

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЗЛОЧИНУ НА ОСНОВІ ПОКАЗНИКІВ СЕЗОННОСТІ

Школьний О. В.,

доктор педагогічних наук,

доцент кафедри вищої математики

Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова

Хаврук В. О.,

студент II курсу магістратури

кафедри вищої математики

Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова

Проведений аналіз злочинів-крадіжок на сезонні коливання. Розраховані індекси сезонності за трьома способами. Наведена математична модель прогнозування злочинів-крадіжок з використанням методів складної екстраполяції на основі поліноміального рівняння регресії. Визначений прогнозований рівень злочинів-крадіжок на 2018 рік, а також нижня і верхня межа прогнозу з огляду на тенденції рівня цього виду злочинів за 2016–2017 рр. Математичні методи аналізу сезонності злочинів та модель прогнозування з урахуванням сезонності можуть бути реалізовані на програмному рівні і рекомендовані для використання в правоохоронній діяльності.

Проведён анализ преступления-кражи на сезонные колебания. Рассчитаны индексы сезонности тремя способами. Представлена математическая модель прогнозирования преступлений-краж с использованием методов сложной экстраполяции на основании полиномиального уравнения регрессии. Определён прогнозируемый уровень преступлений-краж на 2018 год, а также нижняя и верхняя граница прогноза, исходя из тенденций уровня данного вида преступлений за 2016–2017 гг. Математические методы анализа сезонности преступлений и модель прогнозирования с учетом сезонности могут быть реализованы на программном уровне и рекомендованы для использования в правоохранительной деятельности.

The analysis of the crime of theft for seasonal fluctuations is carried out. Seasonal indexes are calculated in three ways. A mathematical model for prediction of theft crimes is presented using complex extrapolation methods based on the polynomial regression equation. The projected level of crimes of theft for 2018 is determined, as well as the lower and upper bounds of the forecast, based on the trends in the level of this type of crime for 2016–2017. Mathematical methods for analyzing the seasonality of crime and the seasonal forecasting model can be implemented at the program level and recommended for use in law enforcement.

Ключові слова: випадкова величина, злочин, значення, індекс сезонності, ймовірність, кількість, крадіжка, межа прогнозу, метод, місяць, параметр, показник, поліноміальне рівняння регресії, прогнозування, рік, ряд, сезонна хвиля, середньоарифметична формула.

Постановка проблеми. Сезонність злочинності характеризується такими істотними ознаками: по-перше, вона є частиною злочинності, тобто сукупністю злочинів за певний відрізок часу; по-друге, сезонним коливанням злочинності властива циклічність в зменшенні (збільшенні) кількості відповідних діянь. Також слід виділити низку чинників, що безпосередньо впливають на сезонність злочинності:

- біологічні чинники, пов'язані зі станом психічного або фізичного здоров'я, функціонуванням організму залежно від певного сезону;
- соціально-економічні чинники, найбільш значимими з яких є структура населення за доходами з урахуванням розміру і джерел доходу в певний період часу, інфляція, дефіцит товарів і послуг;
- розвиток конкретних галузей промисловості, конкуренція;
- приватизація, сезонні підрядні бригади, приховане і явне безробіття;
- забезпечення найнеобхідніших потреб людей, важливих для їх виживання і відтворення в певний період;
- соціально-політичні періоди виборів і іншого політичного протистояння, робота виборчих комісій, вступ в учбові заклади і проведення екзаменаційних сесій;

– природно-кліматичні чинники, до яких належать часи низької або високої температури, життєві цикли тварин і рослин, періоди можливого видобутку корисних копалин відкритим способом, періоди розливів водних об'єктів і затоплень місцевості;

– соціально-культурні чинники, до яких можна віднести число і структуру періодичних культурних і спортивних заходів, характер їх діяльності і міру охоплення ними населення.

Спираючись на ознаки, особливості і чинники, що впливають на сезонність злочинності, можна подати таке визначення цього поняття: «Сезонна злочинність – це частина злочинності, що характеризується циклічним (що повторюється) характером по кількостях досконалих суспільно небезпечних діянь за однакові за термінами проміжки (періоди) часу, що зіставляються усередині більшого тимчасового періоду. Це сукупність злочинів, яка має закономірності зменшення (збільшення) в кількості залежно від таких періодів».

В.В. Лунєєв, вивчаючи сезонність, вказує на те, що сезонні коливання притаманні більшості юридично значущих явищ і зауважує: «Сезонні «піки» злочинності в цілому (деякі види діянь мають свої «піки») найчастіше припадають на весну і осінь, а точніше, на березень і жовтень, а «провали» реєструються взимку (грудень – січень), тобто у кінці і на початку звітної періоду. У літні місяці (липень) рівні злочинності нижчі, ніж навесні і восени. Можна припустити, що рівень злочинної діяльності якимось корелює з активністю роботи правоохоронної системи, на яку помітний вплив робить період відпусток [1, с. 286].

Цілком закономірно деякі кримінологи вважають, що врахована злочинність – це не просто її реальний рівень, але і реальний рівень активності правоохоронних органів. Що він вищий, то вищий і рівень врахованих діянь. В усякому разі цього не можна виключати. На криву сезонності злочинності впливає сезонна динаміка інших обставин: кримінальна мотивація, працездатність поліції, оприлюднення інформації кварталних і річних (звітні періоди) успіхів боротьби із злочинністю, «розслаблення» правоохоронних органів на початку року тощо.

Дослідження сезонних коливань окремих видів злочинів має важливе теоретичне і практичне значення. Основною проблемою є виокремлення саме тих злочинів, яким найбільше властиве явище сезонності. Для з'ясування «сезонності» на початковому етапі необхідно проводити розрахунки та аналіз індексів сезонності помісячно, за певними періодами (пори року, квартал), наступний етап – побудова математичної моделі прогнозування рівня злочинів з урахуванням сезонності.

Максимальне підвищення надійності кримінологічного прогнозування є одним з найосновніших завдань сучасної науки. Ступінь ймовірності кримінологічного прогнозу залежить від врахування комплексу факторів, які використовують у прогнозуванні. У процесі прогнозування необхідно врахувати не тільки статистичні дані про злочинність і осіб, які вчинили злочини, а й дані, що характеризують розвиток (зміну) інших соціальних процесів, які в будь-який спосіб впливають на злочинність. Факторів, що безпосередньо й опосередковано впливають на злочинність, дуже багато. Прогнозуючи злочинність, слід урахувати такі фактори, як поява нових форм власності, підвищення або зниження рівня достатку населення, розшарування населення на багатих і бідних, безробіття, міграція, стан моралі, ставлення населення до норм права, діяльність правоохоронних органів. Важливою обставиною, що впливає на прогноз злочинності, є зміни, що вносяться у кримінальне законодавство.

Прогнозування злочинності передбачає відповіді на такі запитання:

– яких загальних тенденцій рівня, структури, характеру та динаміки злочинності слід чекати у майбутньому прогнозованому періоді;

– яка ймовірність змін у злочинності в цілому та її окремих категорій;

– які чинники і з якою інтенсивністю впливатимуть на злочинність;

– які категорії осіб можуть доповнити коло злочинців;

– які засоби найбільше придатні для боротьби зі злочинністю.

Саме практична спрямованість прогнозування злочинності вказує на особливу важливість досліджень і пошуків напрямів його проведення. Так, зокрема, дослідження сезонних коливань злочинності необхідне для працівників судових і правоохоронних органів. Також воно доцільне в інтересах адекватної організації управлінської діяльності. Вивчення сезонності злочинності, а також виявлення її ознак, особливостей, закономірностей, характеристик і чинників, що впливають на неї, дозволить попереджати і прогнозувати окремі види злочинів у той або інший період та вести ефективну загальносоціальну і правоохоронну діяльність по профілактиці злочинів. У такому контексті слід погодитись з думкою Г.А. Аванесова, що на основі кримінологічного прогнозування визначаються перспективні проблеми попередження злочинності і послідовність їх вирішення. Прогнозування визначає напрямки можливого розвитку правоохоронних органів та організацій, дозволяє безперервно удосконалювати їх діяльність, перелаштовувати роботу на основі новітніх досягнень науки і практики. Науковий аспект тут розглядається у тісному зв'язку з практичною діяльністю [2, с. 157].

Аналіз досліджень і публікацій свідчить про те, що багатьма дослідниками юридичної сфери підтримується думка щодо сезонності злочинності. Незважаючи на те, що такі провідні кримінологи, як

Г.А. Аванесов, В.М. Гусаров, А.І. Долгова, В.М. Кудрявцев, Н.Ф. Кузнецова, В.В. Лунєєв, С.Г. Ольков та інші у своїх працях згадують поняття «сезонність злочинності», розгорнутого визначення цього терміна не дають.

Слід також зауважити, що названі автори розглядали це явище в юридичній науці у зв'язку з іншими питаннями, не піддаючи його самостійному дослідженню. В.В. Лунєєв справедливо зауважує, що вивчення сезонності в юридичній науці і практиці досі належно не відображено [1, с. 286] і тільки в посібнику для прокурорських працівників [3, с. 64–75] вказується на актуальність врахування сезонності злочинності. Крім того, натеper наукові публікації з дослідження сезонності злочинності в Україні з використанням методів складної екстраполяції також відсутні.

З огляду на такі обставини доцільно провести аналіз і обґрунтувати або спростувати явище сезонності для окремих видів злочинів.

Метою статті є аналіз статистичних даних по окремому виду злочинів (крадіжка), розрахунок сезонної динаміки, з'ясування основних способів розрахунку індексів сезонності та отримання математичної моделі прогнозування злочинів-крадіжок з урахуванням вказаних показників.

Виклад основного матеріалу. Як об'єкт дослідження для явища сезонності обраний такий вид злочинів, як крадіжка (злочинне діяння, яке визначене ст. 185 КК України). Крадіжка – це злочини проти власності, зокрема, таємне викрадення чужого майна [4, с. 280]. Цей вид злочину є найпоширенішим серед інших злочинних діянь у структурі злочинності України, наприклад, за 2017 р. на нього припадає 49,85%.

Дослідження сезонності злочинів-крадіжок необхідно розпочати із найпростішого статистичного методу виявлення та вимірювання сезонних коливань – розрахунку середнього рівня (середнього арифметичного) цього виду злочину за місяцями та порівняння місячних даних із середнім рівнем за рік. Це відношення рівнів, виражене у відсотках, називається індексом сезонності [1, с. 287]:

$$IC = \frac{P_M}{\bar{P}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де IC – індекс сезонності; P_M – рівень злочинів за місяцями (реальний); \bar{P} – середній рівень ряду за рік.

Таблиця 1

Статистика кількості злочинів-крадіжок в Україні за 2017 р. [5]

Місяць	Злочини-крадіжки (ст. 185)	
	Рівень злочинності (P_M)	Індекс сезонності (IC)
Січень	29652	136,184
Лютий	25961	119,232
Березень	27936	128,303
Квітень	26134	120,027
Травень	27074	124,344
Червень	23345	107,217
Липень	22404	102,896
Серпень	22177	101,853
Вересень	15818	72,648
Жовтень	17319	79,542
Листопад	18997	87,248
Грудень	4465	20,507
разом:	$\sum = 261282$	–
середній рівень:	$\bar{P} = 21773,5$	100,000

Проведемо розрахунок IC , використовуючи статистику кількості злочинів-крадіжок (ст. 185 КК України) в Україні за 2017 р. (табл. 1). Статистичні дані свідчать, що «пік» злочину-крадіжки припадає на березень – травень 2017 р. (27936–6134–27074), в осінній період у вересні спадає до 15818, далі в жовтні – листопаді вже зростає до 17319 і 18997. «Провал» спостерігається в грудні (4465 крадіжок). Тобто в сучасних умовах України «пік» злочинів-крадіжок спостерігається в березні (128,303%), спадання рівня злочинів відбувається протягом червня – вересня (індекс сезонності 72,648%), зростання спостерігається в осінній період – індекси сезонності становлять 79,542%, 87,248%. Необхідно звернути увагу на великий рівень злочинів на початку року, зокрема в січні (29652) таке велике значення пояснюється тим, що в якості статистики обрано кількість облікованих злочинів на звітний період, що дещо розходиться із фактично вчиненими злочинами за січень.

Середньомісячний рівень ряду злочинів-крадіжки для України становить:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_{M_i}}{12} = \frac{261282}{12} = 21773,5 \quad (2)$$

Індекс сезонності злочину-крадіжки для січня 2017 р. становить:

$$IC_1 = \frac{29652}{21773,5} \cdot 100\% \approx 136,184,$$

аналогічно розраховуються індекси сезонності для інших місяців (табл. 1).

Місячні дані одного року через низку випадкових причин недостатньо надійні для виявлення сезонних коливань. В.В. Лунев наголошує на доцільності використання місячних даних за три роки [1, с. 288], а розрахунок індексу сезонності проводиться за тією ж формулою (1), тільки місячні дані (P_M) беруться не за один рік, а середньоарифметичні по конкретних місяцях за три роки. Загальний середньомісячний рівень (\bar{P}) розраховується на основі даних за усі три роки (36 місяців). Розрахункові дані представлені в табл. 2.

Спочатку знаходимо середній рівень злочинів-крадіжок по кожному місяцю за три роки. Для січня він становить:

$$\bar{P}_{M_1} = \frac{30890 + 31577 + 29652}{3} = 30706,333.$$

Аналогічно знаходиться середній рівень злочинів-крадіжок по кожному місяцю (стовпець 5, табл. 2). Після цього розраховується середній рівень ряду (\bar{P}) (середньоарифметичний місячний за кожний рік) і середньоарифметичний місячний за всі три роки (23533,611). І якщо середній рівень ряду розраховується шляхом складання місячних рівнів за кожний рік і ділення на 12, то середньоарифметична місячна цифра за усі три роки (назвемо її середньомісячна загальна – $\bar{P}_{MЗ}$) може бути обчислена таким же шляхом на основі середніх арифметичних за три роки по кожному місяцю (стовпець 5, табл. 2) або на основі середніх рівнів ряду за три роки (останній рядок табл. 2).

Отже, за три роки:

$$\begin{aligned} \bar{P}_{MЗ} &= \frac{22813 + 26014,3 + 21773,5}{3} = \frac{1}{12} \cdot (30706,333 + 28165 + 30782 + 27863,667 + 26821 + \\ &+ 20997 + 24583,667 + 23046,3 + 16013,333 + 19165,333 + 19983 + 14276,667 + 282403,333) \\ &= 23533,611 \end{aligned}$$

Таблиця 2

Статистика кількості злочинів-крадіжок в Україні за 2015–2017 рр.

Місяць	Обліковані злочини-крадіжки (ст. 185) [5]			Злочини-крадіжки				
				Середній рівень за 3 роки, ($\bar{P}_{M_{іср.}}$)	Абсолютне відхилення від середнього рівня ($B_{абс.}$)	Індекс сезонності (IC_i), %		
	2015	2016	2017			$\frac{\bar{P}_{M_{іср.}}}{\bar{P}_{MЗ}} \cdot 100\%$	$\sum_{i=1}^3 \left(\frac{\bar{P}_{M_i}}{\bar{P}_{pi}} \cdot 100\% \right) / 3$	$\left(1 + \frac{B_{абс.}}{\bar{P}} \right) \cdot 100\%$
Січень	30890	31577	29652	30706,333	+7172,722	130,479	130,991	130,479
Лютий	20393	38141	25961	28165	+4631,389	119,680	118,413	119,680
Березень	27707	36703	27936	30782	+7248,389	130,800	130,281	130,800
Квітень	24979	32478	26134	27863,667	+4330,055	118,399	118,281	118,399
Травень	24058	29331	27074	26821	+3287,389	113,969	114,184	113,969
Червень	13529	26117	23345	20997	-2536,611	89,221	88,972	89,221
Липень	23453	27894	22404	24583,667	+1050,056	104,462	104,309	104,462
Серпень	19734	27228	22177	23046,333	-487,278	97,929	97,674	97,929
Вересень	14696	17526	15818	16013,333	-7520,278	68,045	68,146	68,045
Жовтень	18997	21180	17319	19165,333	-4368,278	81,438	81,410	81,438
Листопад	24430	16522	18997	19983	-3550,611	84,913	85,949	84,913
Грудень	30890	7475	4465	14276,667	-9256,944	60,665	61,548	60,665
разом(Σ)	273756	312172	261282	282403,333	–	–	–	–
середній рівень (\bar{P})	22813	26014,3	21773,5	23533,611	–	100,000	100,000	100,000

На основі отриманих даних знаходяться індекси сезонності злочину-крадіжки для січня:

$$IC_1 = \frac{\bar{P}_{M_1}}{\bar{P}_{MЗ}} \cdot 100\% = \frac{30706,333}{23533,611} \cdot 100\% \approx 130,479\% \quad (3).$$

Аналогічно обчислюється індекс сезонності злочину-крадіжки за кожний місяць (стовпець 6, табл. 2). Індекси сезонності злочину-крадіжки в Україні, розраховані на основі даних трьох років, відрізняються від індексів сезонності, розрахованих на основі даних одного року. Середні трирічні показники надійніші, ніж однорічні, оскільки в них *взаємопогашені* випадковості того або іншого року, хоча загальні закономірності динаміки до певної міри збереглися.

Під час розрахунку місячних індексів сезонності за декілька років їх можна обчислити спочатку по кожному року, а потім з цих індексів сезонності знайти середньоарифметичну за 2, 3 і більше років [1, с. 289]. Застосуємо цей підхід для злочинів-крадіжок для січня і лютого 2015–2017 рр.

$$\text{Для 2015 р. маємо: } IC_{1-2015} = \frac{\bar{P}_{M_{1-2015}}}{P_{2015}} \cdot 100\% = \frac{30890}{22813} \cdot 100\% = 135,405\% ;$$

$$IC_{2-2015} = \frac{\bar{P}_{M_{2-2015}}}{P_{2015}} \cdot 100\% = \frac{20393}{22813} \cdot 100\% = 89,392\% .$$

$$\text{Для 2016 р. маємо: } IC_{1-2016} = \frac{\bar{P}_{M_{1-2016}}}{P_{2016}} \cdot 100\% = \frac{31577}{26014,3} \cdot 100\% \approx 121,383\% ;$$

$$IC_{2-2016} = \frac{\bar{P}_{M_{2-2016}}}{P_{2016}} \cdot 100\% = \frac{38141}{26014,3} \cdot 100\% = 146,616\% .$$

$$\text{Для 2017 р. маємо: } IC_{1-2017} = \frac{\bar{P}_{M_{1-2017}}}{P_{2017}} \cdot 100\% = \frac{29652}{21773,5} \cdot 100\% \approx 136,184\% ;$$

$$IC_{2-2017} = \frac{\bar{P}_{M_{2-2017}}}{P_{2017}} \cdot 100\% = \frac{25961}{21773,5} \cdot 100\% = 119,232\% .$$

Середній індекс сезонності злочину-крадіжки за три роки становитиме:

$$IC_{1-(2015-2017)сеп.} = \frac{135,405\% + 121,385\% + 136,181\%}{3} \approx 130,99\% ;$$

$$IC_{2-(2015-2017)сеп.} = \frac{89,392\% + 146,616\% + 119,232\%}{3} = 118,413\% .$$

Аналогічно можуть бути розраховані індекси сезонності злочину для всіх місяців (стовпець 7, табл. 2). Загалом формула для обчислення має такий вигляд:

$$IC_i = \sum_{i=1}^3 \left(\frac{\bar{P}_{M_i}}{P_{pi}} \cdot 100\% \right) / 3 \quad (4).$$

Результати розрахунків за формулою (4) мають збігатися з результатами попереднього розрахунку за формулою (3), але деякі значення не збігаються, а саме для перших 3-х місяців (січень, лютий, березень) і останніх 2-х місяців (листопад, грудень). Так, наприклад, для лютого отримані індекси сезонності 119,680 і 118,413, що можна пояснити неточністю округлення даних, оскільки деякі значення середнього рівня за три роки (стовпець 5, табл. 2) є десятковими періодичними дробами (наприклад, 24583,667; 19165,333), вони дають точні значення індексу сезонності для середини ряду (квітень – жовтень) але спотворюють значення індексу на початку і на кінці ряду.

Наступний спосіб розрахунку індексу сезонності проводиться через абсолютні відхилення від середнього рівня, взятого за всі місяці 3-х років (2015–2017 рр.), тобто за 36 місяців. Якщо додати статистичні дані кількості злочинів-крадіжок за кожний місяць для кожного року, тоді загальна кількість злочинів у 2015 р. становитиме 273756, в 2016 р. – 312172, в 2017 р. – 261282 (передостанній рядок табл. 2).

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_{M_{ip}}}{36} = \frac{273756 + 312172 + 261282}{36} = 23533,611 \quad (5),$$

де $P_{M_{ip}}$ – кількість облікованих злочинів-крадіжок за кожний місяць поточного року (стовпці 2–4 табл. 2).

Отже, отримано те саме середнє число, що і в останньому рядку стовпця 5 табл. 2, але у простіший спосіб. Використовуючи його і показники рівня злочину-крадіжки по місяцях одного року (або середні показники злочину-крадіжки по місяцях за три роки, які у нас вже розраховані, – стовпець 5 табл. 2), можна обчислити відхилення цих показників від загального середнього – 23533,611. Дані обчислень зведені в табл. 3.

Абсолютні відхилення самі собою несуть важливу інформацію про розподіл злочинів-крадіжок впродовж року по місяцях. Крім того, на їх основі можна розрахувати індекс сезонності у відсотках відхилень, що збільшить його показовість. Вказаний індекс розраховується за формулою:

$$IC = \left(1 + \frac{B_{абс.}}{\bar{P}} \right) \cdot 100\% , \quad (6),$$

де $V_{абс.}$ – абсолютне відхилення (стовпець 6, табл. 2); $\bar{P} = 23533,611$ – загальний середній рівень злочину-крадіжки, обчислений за формулою (5). Для січня індекс сезонності становить:

$$IC_1 = \left(1 + \frac{7172,722}{23533,611}\right) \cdot 100\% \approx 130,479; \quad IC_2 = \left(1 + \frac{4631,389}{23533,611}\right) \cdot 100\% \approx 119,680.$$

Аналогічно знаходяться індекси сезонності злочинів-крадіжок для решти місяців (стовпець 9, табл. 2). Значення індексів сезонності, отримані за формулою (3) повністю збігаються зі значеннями, отриманими за формулою (6).

Ознайомлення з трудомісткими розрахунками індексу сезонності може породити сумнів у його необхідності, оскільки і по ряду абсолютних показників в звітах видно «піки» і «провали» в ті або інші місяці. Але необхідно вказати, що абсолютні місячні відомості не можна порівнювати з сезонними коливаннями суміжних явищ і процесів, сезонними коливаннями минулих років і, зрештою, не можна вимірювати значення коливань і наявних розбіжностей. Як відомо, усі серйозні вивчення розпочинаються з вимірювань. Завдання порівняння і вимірювання легко вирішуються за допомогою індексів сезонності [1, с. 292].

Складнішим завданням на відміну від знаходження індексів сезонності злочинів є побудова математичної моделі з урахуванням сезонних коливань. Як зазначалось вище, наукові публікації із дослідження і застосування математичних моделей для прогнозування рівня злочинності в Україні, які б враховували сезонність злочинів, наразі відсутні.

Прогнозування будь-якого явища соціально-економічного характеру, зокрема і злочинності, передбачає використання сукупності прийомів, способів, які дозволяють на підставі аналізу минулих (ретроспективних) внутрішніх і зовнішніх зв'язків (даних) зробити висновки про можливий розвиток у майбутньому. Нині кількість відомих методів і прийомів прогнозування перевищує 150. Вибір методів прогнозування здійснюється відповідно до характеру об'єкта та вимог, які висуваються до інформаційного забезпечення прогнозів. Залежно від ступеня формалізації методи прогнозування можна об'єднати в три групи: 1) фактографічні (формалізовані); 2) експертні (інтуїтивні); 3) комбіновані.

Для прогнозування злочинів-крадіжок з урахуванням сезонності доцільно використовувати формалізовані методи, які на відміну від експертних і комбінованих дозволяють виключити фактори суб'єктивності і, використовуючи лише статистичні дані, відносно швидко сформувати математичну модель, не витрачаючи часу на збір та аналіз думок експертів. Фактографічні методи прогнозування ґрунтуються на достатньому інформаційному матеріалі про об'єкт прогнозування та його минулий розвиток. До них належить група методів прогнозування екстраполяції. Методи екстраполяції базуються на припущенні про те, що закономірність (тенденція) розвитку об'єкта в минулому буде незмінною протягом певного часу і в майбутньому. Залежно від особливостей змін рівнів у динамічних рядах екстраполяції можуть бути простими і складними. Методи простої екстраполяції базуються на припущенні відносної стійкості в майбутньому абсолютних значень рівнів, середнього рівня ряду, середнього абсолютного приросту, середнього темпу зростання. Методи складної екстраполяції базуються на визначенні основної тенденції, тобто використанні статистичних формул, які описують тренд. Тренд – це відображення певною функцією тенденції ряду динаміки. Його зображують у вигляді гладкої кривої (траєкторії). Тренд характеризує головну закономірність руху об'єкта в часі. Складні методи екстраполяції поділяються на два типи: адаптивні і аналітичні. До адаптивних методів прогнозування належать методи ковзної та експоненціальної середніх (ЕМА), метод гармонійних ваг, авторегресія. До аналітичних методів прогнозування (кривих зростання) належить метод найменших квадратів (МНК), метод найменших модулів (МНМ), метод максимальної правдоподібності (ММП) тощо.

Побудова математичної моделі прогнозування злочинів-крадіжок з урахуванням сезонності буде проведена з використанням методів складної екстраполяції на основі поліноміального рівняння регресії, який буде отриманий засобами Excel.

Для аналізу сезонних коливань розраховують індекси сезонності на основі усереднених значень досліджуваного показника. Для визначення показників сезонності необхідна нейтралізація еволюції тренду. Крім того, використання такої методики дозволяє здійснювати прогноз на перспективу з урахуванням сезонних коливань.

Аналіз сезонних коливань здійснюється у декілька етапів. На першому етапі розраховуємо індекси сезонності (сезонну хвилю) кількості злочинів за порами року (зима, весна, літо, осінь) за 2016–2017 рр. методом співвідношення простих середніх величин [6, с. 311]:

$$I_s = \frac{\bar{y}_i}{\bar{y}_{заг}} \times 100\% \quad (7),$$

де \bar{y}_i – середні рівні, розраховані для кожної пори року за даними 2-х років; $\bar{y}_{заг}$ – середній загальний рівень, розрахований за даними 2-х років.

**Розрахунок індексів сезонності зареєстрованої кількості злочинів-крадіжок
в Україні за 2016–2017 рр.**

Пора року	Місяць	Зареєстрована кількість злочинів-крадіжок [5]		Середній рівень за 2 роки, $(\bar{P}_{M_{сер.}})$	Індекс сезонності по місяцях, % (IC_i)	Середній рівень сезонності за порою року, % (\bar{y}_i)	Індекс сезонності, % (I_s)
		2016	2017				
зима	грудень	7475	4465	5970	26,0941	68635,5	95,75031302
	січень	31577	29652	30614,5	133,813		
	лютий	38141	25961	32051	140,092		
разом (Σ)		77193	60078	–	–	–	–
середній рівень (\bar{y})		25731	20026	22878,5	100,000	68635,5	–
весна	березень	36703	27936	32319,5	107,9379481	89828	125,3150209
	квітень	32478	26134	29306	97,87371421		
	травень	29331	27074	28202,5	94,18833771		
разом (Σ)		98512	81144	–	–	–	–
середній рівень (\bar{y})		32837,33	27048	29942,66667	100,000	89828	–
літо	червень	26117	23345	24731	99,47775953	74582,5	104,0467064
	липень	27894	22404	25149	101,1591191		
	серпень	27228	22177	24702,5	99,36312138		
разом (Σ)		81239	67926	–	–	–	–
середній рівень (\bar{y})		27079,67	22642	24860,83333	100,000	–	–
осінь	вересень	17526	15818	16672	93,17263091	53681	74,88795963
	жовтень	21180	17319	19249,5	107,5771688		
	листопад	16522	18997	17759,5	99,25020026		
разом (Σ)		55228	52134	–	–	–	–
середній рівень (\bar{y})		18409,33	17378	17893,66667	100,000	53681	–
Всього		312172	261282	–	–	$\bar{y}_{зар.} = 71681,75$	100,000

Результати розрахунків наведені в табл. 3.

Як видно з табл. 3, найбільших значень індекси сезонності злочинності (125,315% і 104,0467%) набувають у весняно-літній період і знижуються в осінньо-зимовий період (74,8879% і 95,75%).

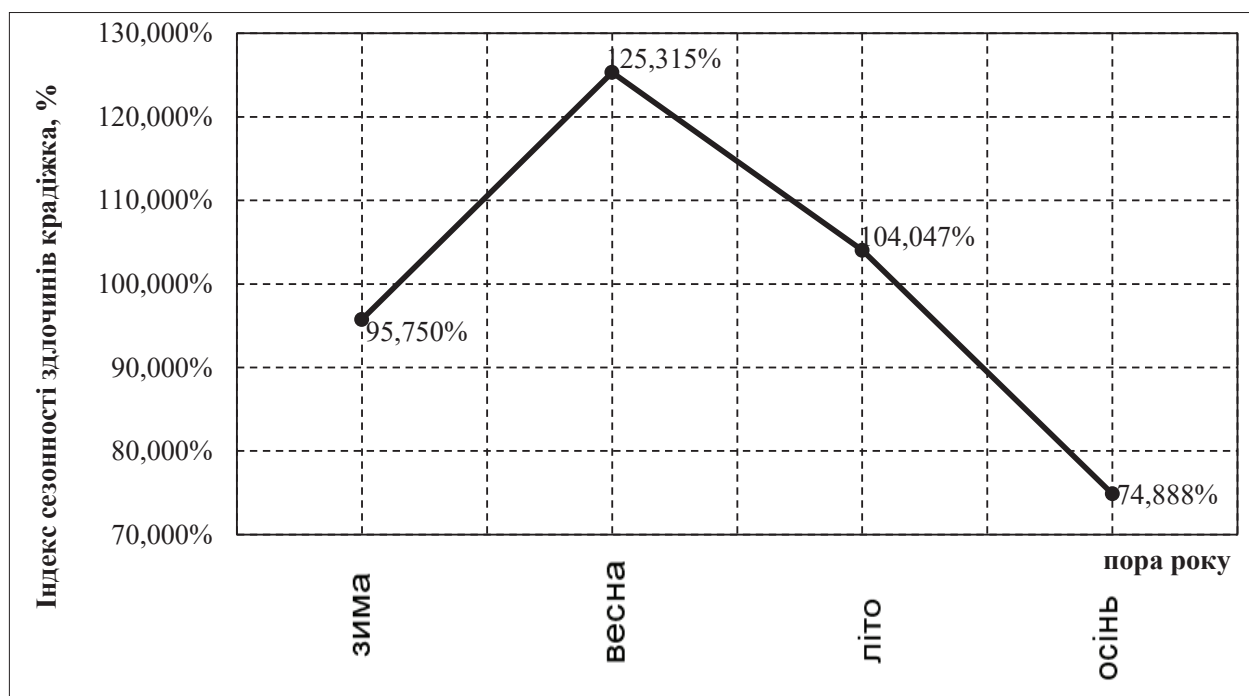


Рис. 1. Сезонна хвиля рівня злочинів-крадіжок в Україні за 2016–2017 рр.

Отримана сезонна хвиля рівня злочинності зображена на графіку (рис. 1).

Для здійснення подальшого прогнозу рівня злочинності з урахуванням сезонних коливань, використовуючи можливості табличного процесора Excel, можна підібрати інтерполяційний многочлен, який задається рівнянням полінома 6-го порядку і характеризується найбільшим значенням коефіцієнта детермінації R^2 , в результаті отримуємо поліноміальне рівняння регресії (рис. 2):

$$\hat{y}_t = 126,43t^6 - 3221,5t^5 + 31098t^4 - 140955t^3 + 300963t^2 - 269488t + 158676.$$

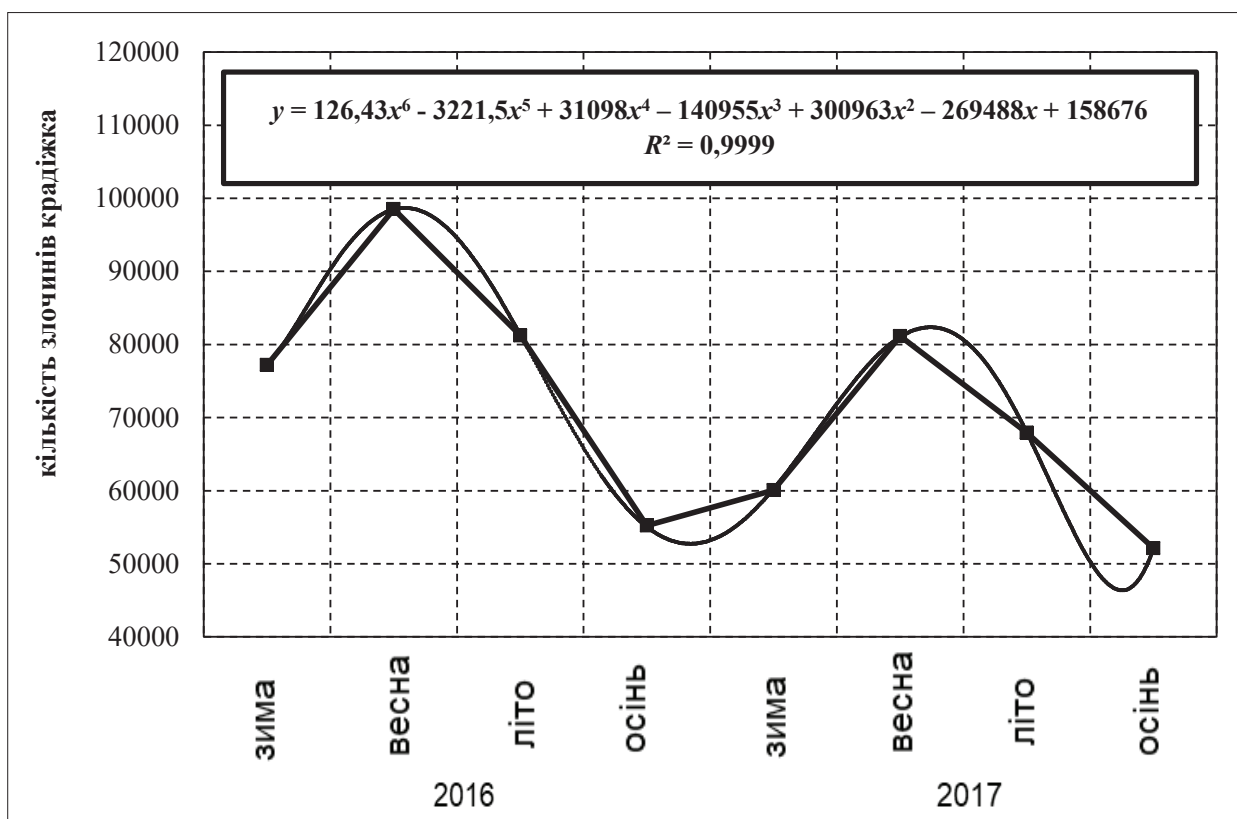


Рис. 2. Знаходження рівняння лінії тренда злочинів-крадіжок

Підставляючи в це рівняння послідовно значення t , отримали вирівняний ряд рівня злочинності (наведений в стовпці 4 табл. 4).

Індекси сезонності (сезонна хвиля) визначаються як процентне співвідношення емпіричних та теоретичних рівнів показника (результати розрахунків наведені в стовпці 5 табл. 4).

Для розрахунку прогнозних значень використовується модель прогнозу, яка має такий вигляд [6, с. 312; 7, с. 210]:

$$y_t = I_k \cdot \hat{y}_t + \varepsilon_t \quad (8),$$

де \hat{y}_t – рівень злочинності в момент часу t ; I_k – середній індекс сезонності k – і пори року; \hat{y}_t – оцінка рівня злочинності в момент часу t ; ε_t – випадковий компонент.

Таблиця 4

Розрахунок індексів сезонності злочинів-крадіжок в Україні за 2016–2017 рр. після виключення поліноміального тренда

Рік	Пора року	Зареєстрована кількість злочинів-крадіжок [5]	\hat{y}_t	Індекси сезонності, % ($I_s = \frac{y_t}{\hat{y}_t} \times 100$)
2016	Зима	77193	77198,93	99,99231855
	Весна	98512	98483,52	100,0289185
	Літо	81239	81374,97	99,83290931
	Осінь	55228	55141,28	100,1572687
2017	Зима	60078	60467,25	99,3562631
	Весна	81144	81478,08	99,58997561
	Літо	67926	68792,57	98,74031454
	Осінь	52134	53605,92	97,25418387
Всього		573454	576542,52	-

З певною ймовірністю можна стверджувати, що прогнози значення рівня злочинності (кількості злочинів крадіжка) будуть відрізнятися від фактичних значень на величину $\varepsilon_t = t \cdot \frac{\sigma_{s_i}}{\sqrt{n}}$, де t – число, яке гарантує з певною ймовірністю межі прогнозу; $n = N - k = 4 - 1 = 3$; $N = 4$ (пори року) $k = 1$ – кількість параметрів поліноміального рівняння регресії; σ_{s_i} – середнє квадратичне відхилення випадкового компонента:

$$\sigma_{s_i} = \sqrt{\frac{\sum \sigma_{s_i}^2}{n-1}} \quad (9)$$

Величину $\varepsilon_t = t \cdot \frac{\sigma_{s_i}}{\sqrt{n}}$ для кожного періоду (пори року) визначаємо з ймовірністю 0,9545 ($t=2$),

яка є оптимальною для таких розрахунків. Виправлений середній індекс сезонності I_k для кожного періоду можна визначити, трансформувавши рівняння (8):

$$I_k = \frac{y_t - \varepsilon_t}{\hat{y}_t} \quad (10)$$

Для пори року зими отримаємо:

$$I_{\text{зима}} = \frac{77193 + 60078 - 317,858173194691}{77198,93 + 60467,25} = 0,994820527647422$$

аналогічно розраховуються середній індекс сезонності I_k для решти періодів (пір року). Результати розрахунків наведено в табл. 5.

Таблиця 5

Розрахунок випадкової величини $\varepsilon_t = t \cdot \frac{\sigma_{s_i}}{\sqrt{n}}$ та середнього індексу сезонності I_k

Пора року	$\sigma_{s_i}^2 = (y_t - \hat{y}_t)^2$	$\sigma_{s_i} = \sqrt{\frac{\sigma_{s_i}^2}{n-1}}$	$\varepsilon_t = t \cdot \frac{\sigma_{s_i}}{\sqrt{n}}$	Виправлений середній індекс сезонності, I_k
зима	151550,7274	275,273252787117	317,858173194691	0,994820527647422
весна	112420,5568	237,087069238286	273,764566492207	0,996780621163115
літо	769431,4058	620,254546859594	716,208259190952	0,988554462174775
осінь	2174068,8448	1042,60942946052	1203,90166951734	0,976191555557136

Після здійснення розрахунків отримали моделі для прогнозу рівня злочинності в розрізі періодів (пори року):

$$\hat{y}_{\text{зима}} = 0,99482 \cdot (126,43t^6 - 3221,5t^5 + 31098t^4 - 140955t^3 + 300963t^2 - 269488t + 158676) + \varepsilon_t;$$

$$\hat{y}_{\text{весна}} = 0,99678 \cdot (126,43t^6 - 3221,5t^5 + 31098t^4 - 140955t^3 + 300963t^2 - 269488t + 158676) + \varepsilon_t;$$

$$\hat{y}_{\text{літо}} = 0,98855 \cdot (126,43t^6 - 3221,5t^5 + 31098t^4 - 140955t^3 + 300963t^2 - 269488t + 158676) + \varepsilon_t;$$

$$\hat{y}_{\text{осінь}} = 0,97619 \cdot (126,43t^6 - 3221,5t^5 + 31098t^4 - 140955t^3 + 300963t^2 - 269488t + 158676) + \varepsilon_t$$

Межі прогнозу знаходяться за формулою:

$$\hat{y}_{t+k} - t \cdot \frac{\sigma_{s_i}}{\sqrt{n}} \leq (\hat{y}_{t+k})_{\text{прог.}} \leq \hat{y}_{t+k} + t \cdot \frac{\sigma_{s_i}}{\sqrt{n}} \quad (11)$$

Визначимо прогнозований рівень злочинності для кожного періоду 2018 року, а також нижню і верхню межю прогнозу, використовуючи наведені вище поліноміальні рівняння регресії для кожної пори року (результати наведено в табл. 6 і на рис. 3).

Таблиця 6

Прогноз рівня злочинів-крадіжок в Україні на 2018 рік

Пора року	Прогноз на 2018 рік		
	Рівень злочинності $(\hat{y}_{t+k})_{\text{прог.}}$	Нижня межа $\hat{y}_{t+k} - t \cdot \frac{\sigma_{s_i}}{\sqrt{n}}$	Верхня межа $\hat{y}_{t+k} + t \cdot \frac{\sigma_{s_i}}{\sqrt{n}}$
зима	76799	76481	77117
весна	98166	97893	98440
літо	82104	81388	82820
осінь	54494	53290	55698

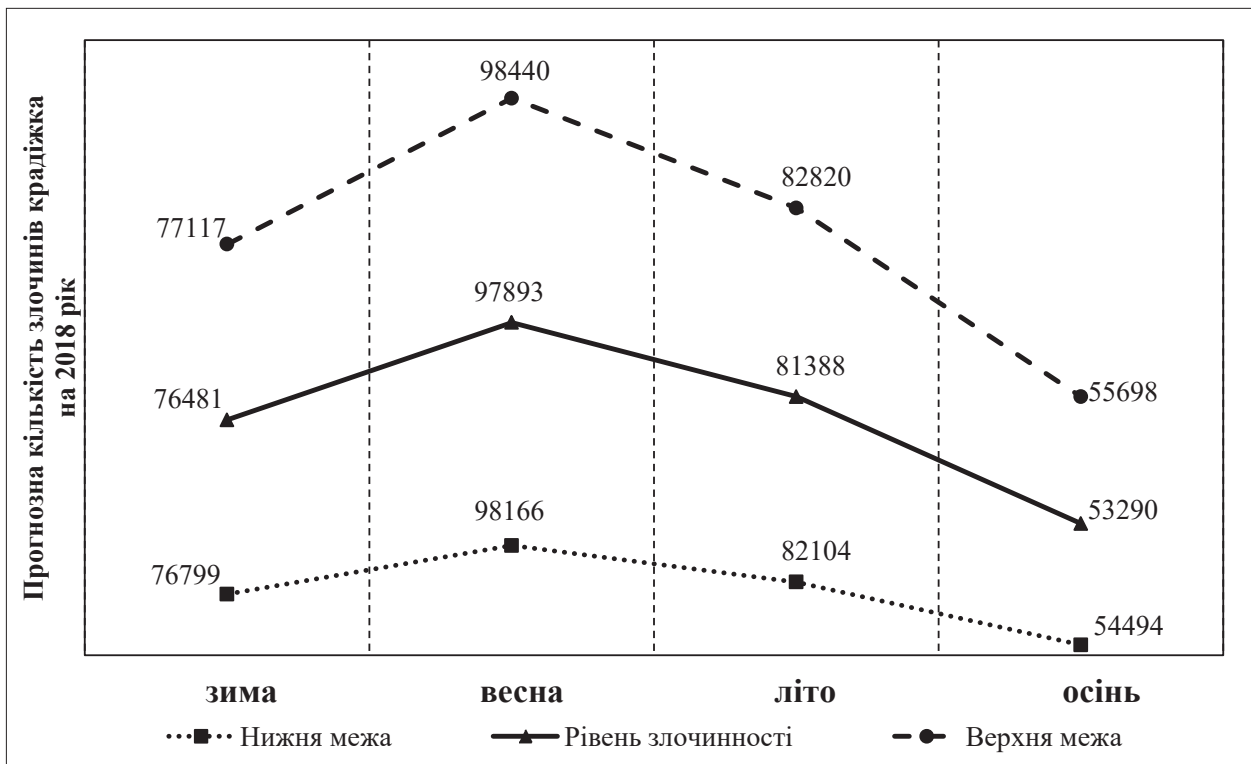


Рис. 3. Прогноз рівня злочинів крадіжка в Україні на 2018 рік

Результати розрахунків дають підставу зробити висновок про те, що якщо збережеться сформована в 2016–2017 рр. тенденція сезонних коливань рівня злочинів-крадіжок, то можна очікувати, що взимку 2018 р. кількість таких злочинів становитиме 76799, навесні 2018 р. – 98166, влітку 2018 р. – 82104, а восени 2018 р. – 54494.

Висновки. Отже, основною характеристикою, на основі якої проводиться аналіз злочинів на наявність сезонності, є індекс сезонності, який можна розрахувати трьома основними способами (стопці 7–9, табл. 2). Для виявлення сезонних коливань доцільно використовувати місячні статистичні дані кількості злочинів за три роки, оскільки середні трирічні показники є надійнішими, ніж однорічні, адже в них взаємопогашені випадковості того або іншого року.

На основі сезонності злочину-крадіжки за 2016–2017 рр. в Україні проведено прогнозування на 2018 р. Для цього були отримані чотири моделі (поліноміальні рівняння регресії) для прогнозу, на основі яких встановлено, що загальна тенденція збільшення кількості злочинів-крадіжок у весняно-літній період збережеться, а також визначено верхню і нижню межі прогнозування кількості злочинів.

Отже, дослідження сезонних коливань злочинності методологією, яка включає такі етапи: розрахунок індексів сезонності, знаходження рівняння для аналітичного вирівнювання сезонної хвилі, знаходження вирівняного ряду рівня злочинності та прогнозних значень кількості злочинів.

Застосування математичних методів аналізу сезонності та можливість здійснювати прогнозування рівня злочинності за окремими їх видами, підданими сезонним коливанням, дозволяє спланувати ефективніше використання всіх наявних правоохоронних ресурсів, а також спробувати зменшити сезонність шляхом проведення превентивних видів робіт проти злочинності у той час, коли сезонна хвиля йде вниз.

Необхідно також зауважити, що точність екстрапольованих прогнозів тим вища, чим коротший період прогнозування. Також вагоме значення має ступінь стабільності параметрів визначеного виду злочинів. А звідси і недоліки цього методу: його результати найімовірніше тільки у найближчому майбутньому (один – три роки). Зі збільшенням терміну прогнозування помилки в оцінках зростають.

Основні напрями подальших досліджень. Статистичні дані [5] свідчать, що кількість злочинів-крадіжок за період січень – лютий за 2018 рік становить 49971. Можна припустити, що в грудні 2018 р. кількість злочинів-крадіжок буде в межах 5000 – 8000. Отже, натеper (станом на кінець квітня 2018 р.) можна стверджувати, що отримана модель прогнозування на основі поліноміального рівняння регресії з урахуванням сезонності дає дещо завищені показники рівня злочинів-крадіжок. З огляду на такі обставини математичну модель прогнозування злочинів з урахуванням злочинності необхідно удосконалювати у такі способи:

- доцільно розширити статистичну базу – часовий проміжок з 2016–2017 рр. до 2014–2017 рр.;
 - у математичній моделі прогнозування (поліноміальному рівнянні регресії) передбачити та визначити випадковий компонент (ϵ_t);
 - знайти точніші способи визначення середнього індексу сезонності (I_k) для k – ї пори року.
- Невирішеним залишається також питання врахування латентної злочинності в математичній моделі.

Перспективним напрямком отримання математичних моделей прогнозування є застосування спеціалізованого програмного середовища (Wolfram Mathematica, MATLAB).

Математичні методи аналізу сезонних коливань та прогнозування на короткотерміновий період можуть використовуватись для дослідження інших соціальних явищ, наприклад, попиту на окремі види продукції, обсягу надання окремих видів автосервісних послуг тощо, а також наявність невирішених питань щодо удосконалення математичної моделі прогнозування на основі поліноміальної регресії – саме ці обставини вказують на необхідність проводити додаткові подальші наукові пошуки і дослідження цієї проблематики.

Література:

1. Лунеев В.В. Юридическая статистика: учеб. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Юристъ, 2007. 394 с.
2. Аванесов А.Г., Иншаков С.М., Лебедев С.А. и др. Криминология: учеб. для студ. / под ред. Г.А. Аванесова. Москва: ЮНИТИ-Дана, 2013. 576 с.
3. Быков Л.А., Бабаев М.М., Кузнецова Э.В. Изучение преступности (практическое пособие по криминологии для прокурорских работников): монография / отв. ред. В.К. Звирбуль. Всесоюзный ин-т по изуч. причин и разраб. мер предупреждения преступности. Москва. 1973. 160 с.
4. Банах С.В., Буглак Ю.О., Глунько В.В. та ін. Науково-практичний коментар Кримінального кодексу України станом на 20 січня 2018 року / за заг. ред. В.В. Глунька. Київ: Видавничий дім «Професіонал», 2018. 784 с.
5. Генеральна прокуратура України: довідка про стан та структуру кримінальних правопорушень на території України. URL: http://www.gp.gov.ua/ua/stst2011.html?dir_id=112173&libid=100820 (дата звернення 14.03.2018).
6. Семенова К.Д. Оцінка сезонних коливань показників діяльності підприємств. Вісник соціально-економічних досліджень / за ред. М.І. Зверькова. 2007. Вип. 25. С. 311–315.
7. Вашків П.Г., Пастер П.І., Сторожук В.П. та ін. Статистика підприємництва: навч. посіб. / за ред. П.Г. Вашківа, В.П. Сторожука. Київ: «Слобожанщина», 1999. 600 с.