u rehionalnomu rozrizi [Statistical analysis of Ukraine occupational injuries in the regional context]. *Scientific and technical collection "Municipal economy of cities"*, 3 (149), 169–174. DOI: 10.33042/ 2522-1809-2019-3-149-169-174 [in Ukraine].
17. Buts, Yu.V., Barbachin, V.V., Krainiuk, O.V., Osipova, Yu.S., & Pavlichenko, P.V. (2019). Statystychnyi analiz rivnia vyrobnychoho travmatyzmu u haluzevomu rozrizi [Statistical analysis of the level of manufacturing traumatic in the field of industry]. *Scientific and technical collection "Municipal economy of cities"*, 5 (151), 87–93. DOI: 10.33042/2522-1809-2019-5-151-87-93 [in Ukraine].
18. Pidhornyi, A.Z., & Mylshko, O.H. (2014). Statystyka turyzmu: navchalnyi posibnyk [Tourism statistics: training manual]. Odessa : ONEU [in Ukraine].
19. Fedoryshyna, L.M. (2018). Uzahalniuiucha kharakterystyka metodiv otsiniuvannya zdorovia dytiachoho naseleння [General characteristic of methods for assessing of the children's population health]. *Eastern Europe: Economics, Business and Management*. 3 (14), 302–309 [in Ukraine].
20. Yakovenko, V. (2017). Metodolohichni aspekty kompleksnoi otsinky rivnia zlochynnosti u suchasnykh umovakh [Development of border regions in the system of cross-border cooperation (modern trends in the development of information technologies and economic and mathematical modeling in the system of cross-border cooperation)]. Chernivtsi : Misto, 240–243 [in Ukraine].
21. Statystychni metody v upravlinni rozvytkom rehionu / Za zahalnoi redaktsiieiu kandydata ekonomichnykh nauk, profesora A.Z. Pidhornoho [Statistical methods in managing the development of the region] (2016). Odesa : FOP Gulyaeva V.M. 218 p. [in Ukraine].
22. Shapovalov, V.V. (2015). Doslidzhennia zmin v strukturi VVP krain G7 na bazi rozrakhunkiv intehralnykh indeksiv [Investigation of changes in the G7 GDP structure based on the calculations of integrated indices]. *Youth Economic Bulletin of KhNEU*, 5, 263–266 [in Ukraine].
23. Maslii, V. (2013). Metodyka analizu struktury priamykh inozemnykh investytsii za vydamy ekonomichnoi diialnosti [Methodology for analyzing the structure of foreign direct investment by type of economic activity]. *Ukrainian Science: past, present, future*, 18, 106–115 [in Ukraine].