

УДК 631.559

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.109-1.8>

АНАЛІЗ ВАРІЮВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ОВОЧІВ ВІДКРИТОГО ҐРУНТУ В ПОЛІССІ ТА ЛІСОСТЕПОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ

Зимаросєва А.А. – к. б. н., доцент кафедри експлуатації лісових ресурсів,
Житомирський національний агроєкологічний університет

У статті наведені результати дослідження закономірностей просторово-часової варіабельності врожайності овочів відкритого ґрунту на території 206 адміністративних районів у Поліській та Лісостеповій зонах України протягом 1991–2017 років. Було встановлено, що між середньою врожайністю овочів в Україні й урожайністю в досліджуваному регіоні спостерігається статистично значуща кореляція ($r = 0,63$, $p = 0,0005$), тому загальні результати та висновки, отримані у процесі дослідження, можна з високим ступенем імовірності апроксимувати на всю площу України. З'ясовано, що динаміка врожайності овочів в більшості адміністративних районів може бути описана поліномом четвертого порядку. Згідно з інформаційним критерієм Акаїке, тренд можна класифікувати як «стагнація врожайності», що означає неповне використання продукційного потенціалу території та відносно повільний розвиток овочівництва в Україні. Запропоновано використовувати особливі точки поліноміальної кривої четвертого порядку для змістовної інтерпретації й описання динаміки врожайності овочів. Зокрема, вільний член полінома показує стартові умови перебігу процесу, а його картування дозволяє виділити території з найбільш сприятливими агрофізичними умовами для вирощування овочів. А картування максимальної швидкості зниження та зростання врожайності дозволяє виявити райони, які стрімко реагують на зміни агроєкономічних і агротехнологічних умов зростанням або падінням урожайності, а також виявити території більш стабільні, які характеризуються поступовими змінами врожайності. Загалом, форма тренду, на нашу думку, визначається впливом агротехнологічних і агроєкономічних чинників, внесок яких у загальне варіювання врожайності овочів коливається від 53% до 90%. У подальших наших дослідженнях планується виявити внесок екологічних чинників у варіювання врожайності овочів.

Ключові слова: урожайність, овочі відкритого ґрунту, тренд, динаміка, варіабельність.

Zymaroieva A.A. Analysis of yield variability of open ground vegetables in Polissya and Forest-steppe ecoregions with in Ukraine

The article presents the results of study of the regularities of spatio-temporal yields variability of open ground vegetables on the territory of 206 administrative districts in Polissya and Forest-steppe zones of Ukraine during 1991–2017. It was found that there is a statistically significant correlation ($r = 0,63$, $p = 0,0005$) between the average vegetable yield in Ukraine and the yield in the study region, so the overall results and conclusions obtained during the study can be approximated to the entire area of Ukraine. The dynamics of vegetable yield in most administrative districts can be described by a fourth-degree polynomial. According to the Akaike Information Criterion, the trend classified as “crop yield stagnation”, which indicates the underutilization of the productive potential of the territory and slow development of vegetable growing in Ukraine. We propose to use characteristic points of the fourth-degree polynomial curve for meaningful interpretation and description of vegetable yield dynamics. In particular, the absolute term of the polynomial indicates the initial conditions of the process, and its mapping allows to identify the areas with the most favorable agrophysical conditions for the vegetables growing. The mapping of the maximum rate of yield decline and increase allows to reveal areas that are rapidly responding to changes in agro-economic and agrotechnological conditions by increasing or decreasing yields, as well as to identify areas more stable, characterized by gradual changes in yields. In general, the form of the trend, in our opinion, is determined by the influence of agrotechnological and agro-economic factors, whose contribution to the overall variation in vegetable yields ranges from 53% to 90%. In our further studies, we plan to identify the contribution of environmental factors to the vegetable yields variation.

Key words: yield, open ground vegetables, trend, dynamics, variability.

Постановка проблеми. Овочівництво належить до стратегічно важливих напрямів розвитку сільськогосподарського виробництва, що не лише гарантує продовольчу безпеку держави, але також забезпечує сировиною харчову переробну промисловість [3; 4]. Тому точна статистика врожайності овочевих культур відіграє важливу роль у плануванні та розподілі ресурсів для сталого розвитку сільського господарства України. На основі статистичних даних з урожайності можна проводити планування подальшого виробництва, здійснювати агроекологічне районування й ухвалювати рішення, пов'язані із придбанням, зберіганням, розповсюдженням продукції, імпортом, експортом та іншими пов'язаними з ними питаннями [7]. Незважаючи на загальнодоступність статистичної інформації з урожайності культур, нині відсутні роботи, у яких проводиться глибокий аналіз варіювання врожайності овочів на території України протягом тривалого періоду часу та розгляд можливих причин такого варіювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. До овочів відкритого ґрунту відносять: капусту, моркву столову, буряк столовий, цибулю ріпчасту, перець стручковий солодкий і гіркий, огірки (корнішони), помідори, часник, кабачки столові, баклажани й інші культури. Найбільша частка у структурі площ овочевих культур традиційно належать помідорам, капусті, огіркам і цибулі ріпчастій. Особливістю овочівництва в Україні є те, що приблизно 85% усіх овочів виробляють присадибні господарства [2].

Нині Україна входить у першу десятку світових лідерів за валовим виробництвом овочевої продукції, а з розрахунку на душу населення посідає шосте місце у світі. Проте серед двадцяти передових країн світу Україна посідає вісімнадцяте місце за рівнем урожайності, що свідчить про низьку реалізацію генетичного потенціалу вітчизняних сортів і гібридів [4].

Урожай сільськогосподарських культур є результатом взаємодії між генетичними особливостями рослин, ґрунтовими властивостями, агротехнікою та кліматичними умовами [5; 10]. Отже, урожайність сільськогосподарських культур визначають чинники агротехнологічного, агроекономічного й агроекологічного походження, що перебувають у тісній взаємодії. У статті ми пропонуємо механізм відокремлення агроекономічних і агротехнологічних чинників від екологічних.

Постановка завдання. Мета статті – проаналізувати закономірності просторово-часової варіабельності врожайності овочів відкритого ґрунту в Поліській і Лісостеповій зонах України і визначити співвідношення чинників динаміки агроекономічної й агроекологічної природи.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дані з урожайності овочів у Поліській і Лісостеповій зонах України надані Державною службою статистики України (<http://www.ukrstat.gov.ua/>). Відомості охоплюють часовий період із 1991 по 2017 рр. Зазначено середню врожайність культури по адміністративному району. Територія досліджень охоплює двісті шість адміністративних районів із десяти областей України (Вінницька, Волинська, Житомирська, Київська, Львівська, Рівненська, Тернопільська, Хмельницька, Черкаська, Чернігівська). Інформація про середньорічну врожайність овочів для України отримана з бази даних FAO (Food and Agriculture Organization) [6].

Як аналітичну форму тренду ми обирали між многочленами різного порядку [1; 8]. Усі розрахунки й аналіз даних були виконані з використанням R v. 3.0.2 [9]. Статистичний аналіз виконаний за допомогою програмного продукту Statistica 10. Для обчислення глобального коефіцієнта просторової автокореляції застосована I-статистика Морана, яка була обчислена із застосуванням програми Geoda095i (<http://www.geoda.uiuc.edu/>). Просторова база даних створена в ArcGIS 10.2.

Згідно з даними Продовольчої і сільськогосподарської організації ООН (FAO), середньорічна врожайність овочів на території України протягом 27-річного періоду між 1991 і 2017 рр. варіювала від 3,8 ц/га (у 1999 р.) до 20,6 ц/га (у 2005 р.), із середнім значенням 16,1 ц/га, стандартним відхиленням 4,2 і коефіцієнтом варіації 26% (рис. 1А).

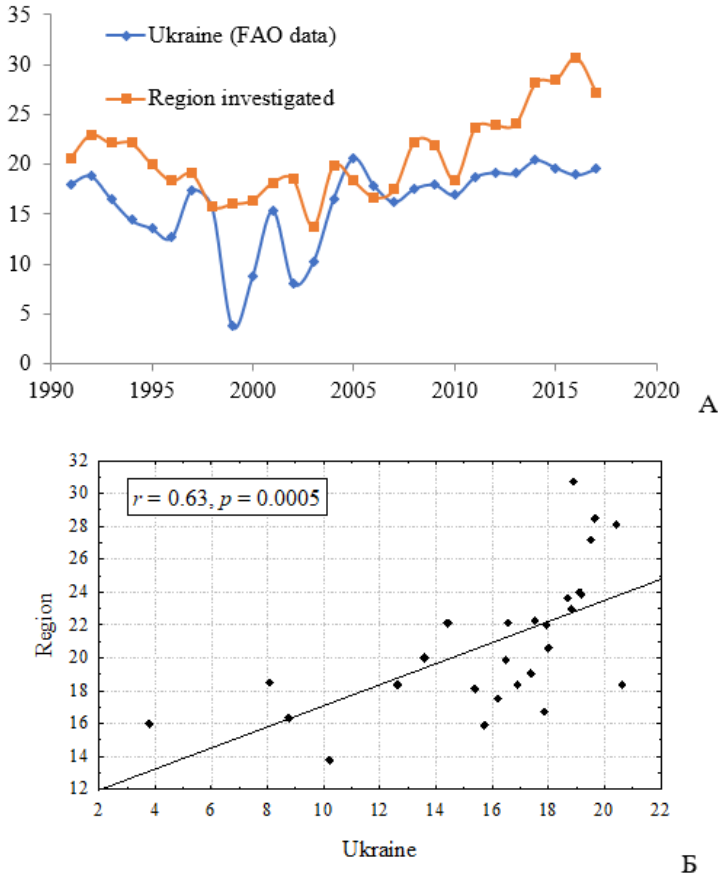


Рис. 1. Динаміка врожайності овочів за період 1991–2017 рр. в Україні та в досліджуваному регіоні (ц/га) (А); діаграма розкиду врожайності овочів в Україні щодо врожайності овочів у досліджуваному регіоні (Б)

Згідно з нашими даними, на території дослідженого регіону України в цей період часу середньорічна врожайність овочів коливалася від 13,8 ц/га (у 2003 р.) до 48,6 ц/га (у 2016 р.), середнє значення – 20,9 ц/га, стандартне відхилення – 4,3, коефіцієнт варіації – 20% (рис. 2). Середній рівень урожайності та коефіцієнт варіації цього показника є просторово залежними (I -статистика Морана 0,67, $p < 0,001$ та 0,18, $p < 0,001$ відповідно).

Між середньою врожайністю овочів в Україні й урожайністю в досліджуваному регіоні спостерігається статистично значуща кореляція ($r = 0,63$, $p = 0,0005$) (рис. 1 Б). Отримані дані свідчать про те, що загальні результати та висновки, отримані у процесі нашого дослідження можна з високим ступенем імовірності

апроксимувати на всю територію України, незважаючи на те, що для досліджень було обрано лише частину її площі.

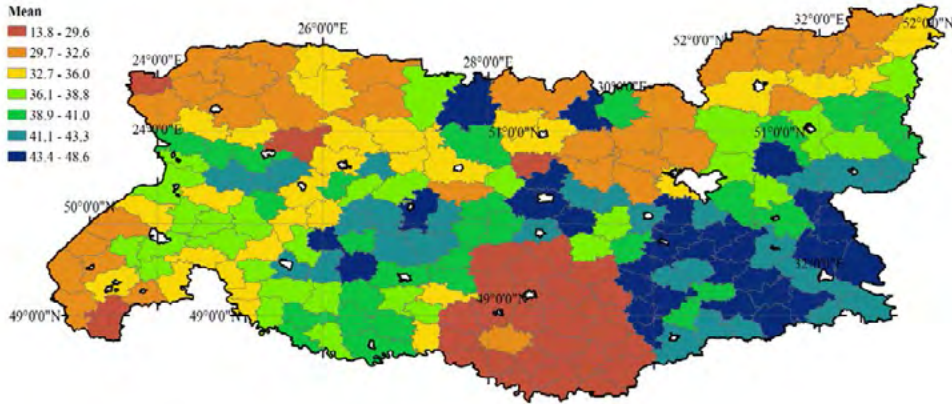


Рис. 2. Середній рівень урожайності овочів у досліджуваному регіоні України

Установлено, що динаміка врожайності овочів у більшості адміністративних районів може бути описана поліномом четвертого порядку (рис. 3). Поліном четвертого порядку найкраще описує динаміку врожайності овочів у 179 адміністративних районах (86,9% від загального обсягу). Згідно з інформаційним критерієм Акаїке (Akaike Information Criterion (AIC)) [1], якщо вибрана модель є рівнянням четвертого ступеня, то тренд можна класифікувати як «стагнація врожайності». Цей результат доводить, що неповною мірою використовується продукційний потенціал території, а також те, що овочівництво в Україні розвивається вкрай повільно.

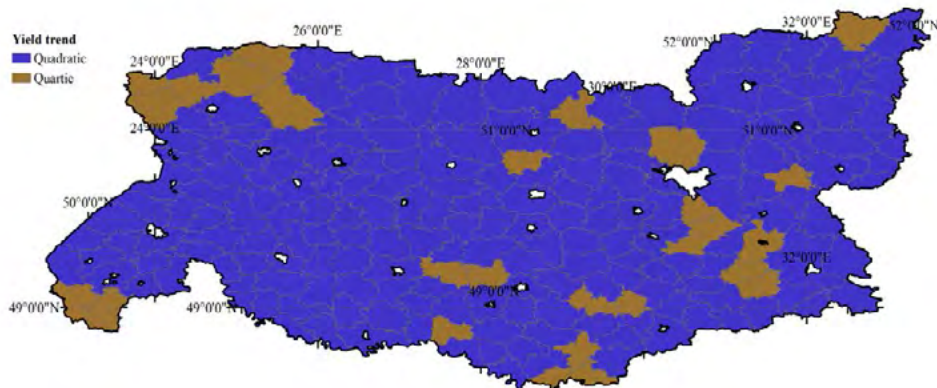


Рис. 3. Просторове варіювання типів динаміки врожайності овочів

Отже, остаточний тренд урожайності овочів у межах досліджуваної області найкраще описується поліномом четвертого порядку (рис. 4):

$$Y_x = b + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4,$$

де Y_x – урожайність овочів у момент часу x , b , a_1 , a_2 , a_3 , a_4 – коефіцієнти.

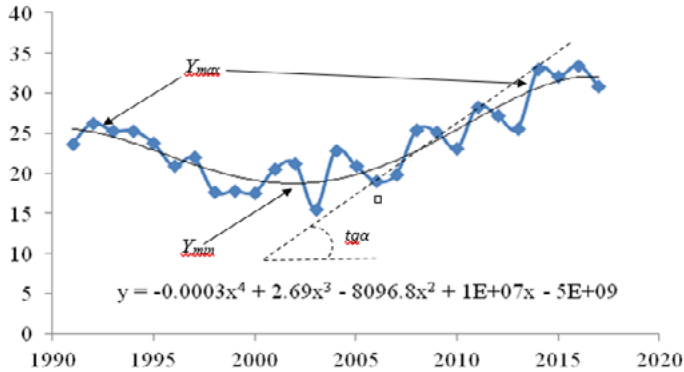


Рис. 4. Типова динаміка врожайності овочів протягом 1991–2017 рр. та апроксимація тренду поліномом четвертого порядку

Умовні позначки: вісь абсцис – час (1 – 1991 р., 27 – 2017 р.); вісь ординат – урожайність, ц/га (у логарифмованому масштабі); b – вільний член у рівнянні полінома; Y_{Min} – значення полінома в точці локального мінімуму; Y_{Max} – значення полінома в точках локальних максимумів; $tg\alpha$ – максимальна швидкість нарощування врожаю в часі між мінімумом і максимумом, тангенс кута нахилу дотичної до кривої полінома в точці перегину (аналогічно – максимальна швидкість зниження врожаю на низхідній гілці)

Для аналізу просторово-часового варіювання врожайності овочів було обрано характерні точки поліномів четвертого порядку, а саме: константу (вільний член), максимальну швидкість зменшення врожайності в діапазоні між точками максимуму і мінімуму, максимальну швидкість зростання врожайності в діапазоні між мінімумом і другим максимумом, а також коефіцієнт детермінації (рис. 4).

Вільний член полінома – константа b – вказує на врожайність культури в початковий період. Якщо прийняти, що $x = 0$ на початку періоду досліджень, то вільний член буде вказувати на рівень урожайності в цей час. Отже, константа b вказує на стартові умови перебігу процесу та є самостійним параметром часової динаміки зміни врожайності сільськогосподарської культури в часі.

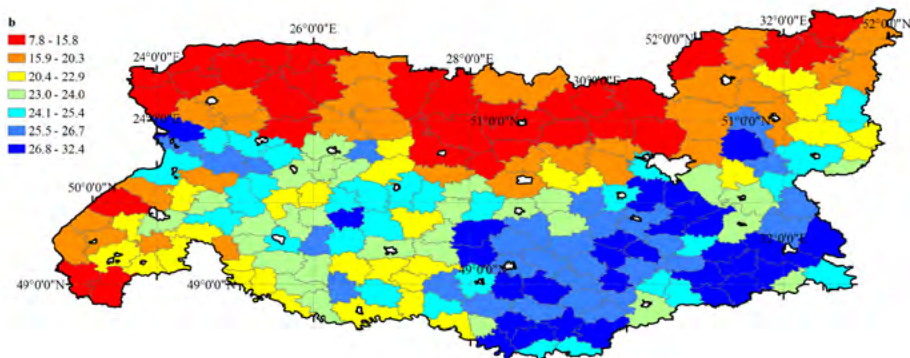


Рис. 5. Просторове варіювання рівня врожайності овочів у стартовий період досліджень (константа b рівняння регресії)

Стартовий рівень урожайності овочів є просторово залежним (I -статистика Морана 0,67, $p < 0,001$) і коливається від 7,8 ц/га до 32,4 ц/га (рис. 5). Цей показник дозволяє виявити території з найбільш сприятливими агрофізичними умовами для вирощування овочів. Отже, найбільший ґрунтово-кліматичний потенціал для овочівництва мають південно-східні райони дослідженого регіону (рис. 5).

Тренд урожайності овочів має два локальні максимуми й один локальний мінімум (рис. 4). Значення функції в точці локального мінімуму Y_{Min} вказує на «дно» динаміки врожайності культури, а показник Y_{Max} вказує на найбільшу врожайність овочів протягом періоду досліджень. З огляду на загальний вигляд тренду врожайності (рис. 4) можна стверджувати, що він має характер економічного циклу з його фазами, як-от: підйом, пік, спад, дно. Так, «дно» урожайності овочів (Y_{Min}) припадає на початок 2000-х рр. і є результатом попередньої соціально-економічної кризи, яка мала місце на території України у 90-х рр. Наприкінці 2000-х рр. сільське господарство виходить із кризи, формуються передумови для його стрімкого розвитку, що проявляє себе майже в лінійному зростанні врожайності овочів, аж до настання максимуму цього показника наприкінці 2010-х рр. Оскільки локальні максимуми знаходяться в зонах, близьких до краю діапазону досліджуваного періоду (рис. 4), значення функції в локальних максимумах не використовуємо як характеристичні показники динаміки врожайності овочів.

Між локальними максимумом і мінімумом, з одного боку, та мінімумом і максимумом урожайності, з іншого, відбувається перегин поліноміальної кривої (рис. 4). У цих точках швидкість зниження або зростання врожаю стає найбільшою, а відповідна динаміка може бути апроксимована лінійною залежністю. Кут нахилу дотичної до лінії регресії в точці перегину вказує на максимальну швидкість зниження або зростання врожаю відповідно, тому він може бути характеристичним показником динаміки врожайності [8].

Показники максимальної швидкості зниження та максимальної швидкості зростання врожайності можуть бути використані як маркери стійкості агроєкосистеми до зовнішніх чинників (рис. 6, 7).

Варіювання швидкості зниження врожайності овочів відкритого ґрунту є просторово залежним (статистика I -Моран 0,54, $p < 0,001$). Райони, де врожайність стрімко знижується за настання несприятливих умов, розташовані на півночі дослідженого регіону (рис. 6).

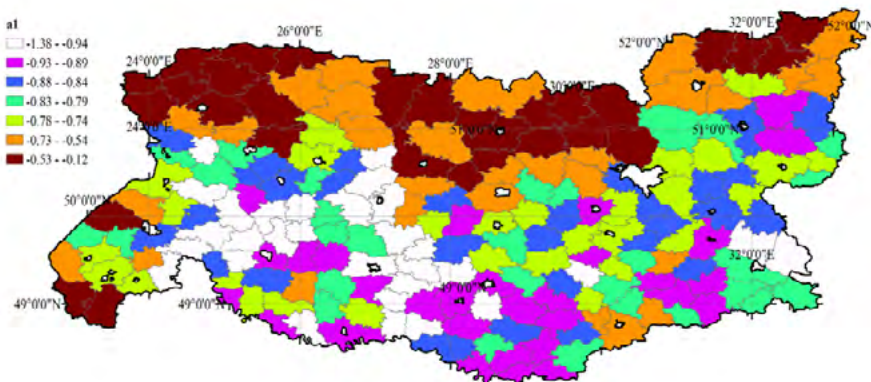


Рис. 6. Просторове варіювання максимальної швидкості зниження врожайності овочів відкритого ґрунту

Показник максимальної швидкості зростання врожайності овочів також має просторову детермінацію (I -статистика Морана 0,26, $p < 0,001$). Регіони, де показники максимальної швидкості зростання врожайності найбільші, знаходяться на південному сході регіону, а найбільш інертні до зростання врожайності райони – на півдні та в центрі (рис. 7).

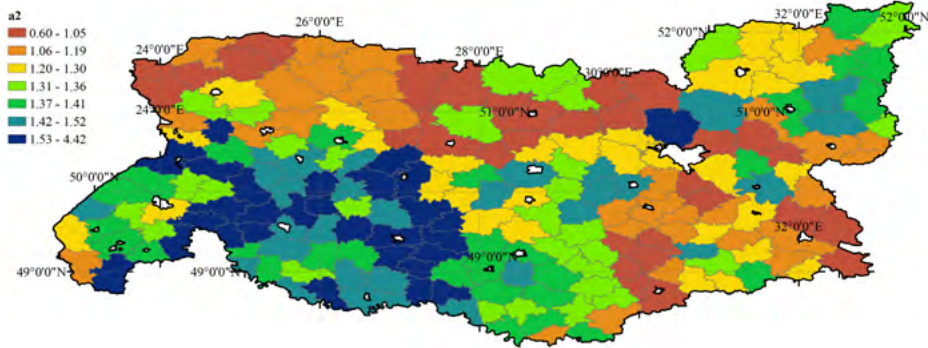


Рис. 7. Просторове варіювання максимальної швидкості зниження врожайності овочів відкритого ґрунту

Отже, картування останніх двох показників дозволяє виявити райони, які стрімко реагують на зміни в агроекономічних умовах зростанням або падінням врожайності, а також виявити території більш стабільні, які характеризуються поступовими змінами врожайності.

Коефіцієнт детермінації визначає відповідність встановленого тренду (полінома четвертого порядку) реальній динаміці врожайності овочів. Згідно з нашими дослідженнями, коефіцієнт детермінації варіює в межах від 0,53 до 0,90 і є просторово залежним (I -статистика Морана 0,30, $p = 0,026$) (рис. 8).

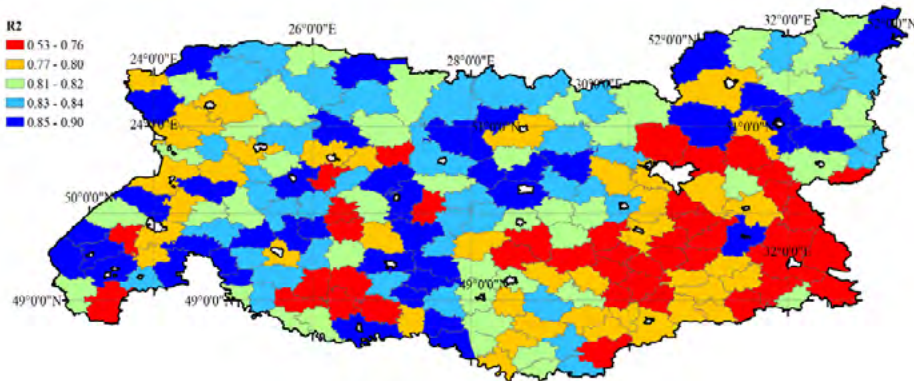


Рис. 8. Просторове варіювання коефіцієнта детермінації регресійної моделі врожайності овочів відкритого ґрунту

Отже, обрана модель досить точно описує динаміку процесу. Якщо ми прийняли за основу, що тренд має агроекономічне й агротехнологічне походження, то вплив вищезгаданого чинника на врожайність овочів подекуди має вирішальне значення.

Висновки та перспективи подальшого розвитку в цьому напрямі. Між середньою врожайністю овочів в Україні й урожайністю в досліджуваному регіоні спостерігається статистично значуща кореляція ($r = 0,63$, $p = 0,0005$), тому загальні результати та висновки, отримані під час нашого дослідження, можна з високим ступенем імовірності апроксимувати на всю територію України.

2. Встановлено, що динаміка врожайності овочів у більшості адміністративних районів може бути описана поліномом четвертого порядку. Згідно з інформаційним критерієм Акаїке, тренд можна класифікувати як «стагнація врожайності», що означає неповне використання продукційного потенціалу території та відносно повільний розвиток овочівництва в Україні.

3. Особливі точки поліноміальної кривої четвертого порядку можуть бути змістовно інтерпретовані та застосовані для описання динаміки врожайності. Загалом, форма тренду, на нашу думку, визначається впливом агротехнологічних і агроекономічних чинників, внесок яких у загальне варіювання врожайності овочів коливається від 53% до 90%.

4. У подальших наших дослідженнях плануємо виявити внесок екологічних чинників у варіювання врожайності овочів, з'ясувати більш точно природу цих чинників і на їх основі провести агроекологічне зонування території України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Зимарова А. Просторово-часові закономірності варіювання урожайності кукурудзи в Україні. *Наукові горизонти*. 2019. № 2 (75). С. 58–66.
2. Кернасюк Ю. Ринок овочів відкритого ґрунту та тепличних. *Економічний гектар* : електронне видання. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/10912-rynok-ovochiv-vidkrytoho-gruntu-ta-teplychnykh.html>.
3. Корнієнко С., Рудь В. Овочівництво. Історичний і сучасний аспекти розвитку. *Сучасний стан та перспективи розвитку овочівництва* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 26 липня 2017 р., с. Селекційне Харківської області. Інститут овочівництва і баштанництва НААН : Пляда, 2017. С. 15–27.
4. Сєвідова І., Лещенко Л. Стан, проблеми та перспективи розвитку овочівництва в Україні. *Економічна наука. Інвестиції: практика і досвід*. 2017. № 12. С. 28–33.
5. Spatial and temporal variability of wheat grainyield and quality in a Mediterranean environment : A multivariate geostatistical approach / M. Diacono et al. *Field Crops Research*. 2012. Vol. 131. P. 49–62.
6. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. 2018. URL: www.fao.org (дата звернення: 05.12.2018).
7. Keita N., Ouedraogo E., Nyamsi U. Measuring Area, Yield and Production of Vegetable. *ICAS VII Seventh International Conference on Agricultural Statistics, 24–26 October 2016*. Rome, 2016. P. 1–13.
8. Agro economical and agro ecological aspects of the rye (*Secale cereale* L.) yields spatial variation with in Polesia and Forest steppe zones of Ukraine: the usage of the geographically weighted principal components analysis / O. Kunah et al. *Biosystems Diversity*. 2018. № 26 (4). P. 276–285. DOI: 10.15421/011842.
9. R Core Team (2017). R : A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.
10. Effect of environmental changes on vegetable and legumeyields and nutritional quality / P. Scheelbeek et al. *PNAS*. 2018. № 115 (26). P. 6804–6809. DOI: 10.1073/pnas.1800442115.