

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до практичних занять з навчальної дисципліни  
«СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА МЕТЕОРОЛОГІЯ»  
за темою: «Оцінка часової мінливості врожаїв сільськогосподарських  
культур»  
для студентів денної та заочної форм навчання  
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

Затверджено  
на засіданні групи  
забезпечення спеціальності  
Протокол № 1  
від «01» вересня 2023р.

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Сільськогосподарська метеорологія» на тему «Оцінка часової мінливості врожаїв сільськогосподарських культур» для студентів III року навчання денної та заочної форм за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій», рівень вищої освіти бакалавр/ Укладачі: Вольвач О. В., канд. геогр. наук, доц., Костюкєвич Т. К., канд. геогр. наук. Одеса, ОДЕКУ, 2023, 23 с.

## ЗМІСТ

ПЕПРЕДМОВА .....		5
1	ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА .....	7
1.1	Мінливість врожаїв сільськогосподарських культур .....	7
1.2	Методи оцінки часової мінливості врожайності сільськогосподарських культур .....	8
1.3	Оцінка вірності вибору вигляду тренду .....	12
1.4	Аналіз динаміки врожайності .....	14
2	ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА .....	17
3	КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	18
ЛІТЕРАТУРА .....		19
ДОДАТКИ .....		20

## ПЕРЕДМОВА

Агromетeоролoгiчне забезпечення сiльського господарства внаслідок великої залежності його від погодних умов є одним з основних завдань сьогодення. Дiяльнiсть системи агromетeоролoгiчного забезпечення направлена на сприяння сталому розвитку основних галузей сiльського господарства, збiльшення виробництва сiльськогосподарської продукції для забезпечення населення, а також потреб тваринництва та переробної промисловості.

Агromетeоролoгiчні забезпечення здiйснюється науково-оперативними i мережевими підрозділами Українського гiдрометeоролoгiчного центру відповідно до встановленого регламентом надання iнформації по рiзним каналам зв'язку щодня, щотижня, щодаки і т.д. Воно ґрунтується на широкому використанні даних спостережень державної мережі гiдрометeоролoгiчних станцій i постiв, вiзуальних та iнструментальних обстежень посiвiв, що проводяться перiодично на великих площах, залучається також супутникова iнформація. Аналіз i узагальнення даних спостережень дозволяє не тільки iнформувати зацікавлені організації про сформовані в будь-який перiод часу агromетeоролoгiчних умов, а й надати розрахункові кiлькiсні оцінки сформованих умов i їх впливу на кiнцеву продуктивність сiльськогосподарських культур.

В даний час кiлькiсні агromетeоролoгiчні оцінки i прогнози є основним видом оперативного агromетeоролoгiчного забезпечення сiльського господарства. Сталий розвиток суспiльства забезпечується багатьма факторами, серед яких стабiльне забезпечення людини продовольством є одним з найважливіших. Однак виробництво продовольства в нашiй країні, як i в усьому світі, надзвичайно вразливе до коливань погоди i клімату. У нашiй країні агрокліматичні умови вирощування сiльськогосподарських культур характеризуються великою рiзноманiтністю по території. Основні райони родючих чорноземних ґрунтів розташовані в зонах недостатнього i нестійкого зволоження. У районах оптимального зволоження нерiдко спостерiгається нестача тепла i ранні заморозки. Незважаючи на iнтенсифікацію сiльського господарства, врожайність i валові збори сiльськогосподарських культур коливаються рiк від року.

Вивченню динаміки врожаїв, виявленню основних агromетeоролoгiчних факторiв i показникiв стану рослин, а також створенню методiв прогнозiв врожайності сiльськогосподарських культур присвячені роботи А.І. Маннеля, І.В. Свісюка, В.П. Дмитренка, А.М. Польового, М.І. Гойси, В.М. Пасова, М.С. Кулика, К.В. Кирилiчевої, А.В. Процорова та багатьох iнших авторiв.

**Завдання** методичних вказiвок полягає в тому щоб навчити студентiв проводити оцінку часової мiнливості врожаїв сiльськогосподарських культур методом гармонiйних зважувань, обґрунтовувати вибір лiнії тренду, розраховувати мiнливість врожаїв сiльськогосподарських культур,

встановлювати причини їх коливання, знаходити головні чинники, які мають вирішальний вплив на формування врожаю.

Методичні вказівки повинні забезпечити **знання**:

- методу розрахунку ліній трендів;
- визначення типу динаміки тенденції врожайності;
- основи оцінки правильності вибору лінії тренду;
- методи розрахунку мінливості врожаїв.

Після виконання завдань студенти набувають **вміння**:

- розраховувати тренди врожайності;
- проводити оцінку правильності вибору лінії тренда;
- виконувати розрахунки мінливості врожаїв;
- проводити аналіз отриманих результатів та узагальнювати їх.

Послідовність виконання практичного заняття полягає у вивченні теоретичної частини, виконання практичної частини і відповіді на контрольні питання.

Методика проведення та оцінювання контрольних заходів полягає в оцінюванні результатів виконаних розрахунків, умінні студента узагальнювати результати розрахунків, складати відповідні тексти, повноті відповідей на запитання. Оцінюється виконання практичного заняття і відповіді на запитання. За виконання роботи студент може отримати максимально 10 балів.

# 1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Мінливість врожаїв сільськогосподарських культур

Зміни врожайності сільськогосподарських культур спостерігаються рік від року, в першу чергу, це обумовлено погодними умовами. Вплив метеорологічних факторів і їх комплексів на формування продуктивності сільськогосподарських культур вивчені досить повно. Значний внесок у вивчення мінливості врожаїв зернових культур у зв'язку з особливостями клімату основних сільськогосподарських районів країни вніс В.М. Пасов.

Отримання високих і стабільних врожаїв сільськогосподарських культур - основне завдання землеробів. Підйом врожайності зернових в усьому світі почався приблизно з середини ХХ ст. Цьому сприяли успіхи в хімізації сільського господарства, селекційній справі, технологіях обробітку культур і т.п.

Врожайність зернових культур в основних зерновиробничих регіонах Північної півкулі має тенденцію (тренд) до зростання в часі, однак темпи цього зростання в різних країнах і на різних історичних етапах різні. Наявність тренда в динаміці врожайності призводить до того, що поняття «високий урожай» (також як «середній» і «низький») стає поняттям відносним, а його конкретна величина визначається тим, до якої країни і якого історичного періоду воно відноситься. На тлі загальної тенденції зростання врожайності відбуваються її коливання в часі, тобто поряд зі звичайними середніми роками мають місце роки з високими і низькими врожаями.

Причиною, що обумовлює зростання врожайності сільськогосподарських культур в часі, є підвищення загальної культури землеробства. Рівень культури землеробства залежить від цілого ряду чинників і може бути оцінений величиною врожайності, яку вдається досягти в рамках певних ґрунтово-кліматичних умов. У тих районах земної кулі, де природні ресурси вище, досягти бажаного рівня врожайності легше, і зробити це вдається з меншими витратами, ніж в районах з менш сприятливими умовами.

Комплекс факторів, від яких залежить рівень культури землеробства, досить різноманітний. У нього входять особливості застосовуваної системи землеробства, способи обробки ґрунту, ступінь використання добрив, способи боротьби з хворобами і шкідниками посівів, біологічні можливості сорту і відповідність оброблюваних сортів агрокліматичних ресурсів території, енергоозброєність сільськогосподарського виробництва та ін. Перераховані фактори визначають загальний рівень врожайності, обумовлюють її поступове зростання у часу, тобто формують тренд. Що ж стосується щорічних коливань врожайності сільськогосподарських культур навколо тренда в будь-якому конкретному регіоні, то вони в основному обумовлені погодою і пов'язані з кліматичними особливостями території.

Мінливість погоди вегетаційного періоду різних років вносить свій внесок в коливання врожайності сільськогосподарських культур, в результаті чого сумарна мінливість врожайності зростає.

Таким чином, все різноманіття чинників, що впливають на врожайність сільськогосподарських культур, можна розділити на дві великі групи: в першу увійдуть фактори, що зумовлюють рівень культури землеробства, в другу - метеорологічні чинники.

Рівень культури землеробства робить вирішальний вплив на врожайність і в значній мірі визначає її величину. Оцінити його можна статистичним шляхом, допустивши, що коливання врожайності навколо тренда пов'язані тільки з варіаціями агрометеорологічних умов конкретних років (іноді вони обумовлені також біологічними факторами - сортовими особливостями, масовим розвитком шкідників і хвороб сільськогосподарських культур та ін.). При цьому передбачається, що вплив факторів, пов'язаних з ростом культури землеробства, призводить до головного зміни врожайності і що ці зміни відбуваються за певним законом. Ці припущення дозволяють за наявними емпіричними даними апроксимувати зміни врожайності в часі тією або іншою формою залежності (прямий, параболою і т.д.).

Закономірності зміни метеорологічної складової у часу знаходяться в тісному зв'язку зі зміною метеорологічних умов вегетаційного періоду протягом послідовного ряду років і, як правило, не відомі нам навіть в першому наближенні. Тому відхилення врожайності від тренда доводиться розглядати як випадкову величину.

Для оцінки мінливості врожайності використовується коефіцієнт варіації варіації:

$$C_v = \frac{\sigma_y}{\bar{y}}, \quad (1.1)$$

де  $\sigma_y$  – середнє квадратичне відхилення ряду врожайів;

$\bar{y}$  – середній врожай, ц·га<sup>-1</sup>.

Таким чином, динаміку врожайності тієї чи іншої культури можна розглядати як наслідок зміни рівня культури землеробства, на тлі якого відбуваються випадкові коливання, пов'язані з особливостями погоди різних років. Загальна дисперсія врожайності  $\sigma^2$  розглядається як сума двох додавань, одне з яких характеризує внесок, що внесено динамікою культури землеробства ( $\sigma_{кз}^2$ ), а інше - мінливістю погоди ( $\sigma_n^2$ ). Тоді

$$\sigma^2 = \sigma_{кз}^2 + \sigma_n^2 \quad (1.2)$$

$$\sigma_n^2 = \sigma^2 + \sigma_{кз}^2 \quad (1.3)$$

Величина  $\sigma_n^2$  більш стійка в часі, ніж  $\sigma_{кз}^2$ , так як до складу останньої входить істотно змінюється  $\sigma_{кз}^2$ . Розрахунок  $\sigma$  можна зробити за формулами:

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \quad (1.4)$$

$$\sigma_{3z}^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1} \quad \text{і} \quad \sigma_{кз}^2 = \frac{\sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{n-1}; \quad (1.5)$$

$$\sigma_n^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2 - \sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{n-1}; \quad (1.6)$$

$$c_n = \frac{1}{\bar{y}} \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2 - \sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{n-1}}, \quad (1.7)$$

де  $\hat{y}_i$  – врожайність, розрахована з рівняння лінії тренда (динамічна середня);

$c_n$  – коефіцієнт варіації врожаїв, обумовлений особливостями погоди окремих років;

$y_i$  – значення ряду врожаїв;

$\bar{y}$  – середнє арифметичне значення ряду;

$n$  – довжина ряду.

Для того, щоб правильно оцінити мінливість врожайності, крім дисперсії необхідно враховувати і сам рівень врожайності.

Грунтово-кліматичні ресурси різних регіонів України не однакові, крім того, райони розрізняються рівнем застосовуваної агротехніки і продуктивністю районованих сортів. В результаті цього врожайність однієї і тієї ж культури в різних кліматичних зонах зазвичай істотно різниться.

За величиною коефіцієнта варіації виділені такі градації мінливості врожайності зернових культур:

- менш 0,20 - незначна мінливість врожайності;
- 0,21 - 0,30 - помірна мінливість врожайності;
- 0,31 - 0,40 - висока мінливість врожайності;
- більше 0,40 - дуже висока мінливість врожайності.

Якщо для окремих адміністративних областей за формулою (1.7) розрахувати  $C_n$  і нанести їх значення на карту, то вийде картина мінливості



врожаїв, що відображає кліматичні особливості території, важливі для формування врожаю досліджуваної культури (Пасов В.М.).

## 1.2 Методи оцінки часової мінливості врожайності сільськогосподарських культур

Коливання врожаїв сільськогосподарських культур в окремі роки обумовлюється впливом великої кількості факторів, тому при вирішенні багатьох практичних питань виникає необхідність оцінки впливу на врожаї окремих факторів або їх груп. Для цього розглядають часовий ряд врожаїв.

Часовим рядом називається послідовність спостережень, упорядкованих згідно з часом. Головною особливістю, що відрізняє аналіз часових рядів серед інших видів статистичного аналізу, є суть порядку, в якому проводяться спостереження. Якщо в багатьох задачах спостереження, як правило, статистично незалежні, то в часових рядах вони залежні і характер залежності визначається розміщенням спостережень в цій послідовності.

У загальному вигляді часовий ряд представляє собою вираз:

$$y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n, \quad (1.8)$$

де  $y_i$  – значення  $i$ -го рівня часового ряду,  
 $n$  – довжина часового ряду.

Однією з найважливіших задач аналізу часових рядів є визначення основної закономірності зміни в часі (тенденції) явища, що вивчається. З цією метою розкладають ряд на дві складові, які характеризують різні групи факторів. При цьому за загальну статистичну модель часового ряду приймають модель:

$$y_t = f(t) + E_t, \quad (1.9)$$

де  $f(t)$  – деяка не випадкова функція часу;

$E_t$  – випадкова складова часового ряду (випадкова компонента).

Ці компоненти часового ряду не спостерігаються, вони – теоретичні величини. В цій моделі вважається, що з часом випадкова компонента не змінюється і будь-яка залежність від часу входить до стаціонарної складової.

Стаціонарна складова часового ряду обумовлюється рівнем культури землеробства, визначає загальну тенденцію зміни врожаю за розглядаємий період, і представляє собою плавну лінію – *тренд*.

Тренд характеризує основну закономірність розвитку явищ з часом, але ця закономірність не повністю вільна від випадкових впливів. Тренд описує тенденцію, осереднену для ряду спостережень.

Коливання врожаїв біля лінії тренду характеризують сприятливість чи несприятливість погодних умов окремих років.

Метод гармонічних зважувань, був запропонований З. Хельвігом для прогнозування економічних показників.

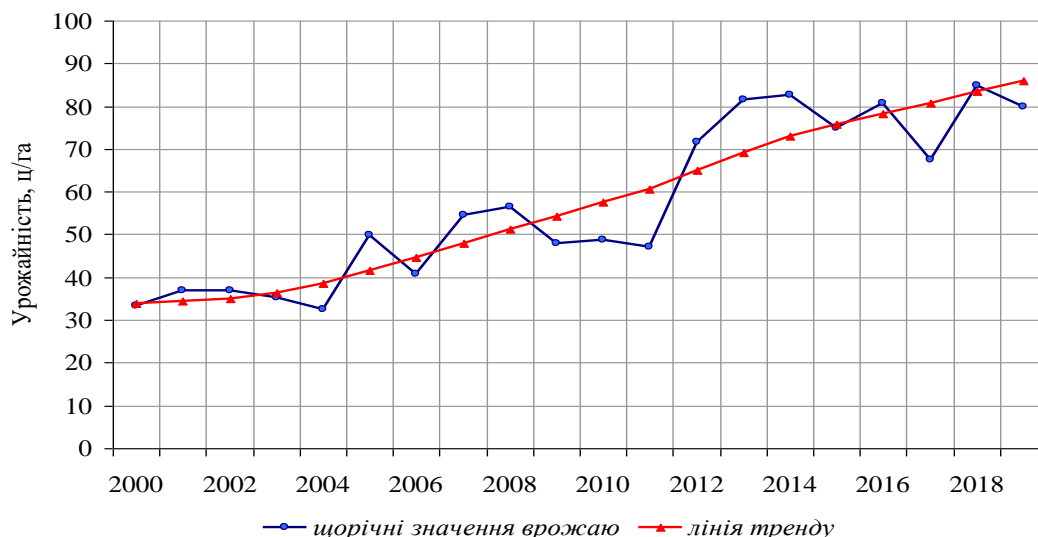


Рис. 1 – Динаміка врожайності зерна кукурудзи та лінія тренду в Рівненській області (побудовано методом гармонійних зважувань)

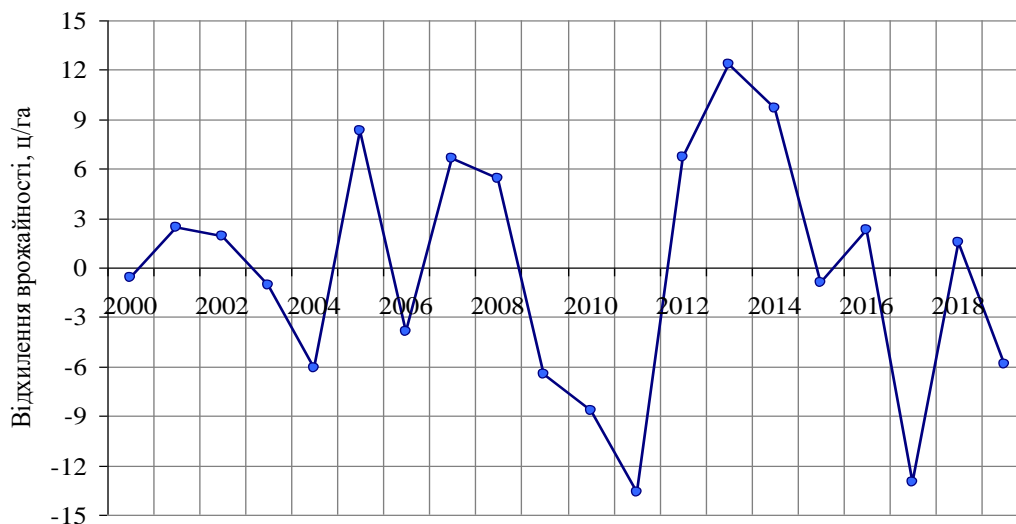


Рис. 2 - Відхилення врожайності зерна кукурудзи від лінії тренду в Рівненській області (побудовано методом гармонійних зважувань)

При використанні методу гармонічних зважувань в якості деякого наближення істинного  $f(t)$  тимчасового ряду врожайності сільськогосподарських культур приймається ламана лінія, що згладжує задане число точок тимчасового ряду  $Y_t$ :

$$Y_t (t = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (1.10)$$

Окремі відрізки ламаної лінії (ковзного тренда) представляють його окремі фази. Для визначення окремих фаз руху ковзного тренда вибираємо число років, що утворюють окрему фазу, причому  $k < n$ , і за допомогою методу найменших квадратів знаходимо рівняння лінійних відрізків

$$Y_i(t) = a_i + b_i t \quad (i = 1, 2, \dots, n - k + 1) \quad (1.11)$$

причому:

для  $i = 1, t = 1, 2, \dots, K$ ;

для  $i = 2, t = 2, 3, \dots, K + 1$ ;

для  $i = n - k + 1, t = n - k + 1, n - k + 2, \dots, n$ .

Метод розрахунку точок динамічної складової часового ряду врожайності по методу гармонічних зважувань дозволяє по тенденції часового ряду прогнозувати її величину на найближчі 1 - 2 роки. Тому для виявлення впливу погоди і клімату на урожайність останню виражають у відхиленнях від тренда, тобто від лінії усередненої в часі урожайності. В основу такої оцінки покладена ідея В.М. Обухова про можливість розкладання часового ряду урожайності будь-якої культури на дві складові: стаціонарну і випадкову.

### 1.3 Оцінка вірності вибору вигляду тренду

*Головна мета методу гармонічних зважувань* полягає в тому, що внаслідок порівняння окремих спостережень часового ряду віддається перевага пізнішим спостереженням.

При використанні методу гармонічних зважувань за деяке наближення  $f(t)$  дійсного тренда береться ламана лінія, яка зрівнює чинну кількість даних часового ряду  $y_t$ .

При вірному виборі виду тренда відхилення від нього будуть мати випадковий характер. Для перевірки основної гіпотези скористуємося критерієм серії, які опираються на медіану  $\epsilon_{\text{мед}}$  вибірки.

Для того щоб вихідний рядок мав вигляд випадкової вибірки, протяжність  $K_m(n)$  самої довгої серії (послідовність плюсів або мінусів, одержаних шляхом співставлення кожного "члену рядка з медіаною) не повинна бути дуже великою, а загальне число серій  $v(n)$  - дуже маленьким. Вибірка буде випадковою, якщо виконується таке рівняння (для 5% рівня значущості):

$$\left. \begin{array}{l} K_m(n) < [3,3(\lg n + 1)] \\ v(n) > \left[ \frac{1}{2}(n + 1 - 1,96\sqrt{n-1}) \right] \end{array} \right\} \cdot \quad (1.12)$$

Щоб виконати ліву частину рівняння (1.12) із відхилень від тренда  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ , утворюють для кожного району, який розглядають, варіаційні рядки  $\varepsilon^{(1)}, \varepsilon^{(2)}, \dots, \varepsilon^{(n)}$ , де  $\varepsilon^{(1)}$  - найменше із всіх відхилень, а  $\varepsilon_{med}$  - медіана цього варіаційного рядка. Далі одержуємо послідовність плюсів і мінусів за таким правилом. На  $i$ -му місці ( $i=1, 2, \dots, n$ ) ставиться знак плюс, якщо  $i$ -те спостереження в вихідному рядку більше за медіану, і знак мінус, якщо воно менше за медіану. Якщо  $i$ -те спостереження дорівнює медіані, воно спускається. Далі підраховується протяжність найдовшої серії  $K_m(n)$  і загальне число серій  $\nu(n)$  для кожного району.

**Приклад.** Проведено аналіз динаміки врожаїв зерна кукурудзи в Рівненській області за період з 2000 по 2019 роки за даними Державної статистичної служби України. За допомогою методу гармонійних зважувань визначена тенденція врожайності, визначені відхилення розрахункових значень тренду від фактичних, проведена оцінка правильності вибору виду тренда та перевірка гіпотеза про те, що випадкова компонента являє собою стаціонарний випадковий процес (табл. 1.1 та табл. 1.2).

Таблиця 1.1 - Оцінка випадковості відхилень врожайності від тренда

Рік	$\varepsilon$	$\varepsilon \downarrow$	Серії	Рік	$\varepsilon$	$\varepsilon \downarrow$	Серії
2000	-0,6	12,3	-	2010	-8,7	-0,6	-
2001	2,4	9,7	+	2011	-13,6	-0,9	-
2002	1,9	8,3	+	2012	6,7	-1,1	+
2003	-1,1	6,7	-	2013	12,3	-3,9	+
2004	-6,1	6,6	-	2014	9,7	-6	+
2005	8,3	5,4	+	2015	-0,9	-6,1	-
2006	-3,9	2,4	-	2016	2,3	-6,5	+
2007	6,6	2,3	+	2017	-13	-8,7	-
2008	5,4	1,9	+	2018	1,5	-13	-
2009	-6,5	1,5	-	2019	-5,9	-13,6	-
$\varepsilon_{med} = 0,45$							

Таблиця 1.2 - Оцінка правильності вибору тренда

Область	$k_{\max}(n)$	$\nu(n)$	$3.3(\lg n + 1)$	$\frac{1}{2}(n + 1 - 1.96\sqrt{n-1})$
Рівненська	3	13	7,6	6,2

Для прогнозу тенденції часового ряду методом гармонічних зважувань повинні виконуватись такі передумови:

1 - часовий ряд повинен бути досить тривалим, щоб в середині цього ряду була можливість простежити закономірність процесу;

2 - відхилення від поточного тренда повинні представляти стаціонарний випадковий процес.

#### 1.4 Аналіз динаміки врожайності

Одне з найважливіших завдань аналізу динаміки - виявлення і кількісна характеристика основної тенденції розвитку. Під тенденцією розуміється загальний напрям до зростання, зниження або стабілізації рівня явища з плином часу. Основну тенденцію можна представити або аналітично - у вигляді рівняння тренду або графічно.

У статистиці використовуються різні прийоми і способи виявлення та характеристики основної тенденції - і елементарні, і більш складні.

Ряд динаміки - це ряд числових значень статистичного показника, розташованих у хронологічній послідовності. Кожне числове значення показника, що характеризує величину, розмір явища, називається рівнем ряду. Крім рівнів, кожен ряд динаміки містить вказівки про ті моменти або періоди часу, до яких відносяться рівні.

При аналізі динаміки використовуються різні показники і методи аналізу як елементарні, більш прості, так і більш складні, потребують відповідно застосування більш складних розділів математики.

Найпростішими показниками є:

- абсолютний приріст;
- темп зростання;
- темп приросту;
- абсолютне значення 1% приросту.

Розрахунок цих показників ґрунтується на порівнянні між собою рівнів ряду динаміки. При цьому рівень, з яким проводиться порівняння, називається базисним, так як він є базою порівняння.

Якщо кожен рівень порівнюється з попереднім, то одержані при цьому показники називаються ланцюговими. Якщо ж всі рівні порівнюються з одним і тим же рівнем, який виступає як постійна база порівняння, то визначені при цьому показники називаються базисними.

**Абсолютний приріст** показує, на скільки одиниць збільшився (або зменшився) рівень в порівнянні з базисним, тобто за той чи інший проміжок часу. Абсолютний приріст дорівнює різниці між порівнюваними рівнями і вимірюється в тих же одиницях, що і ці рівні:

$$D = Y_i - Y_{i-t} \quad (1.13)$$

$D$  - абсолютний приріст за  $t$  одиниць часу.

$Y_i$  - порівнюваний рівень, а  $i$  - його або хронологічний, або порядковий номер у низці динаміки ..

$Y_{i-t}$  - базисний рівень, а  $i-t$  - його номер.

$t$  - тривалість періоду, за який робиться розрахунок.

Якщо за базу порівняння береться попередній рівень, то ланцюгової абсолютний приріст дорівнює:

$$D = Y_i - Y_{i-1} \quad (1.14)$$

**Абсолютний приріст** за одиницю часу вимірює абсолютну швидкість зростання (чи зниження) рівня.

Ланцюгові і базисні абсолютні прирости пов'язані між собою: сума послідовних ланцюгових приростів дорівнює відповідному базисному приросту, тобто загальному приросту за весь період.

Більш повну характеристику приросту можна отримати в тому випадку, коли абсолютні величини доповнюються відносними. Відносними показниками динаміки є темпи зростання і темпи приросту, що характеризують інтенсивність процесу зростання.

**Темп зростання** ( $T_p$ ) показує, у скільки разів збільшився рівень в порівнянні з базисним, а в разі зменшення - яку частину базисного рівня становить порівнюваний рівень:

$$T_p = \frac{Y_i}{Y_1} \quad (1.15)$$

Якщо за базу порівняння приймається попередній рівень, то ланцюгової темп зростання дорівнює:

$$T_p = \frac{Y_i}{Y_{i-1}} \quad (1.16)$$

Як і інші відносні величини, темп росту може бути виражений не тільки у формі коефіцієнта (простого відношення рівнів) але і у відсотках.

Як і абсолютні прирости, темпи зростання для будь-яких рядів динаміки самі по собі є інтервальними показниками, тобто характеризують той чи інший проміжок часу.

Між ланцюговими і базисними темпами росту, вираженими у формі коефіцієнтів, існує певний взаємозв'язок: твір послідовних ланцюгових темпів зростання одно базисного темпу росту за весь відповідний період.

Темп приросту ( $T_{пр}$ ) характеризує відносну величину приросту, тобто його величину по відношенню до базисного рівня:

$$T_{np} = \frac{\Delta}{Y_{i-t}} \quad (1.17)$$

$T_{np}$  - темп приросту за  $t$  одиниць часу, інші позначення колишні.

Виражений у відсотках темп приросту, показує, на скільки відсотків збільшився (або зменшився) рівень в порівнянні з базисним, прийнятим за 100%.

$$T_{np} (\%) = T_p (\%) - 100 \quad (1.18)$$

## 2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### Порядок виконання практичної роботи.

1. Визначити свій варіант за номером залікової книжки (якщо остання цифра 0 або 1 – I варіант, якщо остання цифра 2 або 3 – II варіант, якщо остання цифра 4 або 5 – III варіант, якщо остання цифра 6 або 7 – IV варіант, якщо остання цифра 8 або 9 – V варіант).

2. Згідно отриманих даних (Додаток А) провести оцінку правильності вибору тренду. Для зручності використати табл. 2.1 та табл.2.2.

Таблиця 2.1 - Оцінка вірності вибору вигляду тренда (культура)

Рік	У, ц/га	У, ц/га (згладжена)	$\varepsilon$	$\varepsilon$ спад.	+/-
1999					
...					
2020					
$\varepsilon_{\text{мед}} = \dots$					

Таблиця 2.2 - Оцінка вірності вибору вигляду тренда

Область, станція	$k_{\max}(n)$	$v(n)$	$3.3(\lg n + 1)$	$\frac{1}{2}(n + 1 - 1.96\sqrt{n-1})$

3. Використовуючи програмне забезпечення Microsoft XL побудувати графік динаміки врожаю, нанести лінію тренда, розраховану методом гармонічних зважувань. Побудувати графік відхилень врожайності від лінії тренда.

4. Розрахувати тенденцію врожайності зазначеної сільськогосподарської культури.

5. Розрахувати абсолютний приріст та темп зростання врожайності зазначеної сільськогосподарської культури. Для зручності використати табл. 2.3.

6. Провести аналіз отриманих результатів та скласти текст.



Таблиця 2.3 - Розрахунки показників зростання динаміки врожайності

Рік	У,ц/га	Абсолютний приріст		Темп роста, %	
		Базовий	По п'ятиріччям	Базовий	По п'ятиріччям
2000					
2001					
2002					
2003					
2004					
....	.....	....	...	....	....
2015					
2016					
2017					
2018					
2019					

### 3. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Кім здійснюються агрометеорологічні забезпечення та на чому воно ґрунтується?
2. У чому відмінність стаціонарних від нестаціонарних часових рядів?
3. Охарактеризуйте складові компоненти тимчасового ряду.
4. У чому відмінність понять «тренд» і «тенденція»?
5. Назвіть види тенденції в рядах динаміки.
6. Чим обумовлено коливання врожайності сільськогосподарських культур по рокам?
7. Дайте визначення часового ряду?
8. Чим обумовлена стаціонарна складова часового ряду?
9. Чим обумовлена випадкова складова часового ряду?
10. Що характеризує коефіцієнт варіації?

## ЛІТЕРАТУРА

1. Дмитренко В.П. Принципи і засоби визначення потенціалу врожаю сільськогосподарських культур за еколого-географічними засадами. Наук. пр. УкрНДГМІ. 2005. Вип. 254. С. 9-29.
2. Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія : підручник. Одеський державний екологічний університет. Одеса: ТЕС, 2012. 632с. URI: <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/2051>
3. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Ситов В.М., Яромольська О.Є. Практикум з сільськогосподарської метеорології: навчальний посібник. Одеса, 2002. 400 с. URI: <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/2126>
4. Нелюбов В. О., Куруца О. С. Основи інформатики. Microsoft Excel 2016: навчальний посібник. Ужгород: ДВНЗ «УжНУ», 2018. 58 с.: іл. URI: <https://www.uzhnu.edu.ua/en/infocentre/get/15617>
5. Харченко О.В. Основи програмування врожаїв сільськогосподарських культур: навчальний посібник / За ред. академіка УААН В.О. Ушкаренка. 2-е вид., перероб. і доп. Суми: ВТД «Університетська книга», 2003. 296 с.

## **ДОДАТКИ**

## Варіант 1

Вінницька область, соняшник, 2000-2019 роки

\*\*\*\*\*

### РАСЧЕТ ТЕНДЕНЦИИ УРОЖАЯ ПО МЕТОДУ ГАРМОНИЧЕСКИХ ВЕСОВ

\*\*\*\*\*

N= 20 K= 12

N - длина ряда, K - параметр сглаживания

Фактические значения урожая по годам, ц/га

13.0 9.2 13.0 11.6 8.7 11.0 15.2 14.1 18.3 20.9 16.8 19.5 22.0 30.4 27.5  
26.9 30.7 29.2 31.1 34.4

+++++

Сглаженные значения урожая - тренд, ц/га

9.48 9.64 10.05 10.59 11.44  
12.64 14.08 15.52 17.02 18.47  
19.92 21.37 23.19 25.06 26.73  
28.22 29.64 30.91 32.33 33.79  
0.00

+++++

Прогноз тенденции урожая на следующий год

ws=1.458 yr=35.24

sumy1 = 403.500ysr = 20.18disSum= 69.00

disz = 68.65cp = 0.03

## Варіант 2

Полтавська область, соняшник, 2000-2019 роки

\*\*\*\*\*

### РАСЧЕТ ТЕНДЕНЦИИ УРОЖАЯ ПО МЕТОДУ ГАРМОНИЧЕСКИХ ВЕСОВ

\*\*\*\*\*

N= 20 K= 12

N - длина ряда, K - параметр сглаживания

Фактические значения урожая по годам, ц/га

12.7 9.4 12.9 12.7 10.3 15.4 15.7 20.4 21.6 22.3 19.7 23.2 22.9 29.2 25.0  
26.9 26.4 23.5 28.6 30.3

+++++

Сглаженные значения урожая - тренд, ц/га

9.64 10.45 11.50 12.68 13.97  
15.52 17.10 18.59 19.88 20.96  
22.05 23.14 24.22 25.24 25.98  
26.58 26.94 27.25 27.92 28.87  
0.00

+++++

Прогноз тенденции урожая на следующий год  
 $ws=0.825$      $yr=29.69$   
 $sumy1 = 409.100$   $ysr = 20.45$   $disSum= 42.96$   
 $disz = 40.46$   $cp = 0.08$

### Варіант 3

Вінницька область, кукурудза, 2000-2019 роки

\*\*\*\*\*

#### РАСЧЕТ ТЕНДЕНЦИИ УРОЖАЯ ПО МЕТОДУ ГАРМОНИЧЕСКИХ ВЕСОВ

\*\*\*\*\*

N= 20    K= 12

N - длина ряда, K - параметр сглаживания

Фактические значения урожая по годам, ц/га

36.0 41.4 47.0 41.0 38.0 47.5 46.0 35.5 54.9 58.1 65.0 74.9 58.5 80.7 77.5  
 49.3 84.7 71.8 99.0 86.7

+++++

Сглаженные значения урожая - тренд, ц/га

33.80    36.67    38.21    39.61    42.44  
 45.27    48.18    50.86    54.23    57.27  
 60.30    63.33    66.35    69.77    72.56  
 74.55    77.98    81.05    85.29    86.83  
 0.00

+++++

Прогноз тенденции урожая на следующий год

$ws=2.850$      $yr=89.68$

$sumy1 = 1193.500$   $ysr = 59.67$   $disSum= 368.30$

$disz = 291.84$   $cp = 0.15$

### Варіант 4

Херсонська область, кукурудза, 2000-2019 роки

\*\*\*\*\*

#### РАСЧЕТ ТЕНДЕНЦИИ УРОЖАЯ ПО МЕТОДУ ГАРМОНИЧЕСКИХ ВЕСОВ

\*\*\*\*\*

N= 20    K= 14

N - длина ряда, K - параметр сглаживания

Фактические значения урожая по годам, ц/га

22.0 27.0 25.9 31.0 24.6 35.3 44.7 38.7 41.3 59.9 54.6 52.9 52.4 49.6 63.1  
 51.8 57.0 65.0 66.2 71.0

+++++

Сглаженные значения урожая - тренд, ц/га

22.35    24.96    27.93    31.04    33.85  
 36.95    39.83    42.15    44.47    46.79  
 49.11    51.43    53.75    56.07    58.07  
 59.63    61.35    63.30    64.91    67.03  
 0.00

+++++

Прогноз тенденции урожая на следующий год  
 $ws=2.054$      $yr=69.09$   
 $sumy1 = 934.000$   $ysr = 46.70$   $disSum= 232.40$   
 $disz = 194.41$   $cp = 0.13$

### Варіант 5

Тернопільська область, соняшник, 2000-2019 роки

\*\*\*\*\*

#### РАСЧЕТ ТЕНДЕНЦИИ УРОЖАЯ ПО МЕТОДУ ГАРМОНИЧЕСКИХ ВЕСОВ

\*\*\*\*\*

N= 20    K= 12

N - длина ряда, K - параметр сглаживания

Фактические значения урожая по годам, ц/га

6.4 6.6 7.0 10.5 6.2 11.3 10.0 15.5 15.7 18.7 12.3 17.1 19.0 22.3 21.7  
24.1 27.0 28.5 26.9 36.0

+++++

Сглаженные значения урожая - тренд, ц/га

5.61    6.49    7.40    8.47    9.43  
10.62    11.78    13.10    14.24    15.55  
16.86    18.16    19.61    21.11    22.59  
24.18    25.74    27.38    28.93    31.57  
0.00

+++++

Прогноз тенденции урожая на следующий год

$ws=1.680$      $yr=33.25$

$sumy1 = 342.800$   $ysr = 17.14$   $disSum= 72.91$

$disz = 63.31$   $cp = 0.18$