

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з дисципліни

**„Економіка гідрометеорологічного забезпечення господарства України ”**

до практичних робіт

для студентів IV курсу гідрометеорологічного інституту

Спеціальність – „Агromетеорологія”

Напрямок – „Гідрометеорологія”

Методичні вказівки з дисципліни „Економіка гідрометеорологічного забезпечення господарства України” до практичних робіт для студентів ІV курсу гідрометеорологічного факультету спеціальності „Агromетеорологія”.  
// Укладач: к.г.н., доц. Свидерська С.М. Одеса, ОДЕКУ, 2009 р., с. 24, укр. мовою.

## Передмова

Практично немає такої галузі господарства, яка безпосередньо або опосередковано, постійно або тимчасово не зазнавала б впливу погодних умов. Міра впливу різноманітна - все залежить від рівня організації виробництва та конкретного об'єкта, який підпадає під вплив погоди і заходів, які посилені споживачеві, щоб запобігти втратам від несприятливих та небезпечних погодних умов. На початку 60-70 років минулого століття під впливом технологічних досягнень здавалося, що залежність економічних систем від погодних умов, а тому і господарське значення гідрометеорологічної інформації, зменшується. Проте, більш детальні дослідження цього питання не тільки не підтверджують такого висновку, а, навпаки, свідчать про протилежне: із підвищенням інтенсифікації виробництва до нього залучається більше матеріальних ресурсів, застосовуються більш тонкі технологічні процеси, освоюються нові важкодоступні території, що приводить до збільшення енергоємності економічних систем і, як наслідок, до посилення впливу метеорологічних факторів на господарську діяльність.

Чи не найбільшого впливу зазнає сільське господарство, або, як іноді його називають, "цех під відкритим небом". Згідно з виконаними спеціальними дослідженнями в Бюро погоди США і класифікацією усіх споживачів гідрометеорологічної інформації за двома ознаками: чутливості до погодних умов і можливості запобігати несприятливим умовам, воно виходить на перше місце. Саме, мабуть, тому із всіх галузей економіки більше конкретних досліджень з оцінки ефективності і оптимального використання гідрометеорологічної інформації виконано стосовно сільськогосподарських задач. Проте, треба зауважити, що до теперішнього часу немає єдиної методики оцінки економічного ефекту від використання гідрометеорологічної інформації і усі питання вирішуються окремо, в залежності від виду інформації і конкретного споживача. Це значно ускладнює вирішення багатьох задач і потребує знання специфіки виробництва споживачів. При виконанні практичних робіт студенти повинні знати:

- основні характеристики альтернативних та багатофазових прогнозів;
- критерії успішності прогнозів;
- обґрунтування вимог до альтернативних прогнозів з боку споживачів гідрометеорологічної інформації;
- особливості агрометеорологічного забезпечення специфічної галузі сільського господарства - відгонно-пасовищне тваринництво.

### Вміти:

- складати матриці стикання для альтернативних та багатофазових прогнозів;

-виконувати розрахунки критеріїв успішності метеорологічних та агрометеорологічних прогнозів;

-визначати необхідне значення успішності прогнозів з метою отримання споживачем максимального ефекту від використання гідрометеорологічної інформації.

Вивчення дисципліни проводиться на четвертому курсі навчання і передбачає лекційні та практичні заняття.

Обсяги вивчення окремих розділів і тем дисципліни визначаються робочою навчальною програмою, згідно якої студенти виконують дві практичні роботи у VII семестрі.

Після вивчення дисципліни „Економіка гідрометеорологічного забезпечення господарства України” та виконання практичних робіт студенти складають залік.

## **1. Оцінка економічної ефективності гідрометеорологічного обслуговування**

Своєчасне отримання і правильне використання гідрометеорологічної інформації сприяє збільшенню прибутків господарств, якщо спостерігаються сприятливі умови, а при несприятливих умовах - зменшують збитки. В загальному випадку економічний ефект буде представлено через різницю величин чистого прибутку, який отримає господарство в наслідок здійснення виробничих рішень з врахуванням гідрометеорологічної інформації і без її врахування. Чистий прибуток являє собою різницю між добутком за здану по закупних цінах сільськогосподарську продукцію і витратами на її виробіток.

Економічна ефективність гідрометеорологічної інформації характеризується співставленням сумарного економічного ефекту з витратами на гідрометеорологічне забезпечення споживачів. Через те щовитрати визначити важко, особливо стосовно до якоїсь певного виду інформації або окремого споживача, економічну ефективність доцільно визначати в цілому по території діяльності гідрометеорологічного департаменту. Економічний ефект “*EE*”, отриманий споживачем внаслідок використання гідрометеорологічної інформації, в більшості випадків, досягається зусиллям самого споживача. Тому на частку гідрометеорологічної інформації не завжди він може бути віднесений повністю. Відповідно до загальних методичних положень коефіцієнт

пайової участі гідрометеорологічної інформації береться рівним 0.2-0.5. Цей коефіцієнт ( $KU$ ) в залежності від характеру використання інформації повинен визначатися таким чином. Якщо зміни в стандартному технологічному процесі або в проведенні будь-якої сільськогосподарської роботи здійснюються у зв'язку з інформацією, яка надійшла, і при цьому було отримано економічний ефект ( $EE$ ), то  $KU$  дорівнює 0.5. Прикладом таких господарських заходів може бути захист різних культур від заморозків. Якщо ж при організації будь-яких робіт поряд з гідрометеорологічною враховується і господарська інформація (остання, звичайно, як основна, а гідрометеорологічна – як додаткова), тоді  $KU$  дорівнює 0.2–0.5. Значення коефіцієнта в указаному діапазоні приймається в цих випадках з врахуванням ступеня впливу інформації на рішення, що приймаються.

В окремих випадках, на підставі гідрометеорологічної інформації відмінюються деякі роботи, передбачені стандартною технологією. При цьому досягається пряма економія праці і матеріальних ресурсів. Так, наприклад, на підставі інформації про осінні запаси вологи в ґрунті, можна скоротити об'єм робіт по снігозатриманню; на підставі картограм опадів – відмінити один із вегетаційних поливів. В таких випадках коефіцієнт пайової участі в отриманому економічному ефекті іноді може дорівнювати 1.

Виявлення економічного ефекту гідрометеорологічних прогнозів і іншої інформації повинно виконуватися на фоні базисного варіанта, який визначає початковий рівень прибутку, врожайності та інших показників, що характеризують ефективність виробництва. Під базисним розуміють такий варіант дій споживача, котрий був би найкращим при умові відсутності даного виду інформації. При відсутності гідрометеорологічної інформації або недовіри до неї споживач звичайно орієнтується або на середні багаторічні значення (норму) метеорологічних величин, або на фактичний стан погоди в момент прийняття виробничих рішень (інерційний прогноз). Так, наприклад,  $EE$  від зміни доз добрив, які вносяться враховуючи агрометеорологічні умови, що склалися, визначається на фоні результатів внесення таких доз, які відповідають середнім багаторічним умовам даного регіону. Аналогічно корисність рекомендацій про зміну традиційних сортів або норм посіву виявляється шляхом порівняння врожайності ( або чистого прибутку) на тих полях, де вони були враховані, і для полів, де рекомендаціями нехтували.

При порівнянні ефективності виробничих рішень або проектних варіантів з використанням нової і давньої (за минулі роки) гідрометеорологічної інформації варіант з використанням давньої інформації розглядається як базисний. Під новою інформацією розуміють використання нових, більш надійних методів різного виду прогнозів і агрометеорологічних рекомендацій, розширення видів та обсягу

гідрометеорологічного забезпечення, використання нових видів інформації (нові довідники, маршрутні обслідування полів, мікрокліматичні карти, дистанційні аерокосмічні вимірювання) тощо.

### 1.1 Альтернативні та багатофазові прогнози

Альтернативні прогнози містять одну із двох взаємовиключаючих категорій або фаз погоди: здійснюється прогнозований стан погоди або не здійснюється, по-іншому, використовується простий принцип –“наявність” або “відсутність” очікуваного стану погоди. Переважно альтернативними вважають прогнози явищ погоди (грози, зливи, тумани тощо). Прогнози метеорологічних величин і деякі характеристики погоди (температура повітря, швидкість вітру, кількість опадів та ін.) також можуть бути представлені в альтернативному вигляді. Якщо установлені деякі порогові значення (наприклад, дати заморозку весною 10 квітня, 12 квітня, 18 квітня, 22 квітня), то певне число фаз, градацій погоди групується в одну небезпечну для споживача фазу, інша частина фаз – в другу, безпечну. Прогностичні і фактичні дані, які підлягають аналізу, повинні по можливості включати весь діапазон значень даної метеорологічної величини для вибраного пункту.

Результати альтернативного методичного прогнозу можна представити у вигляді таблиці стикання (табл. 1), яка є узагальненою формою представлення реалізацій прогнозу явища погоди або метеорологічної величини по відповідних градаціях. Прогнози стану погоди, які містять більше ніж дві фази ( $P_1, P_2, \dots, P_m$ ), називаються багатофазовими. Це, головним чином, прогнози метеорологічних величин.

Таблиця 1 – Матриця стикання для оцінок альтернативних прогнозів

$P_j$ $\Phi_i$	$P_1$	$P_2$	$\Sigma n_j$
$\Phi_1$	$N_{11}$	$n_{12}$	$n_{10}$
$\Phi_2$	$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{20}$
$\Sigma n_i$	$n_{01}$	$n_{02}$	$N$

де  $\Phi_i$ -фактичний стан погоди:  $\Phi_1$  - явище спостерігалось,  $\Phi_2$  - явище не спостерігалось;  $P_j$ -прогноз:  $P_1$  - наявності явища,  $P_2$  - відсутності явища;

$n_{11}, n_{12}, n_{21}, n_{22}$  - сумісна повторюваність стану погоди і тексту прогнозу,  $N$  – загальна кількість випадків.

Статистична оцінка успішності багатофазових прогнозів погоди виконується на масовому матеріалі шляхом аналізу розподілу повторюваності різноманітних сполучень значень метеорологічних величин, які прогнозувалися і спостерігалися. При оцінці якості багатофазових прогнозів статистичний матеріал, що використовується, повинен відповідати відомим принципам Фішера.

Як і альтернативні, багатофазові прогнози можуть бути представлені у вигляді матриці стикання (табл. 2), проте розмірність її ( $m \times n$ ) перевищує 2.

Таблиця 2 – Матриця стикання для оцінок багатофазових прогнозів

$P_j$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	....	$P_m$	$\Sigma m_j$
$\Phi_i$						
$\Phi_1$	$n_{11}$	$n_{12}$	$n_{13}$	....	$n_{1m}$	$n_{10}$
$\Phi_2$	$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{23}$	....	$n_{2m}$	$n_{20}$
$\Phi_3$	$n_{31}$	$n_{32}$	$n_{33}$	....	$n_{3m}$	$n_{30}$
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$\Phi_n$	$N_{n1}$	$n_{n2}$	$n_{n3}$	....	$n_{nm}$	$n_{n0}$
$\Sigma n_i$	$N_{01}$	$n_{02}$	$n_{03}$	....	$n_{0m}$	$N$

## 1.2 Критерії оцінки якості прогностичної гідрометеорологічної інформації

При оцінці якості будь-яких гідрометеорологічних прогнозів, як правило, ставлять дві самостійні задачі: оцінку успішності прогнозів і їх господарської цінності. Мета оцінки успішності прогнозів полягає в тому, що безвідносно до використання прогнозу необхідно дати оцінку безпосередньо самому прогнозу: його справджуваності, тобто вірогідності та помилки.

На підставі оцінки господарської цінності прогнозів приймається рішення про можливість його використання. Якщо приймається рішення про його використання, то треба визначити, який економічний ефект

буде отримано. Однозначної залежності поміж такими показниками як успішність і господарська цінність немає; іноді спостерігається навіть зворотний зв'язок. Звичайно, число текстів прогнозу ( $q$ ) дорівнює числу фаз погоди  $m$  – такі прогнози називаються з жорстким регламентом (в тому числі альтернативні). Матриця стикання для них має такий вигляд (табл. 3):

Таблиця 3 – Матриця стикання вигляду “погода-прогноз”

$P_q$	$\Pi_1$	$\Pi_2$	$\Sigma$
$F_m$			
$F_1$	$p_{11}$	$p_{12}$	$P_1$
$F_2$	$p_{21}$	$p_{22}$	$P_2$
$\Sigma$	$P_1^*$	$P_2^*$	$1$

де  $F_1$  – здійснення деякого явища;

$F_2$  - його відсутність;

$\Pi_1$  - текст прогнозу “явище очікується”;

$\Pi_2$  - текст “явище не очікується”;

$P_{11}$  - ймовірність того, що прогноз був  $\Pi_1$  і явище спостерігалось;

$P_{12}$  - ймовірність того, що прогноз був  $\Pi_2$  і явище спостерігалось і

т.д.

### 1.3 Рекомендації до виконання практичної роботи № 1

#### Тема: „Розрахунок показників якості гідрометеорологічних прогнозів”.

Відомо більше 20 критеріїв оцінки точності або якості прогнозів. Найбільш поширеними із них є повна справджуваність ( $\eta$ ), критерій Багрова ( $H$ ), критерій Обухова –  $Q'$  і близький до нього  $Q$ , коефіцієнт кореляції або асоціації ознак  $R$ .

Для розрахунку критеріїв якості прогнозів необхідно скласти матрицю стикання. Звичайно, число текстів прогнозу ( $q$ ) дорівнює числу фаз погоди  $m$ . Такі прогнози називаються “прогнозами з жорстким регламентом.  $q$  і  $m$  може бути будь-яку число, проте частіше воно дорівнює 2 – випадок



альтернативних прогнозів. Матриця стикання для них представлена в (табл. 3).

Іноді, замість ймовірності  $P_{ij}$  дають числа  $n_{ij}$  - загальні випадки з  $F_1, F_2, \Pi_1, \Pi_2$ . Але різниці немає, оскільки

$$P_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_0} \quad (1.1)$$

Відомо більше 20 критеріїв оцінки точності прогнозів. Розглянемо деякі найбільш поширені із них : повна справджуваність, критерій Багрова (H), критерій Обухова –  $Q'$  і близький до нього  $Q$ , коефіцієнт кореляції або асоціації ознак  $R$ .

Найпростішим критерієм успішності є так звана повна справджуваність, яка розраховується за формулою (1.1) і характеризує загальну частину вірних прогнозів:

$$\eta = P_{11} + P_{22} \quad (1.2)$$

Критерій Багрова –  $H$

$$H = \frac{\eta - \eta_0}{1 - \eta_0}, \quad (1.3)$$

де  $\eta$  визначається за формулою (1.2), а  $\eta_0$  - за формулою (1.4):

$$\eta_0 = P_1 P_1^* + P_2 P_2^*, \quad (1.4)$$

$P_1, P_1^*, P_2, P_2^*$  розраховують за прикладом табл. 3, тоді  $H$  визначають за формулою (1.5):

$$H = \frac{P_{11} + P_{22} - P_1 P_1^* - P_2 P_2^*}{1 - P_1 P_1^* - P_2 P_2^*} \quad (1.5)$$

Цей критерій змінюється від 0 до 1 ( $0 < H < 1$ ). Чим ближче його значення до 1, тим вище вірогідність прогнозу.

Відомий критерій Обухова –  $Q'$ , який визначається за формулою (1.6):

$$Q' = 1 - P(\Pi_2 / F_1) - P(\Pi_1 / F_2), \quad (1.6)$$

де  $P(\Pi_2 / F_1)$  і  $P(\Pi_1 / F_2)$  - умовні ймовірності, які в свою чергу, визначаються за наступними формулами:

$$P(\Pi_2 / F_1) = P_{12} / P_1 \quad (1.7)$$

$$P(\Pi_1 / F_2) = P_{21} / P_2, \quad (1.8)$$

Цей критерій, як і попередній, змінюється в межах від 0 до 1 ( $0 < Q' < 1$ ). Але він враховує випадки невірних прогнозів.

Близький до попереднього  $Q$  – критерій, який визначається за формулою (1.8):

$$Q = P(F_1 / \Pi_1) - P(F_1 / \Pi_2) = P(F_1 / \Pi_1) + P(F_2 / \Pi_2), \quad (1.9)$$

де  $P(F_1 / \Pi_2) = P_{12} / P_2^*, \quad (1.10)$

Межі його коливання, як і попередніх -  $0 < Q < 1$ .

Відомий також критерій - коефіцієнт кореляції або асоціації ознак:

$$R = \frac{P_{11} \cdot P_{22} - P_{12} \cdot P_{21}}{\sqrt{P_1 \cdot P_2 \cdot P_1^* \cdot P_2^*}}, \quad (1.11)$$

Поміж критеріями  $Q'$ ,  $Q$  та  $R$  існує тісний зв'язок, а саме:

$$R = \sqrt{Q' \cdot Q} \quad (1.12)$$

Порядок виконання роботи:

1. Отримати у викладача вихідні дані для виконання розрахунків (Додаток 1, Додаток 2).
2. Скласти матрицю стикання вигляду „погода – прогноз”.
3. Провести розрахунки по формулам (1.1 – 1.12) та визначити критерії якості прогностичної інформації.

Контрольні запитання:

1. Назвати інформацію, яка необхідна для складання матриці стикання вигляду “погода-прогноз”.
2. Назвати елементи матриці стикання.
3. Описати критерії якості прогностичної інформації, вказати на перевагу та недоліки кожного.
4. В чому полягає різниця між  $P_1$  і  $P_1^*$ ,  $P_2$  і  $P_2^*$ ?

## 2 Рекомендації до виконання практичної роботи № 2

### Тема “Вибір оптимальних стратегій прийняття господарських рішень”.

Вибір оптимальної стратегії – це вибір таких господарських дій або рішень при певній гідрометеорологічній ситуації, коли функція корисності має найбільше значення. Найбільш відомі критерії *мінімаксу* (*максиміну*) та *байєсовський*.

Мінімаксний критерій диктує таку оптимальну стратегію, коли максимальні втрати будуть мінімальними.

Нехай матриця має вигляд  $m \times n$  (табл. 4) з елементами  $U_{ij} = U(F_i, d_j)$ . В кожному стовпці матриці знаходимо максимальне значення функції корисності  $U_{ij}^{\max} = \max_i U(F_i, d_j)$ . За аналізу  $U_1^{\max}$ ,  $U_2^{\max}$ ,  $U_j^{\max}$ ,  $U_n^{\max}$ , знаходимо мінімальне значення:

$$U_{\min} = \min_j U_i^{\max} = \min_j \max_i U(F_i, d_j) \quad (2.1)$$

Таблиця 4 – Загальна матрична форма функції корисності метеорологічної інформації

$d_j$	$d_1$	$d_2$	...	$d_q$	$d_n$
$F_i$					
$F_1$	$U_{11}$	$U_{12}$	...	$U_{1q}$	$U_{1n}$
$F_2$	$U_{21}$	$U_{22}$	...	$U_{2q}$	$U_{2n}$
.	.	.	...	.	.
$F_i$	$U_{i1}$	$U_{i2}$	...	$U_{iq}$	$U_{in}$
$F_m$	$U_{m1}$	$U_{m2}$	...	$U_{mq}$	$U_{mn}$

де  $F_1, F_2, \dots, F_m$  – сукупність погодних умов;  $d_1, d_2, \dots, d_n$  – сукупність господарських рішень;  $U_{11}$  і т.д. – функція корисності при різних парах  $F_i$  і  $d_j$ .

Якщо розглядати стратегії, пов'язані не з втратами, а спрямовані на отримання прибутку, то треба виконувати зворотню дію, тобто спочатку в кожному стовпці знаходити мінімальне значення функції, а потім вибирати максимальне значення:

$$U_{\max} = \max \min(F_i, d_j) \quad (2.2)$$

Мінімаксий критерій може бути сформульований і по відношенню до метеорологічних втрат. Сенс такого критерію оптимальної стратегії зводиться до обмеження ризику, обумовленого невідповідністю прийнятих господарських рішень і погодних умов. При цьому гарантується, що за будь-якої погоди метеорологічні втрати не перевищують деякої величини:

$$r \min = \min_j \max_i r(F_i, d_j), \quad (2.3)$$

де  $r(F_i, d_j)$ , як і раніше – елементи матриці метеорологічних втрат.

У викладених версіях принцип мінімаксу відбиває гранично обережну позицію, коли втрати вище певного рівня не допускаються. Для реалізації такої стратегії не треба ніякої інформації про повторюваність різних метеорологічних ситуацій. Можливі модифікації мінімаксий критеріїв, які накладають на дії споживачів менш жорсткі обмеження.

Припустимо (за тієї ж метеоролого-економічної моделі), що при заданні будь-якої стратегії  $S$ , споживачу метеорологічної інформації відома сукупність умовних ймовірностей  $P_s (d_j / F_i)$ . Вона показує, з якою частотою приймаються різні рішення  $d_j$  за здійснення певних метеорологічних умов  $F_i$ . В такому випадку легко підрахувати, які будуть середні (в статистичному сенсі) втрати  $U(F_i)$ . Вони для будь-якого  $F_i$  визначаються за формулою (2.4):

$$U(F_i) = \sum_{j=1}^n u(F_i, d_j) P_s (d_j / F_i) \quad (2.4)$$

Визначаємо величину  $U^{\max}$  для усієї сукупності допустимих стратегій  $S$ .

Принцип оптимальності можна сформулювати таким чином: найкращою вважаємо стратегію, для якої максимальні очікувані втрати будуть мінімальними. Цей же принцип можна застосовувати і до метеорологічних втрат.

Треба відзначити, що:

- оптимальні стратегії, які задовольняють умови мінімаксу очікуваних втрат (або максимуму очікуваного прибутку) і мінімаксу очікуваних метеорологічних втрат не співпадають;

- оптимальні стратегії, які задовольняють умови мінімаксу і максимуму очікуваних результатів, як правило, належать до класу змішаних стратегій.

Але при застосуванні цих критеріїв є недолік, а саме: не враховується ймовірність тих або інших погодних явищ. Цей недолік долається при байєсовському підході.

Нехай метеоролого-економічна модель описується деякою функцією корисності  $U = U(F, d)$  і при завданні будь-якої стратегії відомо розподіл ймовірностей різних пар  $F_i$  і  $d_j$ . Для кожної стратегії  $S$  знаходимо середню (в статистичному сенсі) корисність:

$$U = M_S \{U(F, d)\}, \quad (2.5)$$

де  $M_S$  - оператор ймовірнісного осереднення (математичне чекання), тоді

$$U = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n U(F_i, d_j) \cdot P_S(F_i), \quad (2.6)$$

де  $P(F_i)$  – кліматична ймовірність фази погоди,  $P_S(F_i, d_j)$  – сумісні ймовірності різних комбінацій господарських рішень  $d_j$  і фактично здійснених погодних умов  $F_i$ ;  $u(F_i, d_j)$  - елементи вихідної матриці корисності. Цей вираз можна замінити на наступний:

$$U = \sum_{i=1}^m U(F_i) \cdot P(F_i), \quad (2.7)$$

де  $P(F_i)$  – кліматичні ймовірності фаз погоди  $F_i$ .

Розглянемо порядок визначення оптимальних стратегій на прикладі. Відомо, що ефективність ранніх весняних азотних підживлень обумовлюється умовами зволоження. Необхідно визначити оптимальні дози внесення азотних добрив ( $d_j$ ) за різної кількості опадів ( $F_i$ ). Нехай відомі середні прибавки врожаю озимих культур (в т/га) як функція осінньо-зимових опадів і доз ранньовесняних азотних підживлень (Табл. 4). Можна бачити, що при внесенні однієї і тієї ж дози добрив прибавка врожаю тим більша, чим вище рівень вологозабезпеченості. Якщо, наприклад, вартість 1 т врожаю складає 118.6 грн, вартість добрив – 1.94 грн за 1 кг добрив, витрати на проведення підживлення - 0.16 грн на 1 га, то матрицю прибавок врожаю (табл. 5) можна перетворити у відповідну платіжну матрицю або матрицю прибутку (табл. 6).

Таблиця 5 – Матриця середніх прибавок врожаю озимих (т/га)

$d_j$ , кг/га $F_i$ , мм	$d_1$ (20)	$D_2$ (30)	$d_3$ (40)	$D_4$ (60)	$d_5$ (80...90)	$P(F_i)$
260	0.09	0.09	0.10	0.11	0.08	10
310	0.09	0.28	0.35	0.38	0.32	20
410	0.22	0.30	0.36	0.46	0.53	70

З неї видно, що в роки з недостатнім зволоженням ефективно внесення малих доз добрив – 20 кг на 1 га. В роки з середньою кількістю опадів (310 мм) дози підживлення можна збільшити до 40 кг, а за значної кількості опадів ефективно високі дози підживлення – 80-90 кг.

Таблиця 6 – Матриця прибутку від ранньовесняних азотних підживлення озимих

$d_i$ , грн. / га $F_i$ , мм	$D_1$ (20)	$d_2$ (30)	$d_3$ (40)	$d_4$ (60)	$D_5$ (80...90)
260	6.6	4.7	3.9	1.3	-7.2
310	6.6	27.2	33.6	33.3	21.3
410	22.1	29.6	34.8	42.3	46.2

Визначимо середні прибутки, які відповідають різним дозам добрив. Якщо щорічну норму підживлення вважати рівною 20 кг на 1 га ( $S_1$ ), то при завданій в табл. 6 повторюваності різних градацій опадів ( $P(F_i) = 10, 20$  і  $70\%$ ) середній прибуток буде визначатися так:

$$U_1 = 6.6 \cdot 0.1 + 6.6 \cdot 0.2 + 22.1 \cdot 0.7 = 17.5 \text{ грн / га}$$

Аналогічні розрахунки виконують для  $S_2, S_3, S_4, S_5$ . Визначені середні прибутки будуть відповідно складати:  $U_2 = 26.6, U_3 = 31.5, U_4 = 36.4, U_5 = 35.9$  грн на 1 га. Найбільша величина -  $U_4 = 36.4$  грн на 1 га - відповідає нормі підживлення 60 кг на 1 га. Проте, треба відзначити, що доза добрив в

60 кг на 1 га, за оптимальної величини в середньому, не є оптимальною ні для однієї з градацій опадів.

Розглянемо приклад вибору оптимальної стратегії при визначенні норми висіву насіння ярого ячменю. Згідно із дослідними даними спостерігається тісний зв'язок між нормою висіву і умовами зволоження в період початок кущіння – колосіння ярих культур. В табл. 7 представлено значення середніх врожаїв ячменю (в т на 1 га) в залежності від кількості опадів за червень. Із табл. видно, що при збільшенні кількості опадів в червні до 90 мм ефективно формувати загущені посіви – середні врожаї складають 4.56 т на 1 га – господарське рішення  $d_3 > 6$  млн. шт. на 1 га. Але за кількості опадів вище 90 мм оптимум норми висіву зменшується і складає 3...4 млн насіння – господарське рішення  $d_1$ .

Таблиця 7 – Матриця середніх врожаїв ярого ячменю за різної норми висіву і умов зволоження

$d_j$ , млн шт. на 1 га $F_i$ , мм	$d_1$ 3...4	$d_2$ 5...6	$d_3$ >6	$P(F_i)$ , %
$\leq 25$	2.61	2.42	2.38	9
26...60	2.93	3.07	2.32	41
61...90	3.28	3.52	4.56	31
>90	4.74	4.43	4.19	19

З метою виявлення оптимальної стратегії за формулою (2.5) визначимо середній багаторічний врожай ячменю. За  $S_1, S_2, S_3$  (норма висіву відповідно 3...4, 5...6 і >6 млн штук насіння)  $U_1, U_2$  і  $U_3$  будуть відповідно складати:

$$U_1 = 2.61 \cdot 0.09 + 2.93 \cdot 0.41 + 3.28 \cdot 0.31 + 4.74 \cdot 0.19 = 3.35 \text{ т/га}$$

$$U_2 = 2.42 \cdot 0.09 + 3.07 \cdot 0.41 + 3.52 \cdot 0.31 + 4.43 \cdot 0.19 = 3.41 \text{ т/га}$$

$$U_3 = 2.38 \cdot 0.09 + 2.32 \cdot 0.41 + 4.56 \cdot 0.31 + 4.19 \cdot 0.19 = 3.37 \text{ т/га}$$

Таким чином, оптимальною є стратегія  $S_2$  з господарським рішенням  $d_2 = 5...6$  млн штук насіння на 1 га, що близько до прийнятих норм висіву для вказаної території.

### Порядок виконання роботи:

1. Отримати у викладача вихідні дані по значеннях  $d_j$  і  $F_i$ , для складання матриці корисності (Додаток 3).
2. Виписати для даної території значення  $P(F_i)$  для кожного із  $F_i$ .
3. Виконати розрахунок середніх прибутків (втрат, метеорологічних втрат) за формулою 2.19 ( $U = \sum_{i=1}^m U(F_i) \cdot P(F_i)$ ).
4. Вибрати значення господарського рішення  $d_j$ , за якого прибуток буде максимальним (втрати прибутку або втрати взагалі - мінімальні).

### Контрольні запитання.

1. Що являє собою стратегія споживача гідрометеорологічної інформації?
2. Охарактеризувати поняття “гідрометеорологічна інформація ” та “господарські рішення ” в конкретному випадку.
3. Як треба виконувати розрахунки середнього прибутку за підходом “мінімаксу (максіміну)” і “байєсовського” ?
4. Що являє собою поняття оптимальної стратегії?
5. Як визначається оптимальна стратегія в даному випадку?
6. Дати короткий аналіз отриманих результатів.

### Література основна

1. Жуковский Е.Е. Метеорологическая информация и экономические решения. - Л.: Гидрометеоздат, 1981.
2. Жуковский Е.Е., Чудновский А.Ф. Методы оптимального использования метеорологической информации при принятии решений. - Л.: Гидрометеоздат, 1978.
3. Ляшенко Г.В. Економіка гідрометеорологічного забезпечення господарства України. Конспект лекцій. – Одеса, 2005. – 86 с.
4. Монокрович Э.И. Гидрометеорологическая информация в народном хозяйстве. -Л.: Гидрометеоздат, 1980.
5. Монокрович Э.И., Федосеев А.П. Методическое указание по оценке экономического эффекта от использования гидрометеорологической



информации в сельскохозяйственном производстве. - М.: Гидрометеиздат, 1981.

6. Руководство по оперативному гидрометеорологическому обеспечению народнохозяйственных организаций. - М.: Гидрометеиздат, 1962.

7. Хандожко Л.А. Метеорологическое обеспечение народного хозяйства. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 232 с.

8. Хандожко Л.А. Практикум по экономике метеорологического обеспечения народного хозяйства. – Л.: Гидрометеиздат, 1993. – 312 с.

9. Учет экономической эффективности отдельных видов агрометеорологического обслуживания сельского хозяйства. - М.: Гидрометеиздат, 1972.

### **Література додаткова**

1. Борисенков Е.П., Русин Н.П., Гандин Л.С. и др. Общие принципы оценки экономической эффективности использования гидрометеорологической информации в народном хозяйстве. В кн.: Гидрометеорология и народное хозяйство. - М.: Гидрометеиздат, 1976. – С.5-15.

2. Матеріали наради-семінару “Обмін досвідом гідрометеорологічного забезпечення сільськогосподарського виробництва України в сучасних умовах”. – Київ: Укр.НДГМІ, 2001. –158 с.

3. Просвиркина А.Г. Новая проблема современной агрометеорологии.- Обнинск: Труды ВНИИСХМ, вып. 31, 1998. – С.120-127.

4. Просвиркина А.Г., Иванова А.И. Метод оценки конкурентоспособности агрометеоинформации // Новые тенденции в гидрометеорологии. Вып. 1. – М., 1995. – С.62-70.

5. Руководство по агрометеорологическим прогнозам. Т.2. - Л.: Гидрометеиздат, 1984.

## ДОДАТКИ

Додаток 1 – Результати прогнозу (П) заморозка (П – заморозок буде, нП – заморозку не буде). Ф – фактично.

Дата	Квітень		Травень		Вересень		Жовтень		Листопад	
	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф
1	П	П	П	П	нП	П	П	П	П	П
2	П	П	нП	нП	П	П	П	П	П	П
3	П	П	нП	нП	нП	П	П	П	П	П
4	П	нП	П	нП	нП	нП	П	нП	П	нП
5	П	П	П	нП	нП	нП	П	нП	П	нП
6	П	нП	нП	нП	нП	П	нП	П	П	П
7	П	П	нП	нП	нП	П	нП	П	нП	П
8	П	нП	нП	нП	нП	П	нП	П	нП	П
9	нП	нП	нП	нП	нП	П	П	нП	нП	П
10	нП	нП	нП	нП	П	нП	П	нП	П	П
11	нП	нП	нП	нП	нП	нП	нП	П	нП	нП
12	нП	П	нП	нП	нП	нП	нП	нП	нП	П
13	П	нП	нП	нП	нП	нП	нП	нП	П	нП
14	П	П	П	П	нП	нП	нП	нП	П	П
15	П	П	П	П	нП	нП	нП	нП	П	нП
16	нП	нП	нП	нП	нП	нП	П	П	П	П
17	П	нП	нП	нП	нП	нП	П	П	П	нП
18	П	нП	нП	нП	нП	П	П	П	нП	П
19	нП	нП	П	нП	нП	П	П	нП	нП	П
20	П	П	нП	нП	нП	П	П	нП	П	П
21	П	нП	нП	нП	нП	П	нП	П	П	П
22	П	нП	нП	нП	нП	нП	нП	нП	нП	П
23	нП	нП	П	нП	нП	нП	П	П	нП	нП
24	нП	нП	нП	нП	нП	нП	нП	П	П	нП
25	нП	нП	нП	нП	нП	П	нП	П	П	П
26	нП	нП	П	нП	нП	П	П	нП	П	П
27	нП	нП	нП	П	нП	П	нП	П	П	П
28	П	П	П	нП	нП	П	П	П	нП	нП
29	нП	нП	нП	нП	нП	П	нП	П	нП	П
30	нП	нП	нП	нП	нП	нП	нП	нП	П	нП
31	-	-	нП	нП	-	-	нП	нП	-	-

Додаток 2 – Результати добових прогнозів швидкості вітру (м /с)

Дата	1999 р.					
	Жовтень		Листопад		грудень	
	П	Ф	П	Ф	П	Ф
1	8	11	5	6	9	5
2	10	10	6	11	11	6
3	10	9	4	10	15	11
4	12	12	9	5	4	11
5	14	16	11	12	2	5
6	16	8	16	6	6	9
7	18	5	12	5	12	8
8	5	13	4	5	13	11
9	4	5	1	10	3	5
10	9	12	0	6	3	6
11	11	16	2	4	2	11
12	16	4	15	10	5	12
13	2	8	16	10	14	12
14	2	10	8	11	12	0
15	8	4	4	8	2	8
16	3	9	3	6	8	6
17	11	5	11	5	6	13
18	14	10	15	5	5	11
19	5	6	10	5	4	10
20	11	12	6	5	11	12
21	16	4	8	2	12	15
22	2	6	10	6	14	7
23	3	11	10	1	5	7
24	5	16	4	10	14	6
25	8	4	4	8	11	5
26	4	6	11	8	5	11
27	11	8	12	3	9	11
28	15	11	13	12	7	9
29	17	3	5	5	13	10
30	21	11	4	10	7	10
31	2	8	1	9	4	2

Додаток 3 – вибір оптимальних стратегій прийняття господарських рішень за підходу мінімакс (максиміну) і байєвського підходу.

#### Варіант № 0

Визначити оптимальні дози внесення азотних добрив ( $d_j$ ) за різної кількості опадів ( $F_i$ ), якщо відомі такі середні прибавки врожаю озимих культур ( в т/га):

Матриця середніх прибавок врожаю озимих (т/га)

$d_j$ , кг/га $F_i$ , мм	$d_1$ (20)	$D_2$ (30)	$D_3$ (40)	$d_4$ (60)	$d_5$ (80...90)	$P(F_i)$
260	0.02	0.03	0.11	0.10	0.09	20
310	0.05	0.27	0.30	0.26	0.22	20
410	0.17	0.21	0.33	0.29	0.25	60

#### Варіант № 1

Визначити оптимальні дози внесення азотних добрив ( $d_j$ ) за різної кількості опадів ( $F_i$ ), якщо відомі такі середні прибавки врожаю озимих культур ( в т/га):

Матриця середніх прибавок врожаю озимих (т/га)

$d_j$ , кг/га $F_i$ , мм	$d_1$ (20)	$D_2$ (30)	$d_3$ (40)	$d_4$ (60)	$d_5$ (80...90)	$P(F_i)$
260	0.09	0.09	0.10	0.11	0.08	30
310	0.09	0.28	0.35	0.38	0.32	25
410	0.22	0.30	0.36	0.46	0.53	45

#### Варіант № 2

Визначити оптимальні дози внесення азотних добрив ( $d_j$ ) за різної кількості опадів ( $F_i$ ), якщо відомі такі середні прибавки врожаю озимих культур ( в т/га):

Матриця середніх прибавок врожаю озимих (т/га)

$d_j$ , кг/га $F_i$ , мм	$d_1$ (20)	$D_2$ (30)	$d_3$ (40)	$d_4$ (60)	$d_5$ (80...90)	$P(F_i)$
260	0.11	0.11	0.12	0.13	0.10	20
310	0.11	0.30	0.37	0.40	0.34	30
410	0.24	0.32	0.38	0.48	0.55	50

### Варіант № 3

Визначити оптимальні дози внесення азотних добрив ( $d_j$ ) за різної кількості опадів ( $F_i$ ), якщо відомі такі середні прибавки врожаю озимих культур ( в т/га):

Матриця середніх прибавок врожаю озимих (т/га)

$d_j$ , кг/га $F_i$ , мм	$d_1$ (20)	$d_2$ (30)	$d_3$ (40)	$d_4$ (60)	$d_5$ (80...90)	$P(F_i)$
260	0.04	0.06	0.14	0.16	0.13	25
310	0.04	0.25	0.40	0.43	0.37	35
410	0.17	0.27	0.41	0.51	0.58	40

### Варіант № 4

Визначити оптимальні дози внесення азотних добрив ( $d_j$ ) за різної кількості опадів ( $F_i$ ), якщо відомі такі середні прибавки врожаю озимих культур ( в т/га):

Матриця середніх прибавок врожаю озимих (т/га)

$d_j$ , кг/га $F_i$ , мм	$d_1$ (20)	$d_2$ (30)	$d_3$ (40)	$d_4$ (60)	$d_5$ (80...90)	$P(F_i)$
260	0.06	0.06	0.07	0.08	0.05	15
310	0.06	0.25	0.32	0.35	0.29	35
410	0.19	0.27	0.33	0.43	0.50	50

### Варіант № 5

Визначити оптимальні норми сівби ярого ячменю за різної кількості опадів ( $F_i$ ), якщо відомі такі середні прибавки врожаю ( в т/га):

Матриця середніх врожаїв ярого ячменю за різної норми висіву і умов зволоження

$d_j$ , млн. шт. / га $F_i$ , мм	$d_1 = 3...4$	$d_2 = 5...6$	$d_3 > 6$	$P(F_i)$ , %
$\leq 25$	2.00	2.62	2.88	11
26...60	2.53	3.27	2.82	35
61...90	3.28	3.42	4.76	31
$> 90$	3.74	4.53	4.59	23

### Варіант № 6

Визначити оптимальні норми сівби ярого ячменю за різної кількості опадів ( $F_i$ ), якщо відомі такі середні прибавки врожаю ( в т/га):

Матриця середніх врожаїв ярого ячменю за різної норми висіву і умов зволоження

$d_j$ , млн.шт./ га $F_i$ , мм	$d_1 = 3...4$	$d_2 = 5...6$	$d_3 >6$	$P(F_i)$ , %
$\leq 25$	1.61	1.42	1.38	25
26...60	1.93	2.07	1.32	20
61...90	2.28	2.52	3.56	30
$>90$	3.74	3.43	3.19	25

### Варіант № 7

Визначити оптимальні норми сівби ярого ячменю за різної кількості опадів ( $F_i$ ), якщо відомі такі середні прибавки врожаю ( в т/га):

Матриця середніх врожаїв ярого ячменю за різної норми висіву і умов зволоження

$d_j$ , млн. шт. / га $F_i$ , мм	$d_1 = 3...4$	$d_2 = 5...6$	$d_3 >6$	$P(F_i)$ , %
$\leq 25$	2.61	2.42	2.38	22
26...60	2.93	3.07	2.32	25
61...90	3.28	3.52	4.56	45
$>90$	4.74	4.43	4.19	8

### Варіант № 8

Визначити оптимальні норми сівби ярого ячменю за різної кількості опадів ( $F_i$ ), якщо відомі такі середні прибавки врожаю ( в т/га):

Матриця середніх врожаїв ярого ячменю за різної норми висіву і умов зволоження

$d_j$ , млн. шт. / га $F_i$ , мм	$d_1 = 3...4$	$d_2 = 5...6$	$d_3 >6$	$P(F_i)$ , %
$\leq 25$	2.11	2.12	2.00	15
26...60	2.33	2.77	2.02	20
61...90	2.78	3.12	4.06	35
$>90$	3.84	4.03	3.59	30

Варіант № 9

Визначити оптимальні норми сівби ярого ячменю за різної кількості опадів ( $Fi$ ), якщо відомі такі середні прибавки врожаю ( в т/га):

Матриця середніх врожаїв ярого ячменю за різної норми висіву і умов зволоження

$D_j$ , млн. шт. / га $F_i$ , мм	$d_1 = 3...4$	$d_2 = 5...6$	$d_3 >6$	$P(F_i)$ , %
$\leq 25$	2.61	2.42	2.58	20
26...60	2.83	3.27	2.52	24
61...90	3.28	3.42	4.86	28
$>90$	3.74	4.63	4.39	28



Методичні вказівки  
з дисципліни "Економіка гідрометеорологічного забезпечення  
господарства України" до практичних робіт

для студентів IV курсу гідрометеорологічного інституту

Напрямок підготовки "Гідрометеорологія"  
Спеціальність "Агromетеорологія"

Укладач: к.г.н., доцент Свидерська С.М.

Підп. до друку                      Формат 60x84/16    Папір офс.  
Умовн. друк. арк.                      Тираж                      Зам. №  
Надруковано з готового оригінал-макета

---

Одеський державний екологічний університет  
65016, Одеса, вул. Львівська, 15

---