

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проекту  
на тему:

Оцінка часової мінливості врожаїв сільськогосподарських культур

Рівень підготовки – магістр  
Спеціальність -- Науки про Землю  
Спеціалізація: «Агрометеорологія»

Одеса –2018

Методичні вказівки до виконання курсового проекту на тему: «Оцінка часової мінливості врожаїв сільськогосподарських культур». Спеціальність – 103 Науки про Землю. // Укладачі: доц. Божко Л.Ю., доц. Барсукова О.А. - Одеса, ОДЕКУ, 2018 , - 20 с.

## ЗМІСТ

	Стр.
Передмова.....	4
1. Теоретична частина.....	6
1.1 Часові ряди врожаїв сільськогосподарських культур ....	6
1.2 Мінливість урожаїв сільськогосподарських культур.....	13
2. Практична частина.....	16
3 Перелік навчальної літератури .....	18

## ПЕРЕДМОВА

Ефективне управління сільськогосподарським виробництвом неможливе без прогнозування ходу чинників, від яких залежить його діяльність. Прогнозування фаз розвитку сільськогосподарських культур, оцінка їх стану, очікуваного врожаю, вологозабезпеченості культур, пошкодження несприятливими метеорологічними умовами та ін. дає можливість створити науково обґрунтовану базу для планування і забезпечує маневрування управлінням розвитком сільськогосподарського виробництва.

У сільськогосподарському виробництві найбільш впливовими на розвиток та врожай культур є метеорологічні умови. Вони в значній мірі обумовлюють продуктивність усіх сільськогосподарських культур, у тому числі і зернових.

Недостатнє та нестійке зволоження є головною причиною значних коливань урожайності щорічно. Вивченню динаміки врожаїв, виявленню основних агрометеорологічних факторів і показників стану рослин, а також створенню методів прогнозів урожайності сільськогосподарських 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. Кирилічевої, А.В. Процорова та багатьох інших авторів [1].

Методичні вказівки передбачають виконання розрахунків в курсових і дипломних проектах та закріплення знань з а темами:

- часові рядки врожаїв сільськогосподарських культур;
- оцінка приведення часового ряду урожайності до стаціонарної випадкової послідовності;
- аналіз динаміки тенденції урожайності сільськогосподарських культур;
- мінливість урожаїв сільськогосподарських культур

**Мета** методичних вказівок – дати поняття про часові рядки урожайності, навчити студентів розраховувати лінії трендів різними методами, обґрунтовувати вибір лінії тренду, розраховувати мінливість врожаїв сільськогосподарських культур, встановлювати причини їх коливання, знаходити головні чинники, які мають вирішальний вплив на формування врожаю.

Виконання курсового проекту сприяє закріпленню теоретичних знань та надає студентам можливість набути практичні навички у виконанні розрахунків.

Після вивчення цих тем студенти повинні **знати**:

- методи розрахунку ліній трендів;
- типи динаміки тенденції урожайності;
- основи оцінки правильності вибору лінії тренду;

- методи перевірки стаціонарності рядів та оцінок статистичних характеристик випадкових величин;
- методи розрахунку мінливості врожаїв.

Після виконання завдань студенти повинні **вміти**:

- розраховувати тренди врожайності;
- проводити оцінку правильності вибору лінії тренда;
- виконувати перевірку статистичних характеристик випадкових величин;
- виконувати розрахунки мінливості врожаїв;
- виконувати технічний та критичний контроль отриманих результатів, складати оглядові тексти.

# 1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Часові ряди урожайності сільськогосподарських культур

Коливання врожаїв сільськогосподарських культур в окремі роки обумовлюється впливом великої кількості факторів, як то: досягнення генетики і селекції, кількість і якість добрив, строки і норми їх внесення, засоби боротьби з шкідниками і хворобами, меліорація земель, види сільськогосподарської техніки і погодні умови.

Дослідженнями багатьох авторів встановлено [1-4], що продуктивність сільськогосподарських культур коливається синхронно з коливаннями агрометеорологічних умов вирощування.

В основних районах вирощування врожайність сільськогосподарських культур має тенденцію (тренд) до зростання або зменшення з часом, але темпи зростання або зменшення різні у різних культур та в різних регіонах. На фоні загального зростання врожайності спостерігаються її щорічні коливання як у бік зростання, так і у бік зменшення.

Причинами, що обумовлюють зростання або зменшення врожайності з часом є підвищення культури землеробства, виведення нових сортів та ін. Рівень культури землеробства залежить від цілого ряду факторів: особливостей системи землеробства, засобів обробки ґрунту, міри використання добрив, засобів боротьби з шкідниками та хворобами, відповідності сортів агрокліматичним ресурсам території, енергозабезпеченості виробництва та меліорації клімату. Перелічені фактори визначають загальний рівень врожайності, тобто формують тренд. Щорічні відхилення врожайності від тренду обумовлюються погодними умовами кожного конкретного року.

Таким чином, велика кількість факторів, що впливають на врожай, поділяється на два великих класи: 1 – фактори, що обумовлюють рівень культури землеробства; 2 – метеорологічні фактори.

Врахувати міру впливу культури землеробства на величину врожаю досить складно. Передбачається, що вплив рівня культури землеробства спричиняє плавну мінливість врожаїв, та що ця мінливість підлягає цілком визначеному закону. Це дозволяє апроксимувати зміну врожайності з часом будь-якою формою залежності. Питання вибору виду кривої тренда досліджувались в роботах А. Маннеля, В.М. Обухова, В.М. Пасова, І.В. Свісюка, А.М.Польового та ін. [1-3].

Ці дослідження дозволяють дійти до висновку, що зміна врожайності за рахунок не метеорологічних факторів у першому наближенні може бути представлена у вигляді прямої або параболи другого порядку.

Зміна метеорологічної складової врожайності знаходиться у тісному зв'язку зі зміною метеорологічних факторів. Таким чином, динаміку врожайності тої чи іншої культури можна розглядати як наслідок зміни культури землеробства, на фоні якого відбуваються випадкові відхилення, обумовлені особливостями погоди у різних кліматичних зонах.

При розв'язуванні 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 за врожаєм, упорядкованих згідно з часом.

У загальному вигляді часовий ряд представляє собою вираз

$$y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n, \quad (1)$$

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:

$$y_t = f(t) + E_t, \quad (2)$$

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

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

Встановлено, що існує тенденція у часових рядках урожайності, що говорить про їх нестационарність.

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

Стаціонарна складова часового ряду врожаїв обумовлюється рівнем культури землеробства, вона визначає загальну тенденцію зміни врожаю за будь-який 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.

Такий розклад обумовлюється тим, що рівень культури землеробства впливає на врожайність сільськогосподарських культур не тільки в поточному році, але й у подальшому, тобто сільському господарству притаманна інерційність, внаслідок чого різких коливань врожаїв двох суміжних років, пов'язаних з культурою землеробства, не спостерігається. Тому тренд досить точно характеризує середній рівень врожаїв, обумовлений визначе-

ною культурою землеробства, економічними і природними особливостями будь-якого району.

Застосування для аналізу часового ряду теорії випадкових функцій вимагає приведення цього ряду до стаціонарної випадкової послідовності. Необхідною умовою при цьому є визначення тренда і дослідження випадкової компоненти на стаціонарність.

Виділення тенденції часового ряду може бути виконане будь-яким методом.

Форма тренда і його параметри визначаються через добір найкращої (за будь-яким із показників статистичних критеріїв) функції із числа наявних. При правильному виборі тренда відхилення від нього будуть мати випадковий характер. Якщо за певний відрізок часу спостерігається рівномірна зміна врожайності, то лінія тренда описується рівнянням прямої (рис.1).

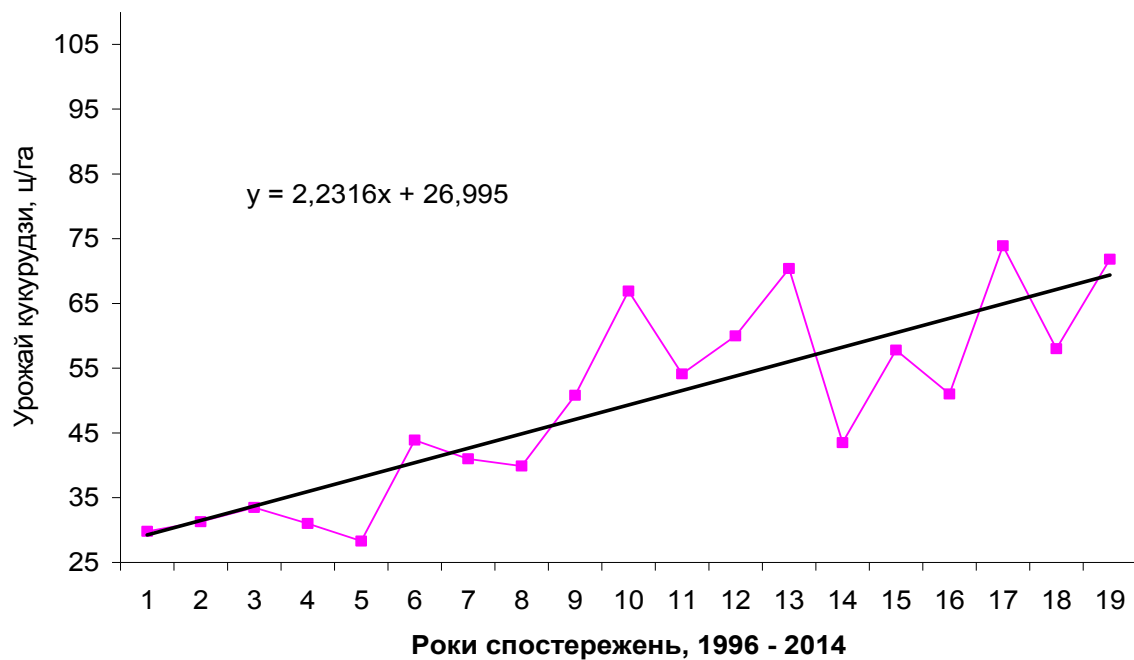


Рис.1- Динаміка середнього по Житомирській області врожаю кукурудзи і лінія тренда

$$y = a_0 + a_1t \tag{3}$$

Якщо ж зміна врожайності нерівномірна то лінія тренда – це парабола другого порядку, або ж ступенева функція (рис.2)

$$y = a_0 + a_1t + a_2t^2, \tag{4}$$



де  $y$  – врожайність, ц./га;

$a_0$  – вирівняний рівень врожайності на початку даного періоду;

$a_1$  – середньорічний приріст врожайності, обумовлений культурою землеробства;

$a_2$  – прискорення приросту врожайності (тенденція зміни середнього річного приросту);

$t$  – порядковий номер року в ряду врожайності.

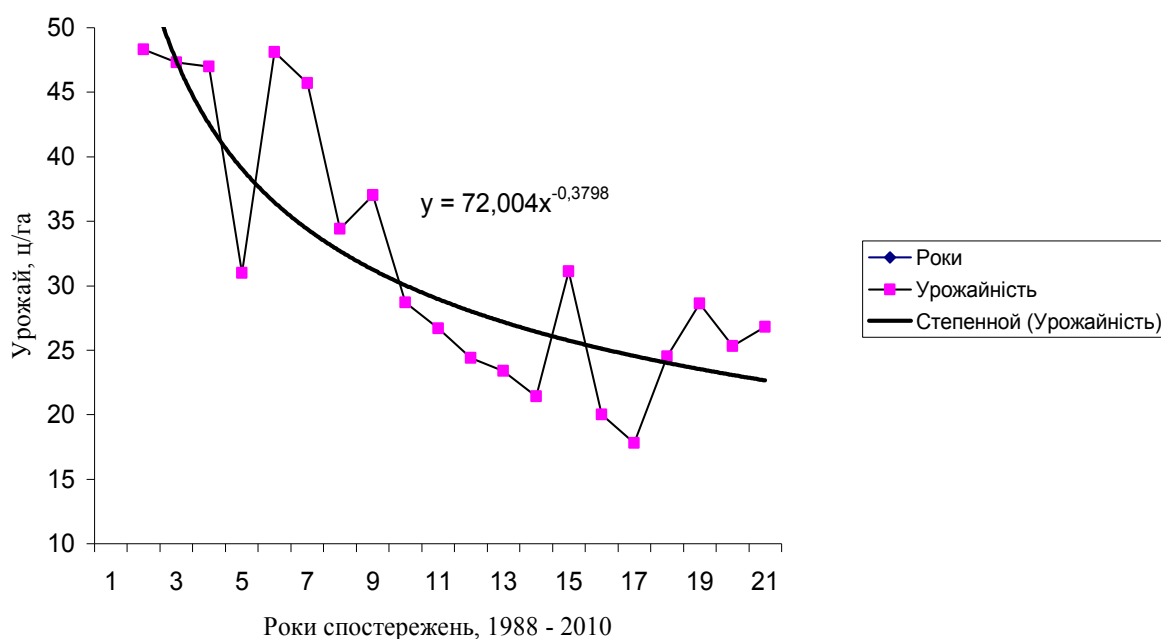


Рис. 2 – Динаміка врожаю і лінія тренда врожаю озимого ячменю в Закарпатській області

Тенденція урожайності виключається із часових рядів за допомогою процедури згладження, тобто лінії тренда. Яка може бути розрахована методом найменших квадратів, або методом гармонічних зважувань.

Форма тренда і його параметри визначаються через добір найкращої - (за будь-яким із показників статистичних критеріїв) функції із числа наявних. При правильному виборі тренда відхилення від нього будуть мати випадковий характер.

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

Мінливе положення окремих відрізків ламаної лінії, яка представляє тренд, описує безперервну зміну у виучуваному процесі, тобто окремі його

фази. Для визначення окремих фаз руху поточного тренда необхідно вибрати деяке число  $k < n$  та за допомогою методу найменших квадратів розрахувати параметри рівнянь лінійних відрізків (фаз тренду)

$$y_i(t) = a_i + b_i t; \quad (i = 1, 2, \dots, n - k + 1), \quad (5)$$

де  $k < n$  – кількість точок згладженого ряду, при цьому:

для  $i = 1, t = 1, 2, \dots, k$ ;  
 для  $i = 2, t = 2, 3, \dots, k + 1$ ;  
 для  $i = n - k + 1, t = n - k + 2, \dots, n$ .

Параметри  $a$  і  $b$  визначаються методом найменших квадратів.

Далі слід визначити значення кожної функції  $y_i(t)$  у точках:  $t = i + n - 1$ ,  $n = 1, 2, \dots, k$ . Відібрати серед цих значень ті, для яких  $t = i$  і визначити через  $y_i(t)$  значення функції  $y_i(t)$  для  $t = i$ . Кількість визначень в кожній точці  $y_i(t)$  нехай буде  $q_i$ . Середнє визначається з виразу

$$\bar{y}_i(t) = \frac{1}{q_i} \sum_{j=1}^{q_i} y_i(t), \quad j=1, 2, \dots, q_i. \quad (6)$$

Якщо лінія тренда визначена вірно, то відхилення щорічних значень урожаю будуть мати випадковий характер.

Для перевірки основної гіпотези ( зміна випадкової величини  $\varepsilon_t$  не пов'язане зі зміною часу) використовується критерій серій, заснований на медіані вибірки  $\varepsilon_{\text{med}}$ .

Для того, щоб початковий ряд уявляв собою випадкову вибірку, довжина  $[k_{\text{max}}(n)]$  самої тривалої серії ( послідовність плюсів і мінусів, отриманих шляхом порівняння кожного члену ряду з медіаною) не повинна бути надто великою, а загальна кількість серій  $v(n)$  надто малою. Вибірка приймається випадковою, якщо виконується наступна нерівність

$$\begin{aligned} k_{\text{max}}(n) &< [3.3(\lg n + 1)] \\ v(n) &> \left[ \frac{1}{2} (n + 1 - 1.96 \sqrt{n - 1}) \right] \end{aligned} \quad (7)$$

Щоб отримати ліві частини нерівності із відхилень від тренда  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots, \varepsilon_n$ , утворюється варіаційний ряд  $\varepsilon^{(1)}, \varepsilon^{(2)}, \varepsilon^{(3)}, \dots, \varepsilon^{(n)}$ , де  $\varepsilon^{(1)}$  – найменше із усіх відхилень, а  $\varepsilon_{\text{med}}$  – медіана варіаційного ряду. Далі отримується послідовність плюсів і мінусів. При цьому використовується правило, на  $i$ -тому місці ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) ставиться знак полюс, якщо спостереження в  $i$ -тому місці перевищує медіану, і знак

мінус, якщо воно менше медіани. Якщо воно дорівнює медіані, то воно пропускається. Розрахунки краще виконувати за прикладом табл.1.1

Таблиця 1.1– Оцінка випадковості відхилень урожайності від тренду

Рік спостереження	$\varepsilon$	$\varepsilon$ у порядку зменшення	Серія
1985			+
.....			....
2008			-

Після розрахунків відхилення щорічної врожайності від тренду підраховується довжина (тривалість) самої довгої серії  $k_{\max}(n)$  та загальна кількість серій  $v(n)$ . Потім проводиться порівняння лівих і правих частин нерівності (табл.1.2)

Таблиця 1.2 – Оцінка правильності вибору тренда урожайності

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

Розрахунки лінії тренда використовуються для прогнозування урожайності сільськогосподарських культур. При цьому прогнозування значення часового ряду визначається з формули

$$\bar{y}_{t+1} = \bar{y}_t + \bar{\omega}_{t+1}, \quad (8)$$

де  $\bar{\omega}_{t+1}$  – середнє прирощення функції  $f(t)$ .

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.

Метод гармонічних зважувань враховує ці передумови, а розрахунки виконуються у такій послідовності.

Прирощення функції

$$\omega_{t+1} = f(t+1) - f(t) = \bar{y}_{t+1} - \bar{y}_t \quad (9)$$

Середні прирощення

$$\bar{\omega}_{t+1} = \sum_{t=1}^{n-1} C_{t+1}^n \cdot \omega_{t+1} \quad (10)$$

де  $C_{t+1}^n$  – коефіцієнти, які визначаються з формули

$$C_{t+1}^n = \frac{m_{t+1}}{n-1}, \quad (11)$$

де  $m_{t+1}$  – гармонічні зважування.

При розрахунку гармонічних коефіцієнтів зберігається головна ідея методу – більш пізнім спостереженням надається більше ваги. Більш ранні спостереження мають меншу вагу

$$m_2 = \frac{1}{n-1}, \quad (12)$$

в наступний момент вага інформації  $m_3$  буде

$$m_3 = m_2 + \frac{1}{n-1} \quad (13)$$

Таким чином, ряд зважувань визначається з рівняння

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t}; \quad (t = 2, 3, \dots, n-1), \quad (14)$$

з початковою величиною, визначеною з рівняння (12).

Екстраполяція тенденції часового ряду визначається з виразу

$$y_{t+1} = y_t + \omega_{t+1} \quad (15)$$

Запропонований вище алгоритм описує розрахунок динамічної складової часового ряду за методом гармонічних зважувань.

Для екстраполяції тенденції врожайності використовуються щорічні дані середньої обласної врожайності сільськогосподарських культур усіх категорій господарств у центнерах з гектара.

При розрахунках тенденції врожайності сільськогосподарської культури необхідно враховувати те, що часовий безперервний інтервал, в

якому розглядається врожайність, повинен складати не менше 20 років. За цієї умови кількість років, що утворюють одну фазу поточного тренда, визначається для кожного ряду, виходячи із величини відхилень прогнозованого врожаю від фактичного ( за звичай  $k = 16$  ).

## 1.2. Мінливість урожаїв сільськогосподарських культур

Прогрес в сільському господарстві сприяв значному підвищенню врожайності усіх культур. Але при загальному зростанні врожайності, коливання її в окремі роки дуже значні і останнім часом не зменшуються. Тому, для одержання програмованих урожаїв і науково - обґрунтованого розміщення сільськогосподарських культур, поряд з вирішенням інших питань, необхідне вивчення часової мінливості урожаїв в різних кліматичних зонах.

Зміна метеорологічної складової врожайності знаходиться у тісному зв'язку зі зміною метеорологічних факторів. Таким чином, динаміку врожайності тої чи іншої культури можна розглядати як наслідок зміни культури землеробства, на фоні якого відбуваються випадкові відхилення, обумовлені особливостями погоди у різних кліматичних зонах.

Мінливість урожаїв за період оцінюється коефіцієнтом варіації:

$$C_v = \frac{\sigma_y}{\bar{y}}, \quad (16)$$

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

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

Коефіцієнт варіації характеризує загальну варіацію ряду урожаїв, яка зумовлена всіма чинними факторами. Доцільно оцінювати також окремо вклад культури землеробства і погодних умов. Для цього загальну дисперсію ряду розкладають на суми двох дисперсій: дисперсію, пов'язану з культурою землеробства ( $\sigma_{кз}^2$ ), і дисперсію, зумовлену погодою окремих років ( $\sigma_n^2$ ):

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}; \quad (17)$$

$$\sigma_{32}^2 = \sigma_{кз}^2 + \sigma_n^2; \quad (18)$$

$$\sigma_n^2 = \sigma_{32}^2 - \sigma_{кз}^2; \quad (19)$$

$$\sigma_{32}^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1} \text{ і } \sigma_{\hat{e}_i}^2 = \frac{\sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{n-1}; \quad (20)$$

$$\sigma_n^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2 - \sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{n-1}; \quad (21)$$

$$\tilde{n}_n = \frac{1}{\bar{y}} \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2 - \sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{n-1}}, \quad (22)$$

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.

Середня квадратична помилка коефіцієнта варіації  $\sigma_{c_n}$  розраховується з формули

$$\sigma_{c_n} = \frac{c_n \sqrt{1 + c_n^2}}{\sqrt{2(n-1)}} \quad (23)$$

де  $y_i$  – це врожайність конкретного року;

$\bar{y}$  – середня багаторічна врожайність;

$y$  – динамічна середня величина (врожайність по тренду у  
конкретному році);

$n$  – кількість років.

Для оцінки мінливості врожайності використовується значення  
коефіцієнту варіації  $C_{\bar{y}}$ ;

$$C_{\bar{y}} = \sigma / \bar{y} \quad (24)$$

Мінливість, що обумовлена погодою ( $C_m$ ), визначається через  $\sigma_m$ :

$$C_m = \frac{1}{\bar{o}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\acute{o}_i - \bar{o})^2 - \sum_{i=1}^n (\check{o}_i - \bar{o})^2}{n-1}} \quad (25)$$

Величина стандартної похибки коефіцієнту варіації  $m_{cm}$   
розраховується за формулою

$$m_{cm} = C_{,m} / \sqrt{2n}, \quad (25)$$

де  $n$  – тривалість періоду (роки).

За величиною коефіцієнта варіації В.М. Пасовим виділені градації мінливості врожаїв зернових культур:

- менше 0,20 - незначна мінливість урожайності;
- 0,21 – 0,30 - помірна мінливість урожайності;
- 0,31 – 0,40 – висока мінливість урожайності;
- більше 0,40 дуже висока мінливість урожайності.

Значення  $C_{b,m}$  по території дає можливість провести дослідження мінливості врожайності по території, визначити райони однотипної для вирощування культур погоди, визначити специфіку погоди окремих районів, а також визначити райони сприятливих та несприятливих умов для вирощування культур як у багаторічному розрізі, так і в окремі роки. При цьому важливого значення набувають питання розрахунку величин врожайності культур. Оскільки знання очікуваного врожаю дає змогу виділити зони економічно вигідних посівних площ під будь-якою культурою і навпаки, цінність прогнозів зростає із зростанням їх завчасності.

Для збільшення точності і надійності прогнозів використовуються спостереження за станом посівів впродовж вегетаційного періоду. В останній час зростає необхідність агрометеорологічних прогнозів, які дали б змогу оцінити імовірність отримання врожаїв вище чи нижче визначених рівнів впродовж тривалого періоду (більше 10 років). Такі прогнози будуть корисні для складання планів виробництва сільськогосподарської продукції.

В сучасному прогнозуванні врожаїв виділяється два шляхи: перший – це екстраполяція тих тенденцій, що складаються в динаміці врожайності у попередній рік. При цьому умовно приймається, що рівень врожайності з часом змінюється за цілком визначеним законом. Другий шлях – це розрахунок тенденції зміни рівня врожайності і врахування динаміки факторів, від яких залежить врожайність. У цьому випадку є можливість отримати багатофакторні залежності, які дозволяють розраховувати очікувану величину врожайності у кожному конкретному році досліджуваного ряду. Тенденція врожайності розраховується під час розрахунку ліній трендів методом найменших квадратів, або методом гармонічних зважувань.

## 2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

2.1. Проаналізувати часовий ряд врожайності, через приведення цього ряду до стаціонарної випадкової послідовності. Виділення тенденції часового ряду може бути виконане будь-яким методом.

2.2 Розрахувати за кожен рік середній урожай по області і середній багаторічний урожай по кожному району і в цілому по області.

2.3 За даними таблиці 2.1 (на практичних заняттях) використовуючи програму «Excel» побудувати графік динаміки урожайності сільськогосподарської культури, розрахувати лінію тренда методом найменших квадратів та визначити щорічне відхилення врожаїв від лінії тренда. Побудувати графік динаміки відхилень урожаїв від лінії тренда.

2.4. За цими ж даними табл. 2.1 (або даними курсового чи дипломного проекту) за програмою «Тренд» розрахувати лінію тренда методом гармонічних зважувань і щорічне відхилення врожаїв від лінії тренда. Побудувати графіки динаміки врожаїв, нанести лінію тренда, розраховану методом гармонічних зважувань. Побудувати графік відхилень врожайності від лінії тренда.

2.5. Розрахувати тенденцію врожайності зазначеної сільськогосподарської культури, використовуючи метод гармонічних зважувань. Зробити висновки та скласти текст. Для зручності використати табл. 2.2 та табл.2.3.

Таблиця 2.2 – Оцінка вірності вибору вигляду тренда (культура)

Рік	У, ц/га	У, ц/га (згладжена)	ε	ε спад.	+/-
1985					
...					
2008					
ε <sub>мед</sub> = ...					

Таблиця 2.3 - Оцінка вірності вибору вигляду тренда

Область, станція	k <sub>max</sub> (n)	v(n)	3.3(lg n + 1)	$\frac{1}{2}(n + 1 - 1.96\sqrt{n - 1})$



Таблиця 2.1 – Урожайність кукурудзи

Роки	Райони Одеської області											Середній по області
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1985	18,8	24,6	11,6	23,1	25,4	41	30,9	38,9	31,3	36,9	33,9	
1986	15,5	12,9	8,3	15,2	46,4	20,3	20,8	25,2	24,3	26,5	12,5	
1987	17,7	27,8	16,3	21,6	25,1	28,6	31,3	31,7	33,2	35,7	20,9	
1988	21,5	10,2	12,6	21,3	22,7	18,3	13,8	23,6	24,3	17,5	17,0	
1989	27,6	21,4	21,8	18,6	25,3	31,2	35,4	34,5	17,3	32,3	23,7	
1990	24,1	20,6	19,6	20,3	22,2	34,2	25,0	32,6	41,5	26,2	23,1	
1991	13,9	22,8	12,3	15,7	23,1	24,4	22,3	33,0	47,5	23,7	15,2	
1992	19,5	24,7	20,9	21,8	23,7	26,0	20,0	34,0	51,5	24,0	18,9	
1993	32,0	31,0	21,9	26,8	28,3	28,1	26,5	33,9	43	22,5	26,0	
1994	30,2	21,7	20,5	23,1	26,0	26,3	24,3	31,3	52,4	27,2	28,3	
1995	36,2	25,0	18,5	11,0	21,4	14,5	28,8	39,4	44,9	25,6	10,9	
1996	40	27,1	24	29	28,7	45,1	35,3	44	50	31,2	52,5	
1997	10,7	0,7	6,7	5,0	11,8	13,3	7,1	19	24,3	12,8	6,5	
1998	24,7	11,7	19,6	11,4	14,3	22,9	23,6	32,6	45,0	19,5	17,5	
1999	9,0	1,6	15,0	4,4	9,5	13,5	13,4	18,0	32,8	10,3	8,2	
2000	9,6	9,8	6,8	6,4	8,8	11,3	14,9	12,9	27,7	6,8	5,0	
2001	30,8	38,4	21,1	28,6	35,9	37,4	49,5	38,7	28,6	32,0	33,3	
2002	14,4	11,8	10	13,5	15	16,2	13,5	21,6	32,3	7,4	9,3	
2003	14,9	14,1	13,8	7,8	15,1	22,5	16,3	23,2	23,9	10,9	14,5	
2004	20,3	27,6	21,1	17	21,4	11,5	19,3	14,9	23,4	7,3	5,7	
2005	24,9	31,1	23,9	12,5	19,4	22,4	21,7	18,6	55,8	21,4	16,0	
2006	42,8	16,3	16,6	19,9	23,9	19,4	18,4	18,9	24,1	20	19,5	
2007	22,3	29	31	21,7	35	26,2	30,6	21,3	43,6	31,6	30,8	
2008	31,8	60	35	31,5	45	33	42	26,1	52	39	39	
Середні												

й												
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

2.6 Провести порівнювальний аналіз ліній трендів, розрахованих різними методами. Порівняти динаміку щорічних відхилень урожаїв від лінії тренду, розраховану різними методами.

2.7. Розрахувати за формулами (16 – 26) коефіцієнт варіації кліматичної складової врожаїв по кожному із районів області. Нанести значення коефіцієнту варіації врожаю на карту області, визначити райони мінливості врожаїв. Визначити мінливість урожаїв за критерієм В.М. Пасова. Для зручності використовувати табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок коефіцієнту кореляції кліматичної складової врожаїв

	Урожай, ц/га		Складові формули 21			
	$Y_i$	$\hat{y}_i$	$Y_i - Y_{cp}$	$(Y_i - Y_{cp})^2$	$Y_i - \hat{y}_i$	$(Y_i - \hat{y}_i)^2$
1985						
....						
2008						
	$\Sigma$			$\Sigma$		$\Sigma$
	$Y_{cp} = \Sigma/n$					

#### Список літератури

1. Руководство по составлению агрометеорологических прогнозов. Т. 1 и - Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 320 с.
2. Пасов В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 152 с.
3. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 318 с.
4. Польовий А.М., Божко Л.Ю. Довгострокові агрометеорологічні прогнози. Підручник. – Київ. КНТ, 2007. – 296 с.

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять та виконання курсових, наукових і  
кваліфікаційних робіт

«Оцінка часової мінливості врожаїв сільськогосподарських культур»

Рівень підготовки – бакалавр, магістр  
Спеціальність –101 Екологія, 103 Науки про Землю  
Спеціалізація «Агроекологія»  
«Агрометеорологія»

Укладачі:  
к.геогр. н., доц. Божко Л.Ю.  
к.геогр. н., доц. Барсукова О.А.

Підписано до друку . Формат . Папір офсетний.  
Друк офсетний. Ум друк. арк.  
Тираж 25 прим. Зам. №

---

Одеський державний екологічний університет  
65016, вул. Львівська, 15

---