

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**до самостійної роботи студентів**  
**та виконання контрольної роботи**  
з дисципліни «Економіка гідрометеорологічного забезпечення  
господарства України»  
**для студентів заочної форми навчання**

Напрямок підготовки – *“Гідрометеорологія”*

**“Узгоджено”**

Завідувач навчально-консультаційного  
центру заочної освіти  
\_\_\_\_\_ Волошина О. В.

**“Затверджено”**

на засіданні кафедри  
метеорології та кліматології  
протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2017 р.  
Зав. кафедрою \_\_\_\_\_ Г.П.Івус

**Одеса 2017**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**до самостійної роботи студентів**  
**та виконання контрольної роботи**  
з дисципліни «**Економіка гідрометеорологічного забезпечення**  
**господарства України»**  
**для студентів заочної форми навчання**

Напрямок підготовки - "Гідрометеорологія"

Спеціальність - "Метеорологія"

**Одеса 2017**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**до самостійної роботи студентів**  
**та виконання контрольної роботи**  
з дисципліни **«Економіка гідрометеорологічного забезпечення**  
**господарства України»**  
**для студентів заочної форми навчання**

Напрямок підготовки – *“Гідрометеорологія”*

**“Узгоджено”**  
Завідувач навчально-консультаційного  
центру заочної освіти  
\_\_\_\_\_ Волошина О. В.

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів та виконання контрольної роботи з дисципліни «Економіка гідрометеорологічного забезпечення господарства України» для студентів заочної форми навчання за напрямом “Гідрометеорологія”, /Укладач: к.геогр.н., доц. Волошина О.В., – Одеса, ОДЕКУ, 2017. – 25 с.

## ЗМІСТ

<b>I</b>	<b>Загальна частина</b>	4
<b>II</b>	<b>Організація самостійної роботи студентів</b>	6
2.1	Рекомендації по вивченню теоретичного матеріалу	6
2.2	Рекомендації по вивченню практичного матеріалу	9
2.2.1	Критерії успішності прогнозу	9
2.2.2	Критерії успішності методичних прогнозів	11
2.2.3	Критерії, засновані на загальному справджуванні	11
2.2.4	Кількість прогностичної інформації та інформаційне відношення	14
2.2.5	Критерії статистичного зв'язку	16
2.3	Рекомендації по виконанню контрольної роботи	25
<b>III</b>	<b>Організація контролю знань та вмінь студентів</b>	25
3.1	Система контролю знань та вмінь студентів	25
3.2	Форми контролю знань та вмінь студентів	25

## I. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Дисципліна “Економіка гідрометеорологічного забезпечення України” є складовою частиною освітньої програми підготовки на рівні бакалавра.

Метою дисципліни є формування у студентів систематичних знань про структуру системи гідрометеорологічного забезпечення господарства та перспектив її розвитку, специфіку забезпечення окремих галузей господарства, оцінки економічної ефективності гідрометеорологічної інформації, наукові методи оцінки потенціальної та реальної економічної ефективності гідрометеорологічного забезпечення, оптимальне використання гідрометеорологічної інформації, оптимальні стратегії споживача тощо.

У результаті вивчення дисципліни студенти мають засвоїти базові знання та вміння:

- знати сучасні форми гідрометеорологічної інформації та засоби оцінки її якості;
- знати форми та методи гідрометеорологічного забезпечення різноманітних галузей господарства, ураховуючи їх специфічні особливості та залежність від гідрометеорологічних умов;
- володіти основами підрахунку показників справджування гідрометеорологічних прогнозів;
- використовувати методи оцінки показників економічної ефективності гідрометеорологічного забезпечення та оптимальної стратегії споживача.
- мати уявлення про основні напрямки науково-дослідницької діяльності в галузі гідрометеорологічного забезпечення господарства в Україні та в інших країнах.

Таким чином, після вивчення та засвоєння курсу “Економіка ГМЗ України” студент повинен придбати низку практичних навичок використання сучасних науково-практичних підходів у рішенні прикладних економічних задач метеорології, та володіти методами побудови економічних задач в гідрометеорології.

Викладання дисципліни «Економіка гідрометеорологічного забезпечення України» має методичне забезпечення в учбових посібниках, приведених у основному списку літератури.

Вивчення дисципліни для студентів заочної (дистанційної) форми навчання складається з двох видів навчальних занять (установчі лекції на початку вивчення та практичні заняття – на приказі) та самостійної роботи студента по засвоєнню теоретичного курсу і виконанню контрольної роботи.

Контроль самостійної роботи студента заочної (дистанційної) форми навчання здійснюється шляхом перевірки міжсесійної контрольної роботи, яка надсилається студентом у встановлені строки викладачу в електронному вигляді, рішення задач на практичних заняттях та на заходах підсумкового контролю, передбачені навчальним планом. Поточний та підсумковий контроль побудовано за кредитно-модульною системою організації навчання.

Загальна кількість змістовних модулів (ЗМ) з дисципліни «Економіка

гідрометеорологічного забезпечення України» для студентів заочної форми навчання складає: теоретичних модулів – 1 (ЗМ–Л); практичних модулів (ЗМ–П) – 1.

Згідно з діючою програмою і розподілом навчального часу студенти заочної форми навчання вивчають розділи, які перелічені нижче і для самостійного вивчення яких розроблені дані методичні вказівки.

Для самостійного вивчення дисципліни рекомендовано користуватися навчальною літературою та методичними вказівками, які є в бібліотеці університету та на кафедрі метеорології та кліматології в електронному вигляді.

### *Основна*

1. Маринін І.Л. Економіка гідрометеорологічного забезпечення господарства України. Конспект лекцій.– Днепропетровск: Економіка.– 2005. –103с.
2. Хандожко Л.А. Метеорологическое обеспечение народного хозяйства /Учебное пособие. – Л.: Гидрометеиздат. – 1981.– 231 с.
3. Хандожко Л.А. Оценка экономического эффекта прогнозов погоды. – Л.: Изд. ЛГМИ, 1987.
4. Хандожко Л.А. Практикум по экономике гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства. – СПб.: Гидрометеиздат. – 1993.— 311 с.

### *Додаткова*

1. Жуковский Е.Е. Метеорологическая информация и экономические решения. – Л.: Гидрометеиздат. – 1981.— с.
2. Монокревич Э.М. Гидрометеорологическая информация в народном хозяйстве. – Л.: Гидрометеиздат. – 1980.
3. Брагинская Л.А., Вимеберг Г.П., Жуковский Е.Е. Метеорологические рекомендации по оптимальному использованию и оценке потенциальной экономической эффективности прогнозов опасных явлений. – Л.: ГГО. – 1985.

## II. ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

### 2.1 Рекомендації по вивченню теоретичного матеріалу

Рекомендовано наступний порядок вивчення матеріалу.

По-перше, необхідно ознайомитися з програмою, яка окреслює коло питань, що необхідно вивчити. Опісля треба звернутися до рекомендованих підручників і навчальних посібників.

#### Загальні поради:

- зміст кожної теми курсу вивчається за допомогою навчальної та методичної літератури, перелік якої наведений у Вказівок;

- в якості базового джерела слід користуватися Конспектом лекцій [1], окрім того, джерела [2, 3] надають загальні визначення та детальніші відомості щодо більшості матеріалу;

- додаткові джерела [4-7] призначені до глибокого вивчення окремих аспектів дисципліни та мають бути корисними студентам, що бажають досконало оволодіти теоретичними проблемами та практичними методами гідрометеорологічного забезпечення господарства;

- після опрацювання кожної теми курсу треба відповісти на "Запитання для самоперевірки", що наведені в [2, 3];

- загальні визначення та дефініції понять треба вивчити дослівно;

- треба виконати контрольну роботу (див. далі), користуючись наведеними джерелами теоретичного матеріалу та згідно з алгоритмом розрахунків, наведеними у методичних вказівках;

- при наявності питань щодо вивчення теоретичного матеріалу або виконання контрольної роботи звертатися до викладача на електронною поштою на адресу [Kafclim1932@gmail.com](mailto:Kafclim1932@gmail.com)

#### 1. Рекомендації по вивченню розділу 1 "Основи гідрометеорологічного забезпечення господарства"

Перша частина курсу «Економіка гідрометеорологічного забезпечення господарства України» має сформулювати у студентів-метеорологів чітке уявлення про структуру, принципи побудови та функціонування сучасної світової системи гідрометеорологічного забезпечення взагалі, зокрема господарства України, та ознайомити їх із шляхами втілення наукових методів користування гідрометеорологічною інформацією, перш за все прогнозами погоди.

Базові знання та вміння, якими мають оволодіти студенти після

вивчення матеріалів розділу 1:

- визначати природу та структуру збитків внаслідок гідрометеорологічних умов ([1], п.1.1, [2], п.1.1, 1.2, 14.2)
- знати структуру й форми гідрометеорологічної інформації ([1], п. 1.4, 1.5, [2], п.1.4-1.7, [3], п. 1.1);
- характеризувати загальні принципи системи її здобування, передачі, аналізу та зберігання ([1], п.1.6);
- знати принципи побудови та функціонування світової системи гідрометеорологічного забезпечення, зокрема Світової Служби Погоди ([1], п.1.7-1.10),
- мати уявлення про форми поточного гідрометеорологічного забезпечення господарства України ([1], п.1.11),
- характеризувати залежність окремих галузей господарства від гідрометеорологічних умов ([2], гл.3-10, [3], гл.6).

2. Рекомендації по вивченню розділу 2 "Верифікація гідрометеорологічних прогнозів"

Цей розділ має ознайомити студентів із напрямками верифікації прогнозів погоди та сформуванню систематичні знання та вміння практично оцінювати якість прогнозів. Процедура верифікації прогнозів дає кількісні підстави для оцінювання їх якості, тобто кількісні міри економічного ефекту одної з основних форм гідрометеорологічного забезпечення. Особлива увага приділяється питанням верифікації альтернативних та багатофазових короткострокових гідрометеорологічних прогнозів. З методичної точки зору, цей розділ складає базу для вивчення подальшого матеріалу, адже верифікація гідрометеорологічних прогнозів розглядається на підставі сучасних підходів, зокрема використання матриць спряженості, що є універсальними для інших задач.

Базові знання та вміння, якими мають оволодіти студенти після вивчення матеріалів розділу 2:

- знати поняття властивостей та якості прогнозу, справджування гідрометеорологічних прогнозів як міри їх корисності ([1], п.2.1, [3], п.1.2, 1.3),
- знати принципи та методи оцінки справджування оперативних гідрометеорологічних прогнозів і попереджень про СГМЯ ([2], п.11.3-11.4),
- будувати матриці спряженості альтернативних прогнозів погоди ([1], п.2.3.1, [2], гл.1);
- знати критерії та методи оцінки успішності прогнозів ([2], п.11.5, [3],

гл.1),

- проводити верифікацію альтернативних прогнозів гідрометеорологічних величин та явищ погоди [4],

- мати уявлення про методи верифікації багатофазових прогнозів гідрометеорологічних величин та явищ погоди ([1], гл.2, зокрема п.2.3.3) та прогнозів метеорологічних полів ([3], гл.1).

3. Рекомендації по вивченню розділу 3 "Оцінки економічного ефекту гідрометеорологічних прогнозів"

Цей розділ розглядає наукові методи оцінки потенціального та реального економічного ефекту, які дають можливість робити висновки щодо ефективності конкретної форми гідрометеорологічного забезпечення.

Базові знання та вміння, якими мають оволодіти студенти після вивчення матеріалів розділу 3:

- визначати поняття економічного ефекту та економічної ефективності ([2], п.13.1, [3], гл.4),

- характеризувати основні етапи розрахунку економічного ефекту гідрометеорологічного прогнозу ([3], гл.4),

- мати уявлення про методи оцінки економічного ефекту та економічної ефективності ([3], гл.4).

4. Рекомендації по вивченню розділу 4 "Оптимізація використання гідрометеорологічної інформації"

Значна увага приділяється оптимальному використанню гідрометеорологічної інформації, що є умовою позитивного ефекту гідрометеорологічного забезпечення. Оптимальні стратегії споживача будуються на основі метеоролого-економічних моделей, що відтворюють впливи метеорологічних факторів на господарчі об'єкти та взаємодії в системі "погода-інформація-споживач". В практичному аспекті вивчення даного розділу, оптимізація рішень розглядається лише за допомогою байєсовського підходу, користуючись матрицями спряження, що були розглянуті студентами раніше.

Базові знання та вміння, якими мають оволодіти студенти після вивчення матеріалів розділу 4:

- мати уявлення про принципи побудови метеоролого-економічних моделей,

- визначати поняття оптимальної стратегії споживача, функції

корисності, критеріїв оптимальності ([1], п.3.1, [2], п.15.1, 15.2), 3.3, за допомогою байєсовського підходу до оптимізації рішення споживача вмiти робити вибір між кліматологічними та прогностичними стратегіями ([1], п.3.2, 3.3, [2], п.15.2-15.4, [3], гл.3).

## 2.2 Рекомендації по вивченню практичного матеріалу

### 2.2.1 Критерії успішності прогнозу

Успішність прогнозування погоди є ступінь відповідності фактичних значень метеорологічних величин і явищ погоди тим, що прогнозуються. Успішність кількісно характеризується показниками, що називаються критеріями успішності прогнозу. Критерії успішності – це кількісні оцінки ступеня подібності фактичних і прогностичних характеристик погоди.

Критерії успішності є підставою для порівняння якості різноманітних методів прогнозування. Наприклад, про перевагу одного з декількох методів прогнозу можна судити на основі зіставлення критеріїв їхньої успішності. Для кожного методу окремо можна порівняти критерії його успішності з критеріями успішності стандартних прогнозів (випадкових, інерційних і кліматичних). Останнє дає можливість «абсолютної» кількісної оцінки якості методичного прогнозу в порівнянні з якістю стандартних прогнозів.

Оскільки кожний із критеріїв успішності характеризує окрему сторону прогнозування, для зіставлення різноманітних методів прогнозу одного критерію недостатньо, і для всебічного аналізу якості методу необхідно використовувати систему критеріїв.

У залежності від числа можливих градацій (фаз) значень метеорологічних величин і явищ погоди всі прогнози діляться на альтернативні і багатофазові. Альтернативним (двофазовим) називається прогноз, що містить одну з двох умов погоди: наявність або відсутність даного стану погоди. Як правило, альтернативними є прогнози метеорологічних, гідрологічних і агрометеорологічних явищ.

Деякі прогнози метеорологічних величин також можуть бути подані в альтернативній формі. Наприклад, у випадку прогнозу небезпечної (штормової) швидкості вітру,  $V \geq 15$  м/с, наявністю явища вважається випадок  $V \geq 15$  м/с, а випадок  $V < 15$  м/с - відсутністю явища.

Загальна сукупність прогнозів повинна найбільш повно відбивати розподіл метеорологічної (гідрологічної, агрометеорологічної) величини (явища) по всіх градаціях. Для зручності всі прогнози розподіляються по градаціях у вигляді таблиці спряженості (таблиці справджування).

Таблиця спряженості є формою уявлення реалізацій прогнозу визначеного явища (або величини) по градаціях. У випадку альтернативного прогнозу таких градацій усього дві (наявності або відсутності явища або очікуваної фази). Відповідно, усі випадки прогнозу розпадаються на 4 групи (табл.1):

$n_{11}$  – число випадків, коли прогноз наявності явища справдився (явище прогнозувалося і спостерігалось);

$n_{12}$  – число випадків, коли прогноз відсутності явища не справдився (явище не прогнозувалося, але спостерігалось) – помилки-пропускання;

$n_{21}$  – число випадків, коли прогноз наявності явища не справдився (явище прогнозувалося, але не спостерігалось) – помилка страховки;

$n_{22}$  – число випадків, коли прогноз відсутності явища справдився (явище не прогнозувалося і не спостерігалось).

Таблиця 2.1 – Матриця спряженості альтернативного прогнозу

	Прогнозується наявність явища, $\Pi$	Прогнозується відсутність явища, $\bar{\Pi}$	Загальна кількість випадків, $\sum_{j=1}^2 n_j$
Спостерігається наявність явища, $\Phi$	$n_{11}$	$n_{12}$	$n_{10}$
Спостерігається відсутність явища, $\bar{\Phi}$	$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{20}$
Загальна кількість випадків, $\sum_{i=1}^2 n_i$	$n_{01}$	$n_{02}$	$N$

На підставі такої таблиці провадиться розрахунок усіх критеріїв успішності прогнозів.

Матриці спряженості будуються як для методичних ( $n_{ij}$ ), так і для стандартних прогнозів: кліматологічних ( $n_{ij}^{кл}$ ), інерційних ( $n_{ij}^{ин}$ ) і випадкових ( $n_{ij}^{сл}$ ). Елементи матриці спряженості випадкового прогнозу розраховуються по формулах:

$$n_{ij}^{сл} = \frac{n_{i0}n_{0j}}{N} \quad (2.1)$$

### 2.2.2 Критерії успішності методичних прогнозів

Критерії – міри зв'язку фактичної погоди та її прогнозу можна умовно поділити на 3 групи.

1. Оцінки загального справджування або точності прогнозу як частка прогнозів, що виправдалися, до їхнього загального числа. Ці критерії є історично найбільш ранніми і простими по суті, і являють собою спробу оцінити «абсолютну» ступінь успішності. Проте, вони мають найменшу надійність.

2. Оцінки, засновані на порівнянні показників методичних прогнозів із стандартними, відбивають збільшення числа успішних прогнозів явища (градації) щодо результатів інерційного, випадкового або кліматологічного прогнозу, що, таким чином, приймаються за «нульовий рівень» якості.

3. Критерії статистичного зв'язку. З погляду математичної статистики, якість прогностичного методу можна оцінювати по ступеню статистичного зв'язку прогностичних характеристик стана природного середовища і фактичної погоди. Формально це можна уявити статистичною залежністю між ознаками  $\Pi$  і  $\Phi$ . Очевидно, що статистичний зв'язок між ними буде тим тісніший, чим ближчий текст прогнозу до погодних умов, що реалізувалися фактично. Міри статистичного зв'язку встановлюються на основі таблиць спряженості. Велика частина мір статистичного зв'язку, розроблених до теперішнього часу, заснована на критерії  $\chi^2$ .

Далі розглянемо зміст перерахованих груп критеріїв.

### 2.2.3 Критерії, засновані на загальному справджуванні

#### Загальне справджування прогнозів

Загальне справджування прогнозів є відношення числа прогнозів, що виправдалися, до їхнього загального числа:

$$p = \frac{n_{11} + n_{22}}{N} \cdot 100\% \quad (2.2)$$

і змінюється в межах від 0 (усі прогнози помилкові) до 1 або 100% (прогнози на рівні ідеальних).

Загальне справджування не є надійним критерієм якості прогнозів, тому що цей критерій:

- 1) не дозволяє встановити переваги методичного прогнозу над формальним кліматологічним;
- 2) не враховує характер розподілу помилок 1 і 2 роду і їхньої різноманітної значимості для споживача;
- 3) не враховує географічні особливості регіону прогнозування, оскільки те саме загальне справджування може бути властиве прогнозам в істотно різноманітних по кліматичних особливостях регіонах.

Більш суворою оцінкою є критерій:

$$\rho = \frac{(n_{11} + n_{22}) - (n_{12} + n_{21})}{N} \quad (2.3)$$

який змінюється в межах від -1 (усі прогнози помилкові) до +1 (прогнози на рівні ідеальних).

Обидва зазначені критерії загального справджування можна використовувати у випадках, коли  $n_{10}$  не є істотно меншим  $N$ .

Критерій точності прогнозів

Критерій точності прогнозів, запропонований М.А.Обуховим, має вигляд:

$$Q = 1 - \left( \frac{n_{12}}{n_{10}} - \frac{n_{21}}{n_{20}} \right) \quad (2.4)$$

і характеризує частку методичних прогнозів, що виправдалися, при відомій повторюваності наявності або відсутності явища. Значення  $Q$  змінюється в межах від -1 (усі прогнози помилкові) до +1 (прогнози на рівні ідеальних). Випадок  $Q=0$  відповідає прогнозам на рівні випадкових.

### Порівняння зі стандартними прогнозами

#### Перевищення загального справджування

Критерієм якості методичного прогнозу може служити перевищення загального справджування над справджуванням стандартного (випадкового або інерційного) прогнозу:

$$\delta p^{un} = p - p^{un} \quad (2.5)$$

$$\delta p^{ci} = p - p^{ci} \quad (2.6)$$

Загальне справджування інерційного і випадкового прогнозів розраховується по формулі (6), дані для якої витягаються з відповідних матриць спряженості:

$$p^{in} = \frac{n_{11}^{in} + n_{11}^{in}}{N} \cdot 100\% \quad (2.7)$$

$$p^{cl} = \frac{n_{11}^{cl} + n_{22}^{cl}}{N} \cdot 100\% \quad (2.8)$$

З огляду на (1), вираз (8) можна переписати у вигляді:

$$p^{cl} = \frac{n_{01}n_{10} + n_{20}n_{02}}{N} \cdot 100\% \quad (2.9)$$

### Критерій надійності прогнозів

Критерій надійності прогнозів, запропонований Н.А.Багровим, має вигляд:

$$H = \frac{p - p^{cl}}{1 - p^{cl}} \quad (2.10)$$

і характеризує відносне збільшення загального справджування методичних прогнозів у порівнянні з випадковими до максимально можливого. Значення  $H$  змінюється в межах від 0 (прогноз на рівні випадкового) до +1 (прогноз на рівні ідеального).

### Критерій Хайдке

Критерій Хайдке записується у вигляді:

$$S = \frac{E - E^{cm}}{N - E^{cm}}, \quad (2.11)$$

де:

$$E = n_{11} + n_{22} \quad (2.12)$$

– число методичних прогнозів наявності, що виправдалися, ( $n_{11}$ ) і відсутності ( $n_{22}$ ) явища, а  $E^{cm}$  – число інерційних ( $E^{un}$ ), випадкових ( $E^{cl}$ ) або кліматологічних ( $E^{kl}$ ) прогнозів, що виправдалися:

$$E^{cm} = \begin{cases} E^{un} = n_{11}^{un} + n_{22}^{un} \\ E^{cl} = n_{11}^{cl} + n_{22}^{cl} = \frac{n_{10}n_{01} + n_{20}n_{02}}{N} \\ E^{kl} = n_{11}^{kl} + n_{22}^{kl} = \frac{N}{k} \end{cases} \quad (2.13)$$

Тут  $k$  -- число градацій (рівних ймовірностей).

Значення  $S$  змінюється в межах від 0 (прогноз на рівні стандартного) до 1 (прогноз на рівні ідеального).

#### 2.2.4 Кількість прогностичної інформації та інформаційне відношення

У теорії інформації встановлено, що міра невизначеності стану будь-якої фізичної системи описується її статистичною ентропією. Природна невизначеність властива, зокрема, будь-якому стану погоди. Мірою невизначеності здійснення явища або фази погоди  $\epsilon$ , таким чином, безумовна (тобто та, що не залежить від умов визначення, обумовлена об'єктивними фізичними факторами) або кліматична ентропія:

$$H(\Phi) = -\sum_{i=1}^n p(\Phi_i) \cdot \lg p(\Phi_i) \quad (2.14)$$

яка визначається на підставі відомої ймовірності явища або фази погоди:

$$p(\Phi_i) = p_{i0} = \frac{n_{i0}}{N} \quad (2.15)$$

Таким чином, для альтернативних прогнозів ( $n = 2$ ):

$$H(\Phi) = -\left( \frac{n_{10}}{N} \cdot \lg \frac{n_{10}}{N} + \frac{n_{20}}{N} \cdot \lg \frac{n_{20}}{N} \right) \quad (2.16)$$

Невизначеність властива також прогностичному стану погоди. Прогноз по суті являє собою стан природного середовища, що моделюється, який залежить від змісту метода прогнозування, включаючи інформаційне забезпечення цього метода - дані, рекомендації і т.д. Мірою невизначеності здійснення прогнозованого явища або фази погоди  $\epsilon$  в цьому випадку умовна ентропія (тобто залежна від суті методу прогнозування):

$$H(\Pi) = -\sum_{j=1}^m p(\Pi_j) \cdot H(\Pi_j/\Phi_i) \quad (2.17)$$

Тут:

$$H(\Pi_j/\Phi_i) = \sum_{i=1}^n p(\Pi_j/\Phi_i) \cdot \lg(\Pi_j/\Phi_i) \quad (2.18)$$

– часткова ентропія, що визначається на основі умовної ймовірності явища або фази погоди:

$$p(\Pi_j/\Phi_i) = q_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_{0j}} = \frac{p_{ij}}{p_{0j}} \quad (2.19)$$

Для альтернативних прогнозів ( $n = m = 2$ ) умовна ентропія записується у вигляді:

$$H(\Pi) = - \left[ \frac{n_{01}}{N} \cdot \left( \frac{n_{11}}{n_{01}} \cdot \lg \frac{n_{11}}{n_{01}} + \frac{n_{21}}{n_{01}} \cdot \lg \frac{n_{21}}{n_{01}} \right) + \frac{n_{02}}{N} \cdot \left( \frac{n_{12}}{n_{02}} \cdot \lg \frac{n_{12}}{n_{02}} + \frac{n_{22}}{n_{02}} \cdot \lg \frac{n_{22}}{n_{02}} \right) \right] \quad (2.20)$$

Основа логарифма вибирається довільно. Якщо основа логарифма дорівнює 2, то ентропія буде виражатися в бітах, якщо 10 – у дитах.

Задача будь-якого прогнозу складається в тому, щоб підвищити визначеність знань про можливу реалізацію явища або фази погоди. Це виражається в зменшенні ентропії прогностичного стану  $H(\Pi)$  в порівнянні з величиною безумовної ентропії  $H(\Phi)$ . Очевидно, що чим більш якісним є метод прогнозування, тим менше невизначеності він припускає, і тим більшою варто очікувати різницю зазначених величин ентропії. Різниця величин безумовної й умовної ентропії, що характеризує міру визначеності прогнозу, називається кількістю прогностичної інформації:

$$I = H(\Phi) - H(\Pi) \quad (2.21)$$

Ця величина, проте, не являється надійною характеристикою, оскільки різні явища (фази погоди) характеризуються різноманітною кліматичною повторюваністю. Таким чином, те саме значення  $I$  може відповідати прогнозам ряду явищ (фаз), що мають істотно різноманітну точність. Тому зручніше використовувати більш універсальний критерій – інформаційне відношення:

$$v = \frac{H(\Phi) - H(\Pi)}{H(\Phi)} = 1 - \frac{H(\Pi)}{H(\Phi)}, \quad (2.22)$$

що показує, яка частина невизначеності кліматологічних прогнозів усувається за допомогою даного методу прогнозування.

Кількість прогностичної інформації є достатньо наочною при зіставленні різноманітних прогнозів того самого явища (фази). Якщо ставиться задача зіставити методи прогнозу різноманітних явищ (фаз), більш кращим є інформаційне відношення.

Випадкові прогнози характеризуються значеннями  $I = 0$ ,  $v = 0$ . Проте, як для ідеальних, так і для цілком зрадливих прогнозів  $I > 0$ , а  $v = 1$ .

## 2.2.5 Критерії статистичного зв'язку

### Критерій незалежності Пірсона

Критерій незалежності Пірсона заснований на порівнянні частот реалізацій різноманітних ситуацій методичного прогнозу  $n_{ij}$  (елементів матриці спряженості методичного прогнозу) із тими ж частотами для випадкового прогнозу  $n_{ij}^{ca}$  (елементами матриці спряженості випадкового прогнозу). Для побудови матриці спряженості випадкового прогнозу приймається нульова гіпотеза про незалежність ознак П і Ф між собою. Таким чином, розрахована ймовірність  $p(\chi^2)$  дозволяє з'ясувати, чи існує статистичний зв'язок між ознаками П і Ф.

Критерій незалежності Пірсона розраховується за допомогою формули:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{(n_{ij} - n_{ij}^{ca})^2}{n_{ij}^{ca}} \quad (2.23)$$

Розрахована таким способом величина дорівнюється з табличним значенням  $\chi_{\alpha, \nu}^2$ , отриманим при завданні визначених значень рівня значимості  $\alpha$  (звичайно 5%) і числа ступенів свободи:

$$\nu = (k_1 - 1) \cdot (k_2 - 1), \quad (2.24)$$

де  $k_1$  -- число рядків матриці спряженості,

$k_2$  -- число її стовпчиків (у випадку альтернативного прогнозу обидві величини дорівнюють 2).

Гіпотеза про взаємну незалежність ознак П і Ф відхиляється (тобто признається, що зв'язок між прогностичним і фактичним станом погоди не є випадковим, а, отже, методичний прогноз добре описує майбутній стан погоди), якщо  $\chi^2 > \chi_{\alpha, \nu}^2$ .

Якщо  $\chi^2 \leq \chi_{\alpha, \nu}^2$ , то зв'язок між ознаками П і Ф носить випадковий характер, тобто методичний прогноз знаходиться на рівні випадкового.

Придатність критерію незалежності Пірсона потребує визначеного обґрунтування. По-перше, для одержання статистично значимих оцінок потрібно достатнє число випадків спостережень (тобто суми чотирьох частот у матриці спряженості)  $N$ . За деякими оцінками, це число не повинно бути менше 30. Більш точно придатність критерію Пірсона до матриці спряженості 2x2 формулюється у вигляді умови Кокрена:

1) якщо  $N < 20$ , те замість критерію  $\chi^2$  варто використовувати більш точний критерій Фішера;

2) якщо  $20 \leq N < 40$ , і найменша частота  $n_{ij} < 5$ , то замість критерію  $\chi^2$  знову варто використовувати критерій Фішера;

3) якщо  $N \geq 40$ , те критерій  $\chi^2$  варто використовувати з поправкою Лейтса на апроксимацію дискретного поліноміального розподілу безперервним розподілом  $\chi^2$ :

$$\chi^2 = N \cdot \frac{[(n_{11}n_{22} - n_{12}n_{21}) - 0,5 \cdot N]^2}{n_{10}n_{20}n_{01}n_{02}} \quad (2.25)$$

Критерій незалежності Пірсона є індикатором статистичного зв'язку між ознаками П і Ф, але не визначає ступеня цього зв'язку.

На основі критерію  $\chi^2$  розроблено багато похідних критеріїв.

### Показник спряженості

Показником спряженості називається величина

$$\varphi^2 = \chi^2 / N, \quad (2.26)$$

яка змінюється в межах від 0 до +1. При цьому, чим менше ця величина, тим ближче методичний прогноз до випадкового.

Коефіцієнт подібності (коефіцієнт якісної кореляції)

Коефіцієнтом подібності називається корінь квадратний із показника спряженості:

$$A = \sqrt{\varphi^2} \quad (2.27)$$

Цю величину можна також переписати у вигляді:

$$A = \frac{n_{11}n_{22} - n_{12}n_{21}}{\sqrt{n_{10}n_{20}n_{01}n_{02}}} \quad (2.28)$$

Корінь у знаменнику береться з позитивним знаком. Коефіцієнт подібності змінюється від 1, якщо всі прогнози вдалі, тобто  $n_{12} = n_{21} = 0$ , до -1, якщо всі прогнози помилкові ( $n_{11} = n_{22} = 0$ ). У випадку  $n_{11}n_{22} = n_{12}n_{21}$  коефіцієнт подібності дорівнює нулю, і всі прогнози є випадковими.

Коефіцієнт подібності використовується як міра кореляції ознак П і Ф. Тому що в суворому значенні ця величина не є коефіцієнтом кореляції, та її можна розглядати як міру якісної кореляції зазначених ознак.

Дисперсію величини  $A$  оцінюють таким вираженням:

$$\sigma_A = \frac{1}{N} \cdot \left[ 1 - A^2 + \left( A + \frac{1}{2} A^3 \right) \cdot \frac{((n_{11} - n_{22})^2 - (n_{12} - n_{21})^2)}{\sqrt{n_{01} n_{02} n_{10} n_{20}}} \right] - \frac{3}{4} \cdot \frac{A^2}{N} \left( \frac{(n_{11} + n_{22} - n_{21} - n_{12})^2}{n_{10} n_{20}} - \frac{(n_{11} + n_{21} - n_{12} - n_{22})^2}{n_{01} n_{02}} \right), \quad (2.29)$$

одержуючи при цьому оцінку середнього квадратичного відхилення:

$$S_A \approx \sqrt{\sigma_A}. \quad (2.30)$$

Звідси межі довірчого інтервалу:

$$\Delta A = A \pm 1,96 \sqrt{\sigma_A}. \quad (2.31)$$

Коефіцієнт контингенції

Коефіцієнт контингенції, запропонований Пірсоном, дорівнює

$$C = \sqrt{\frac{\chi^2}{N + \chi^2}} \quad (2.32)$$

і змінюється в межах від 0 (немає статистичного зв'язку між ознаками П і Ф) до +1 (статистичний зв'язок між ознаками П і Ф максимальний).

### **Перехресне відношення**

Перехресне відношення (відношення переважень), визначається формулою:

$$\psi = \frac{n_{11}}{n_{12}} : \frac{n_{21}}{n_{22}} = \frac{n_{11} n_{22}}{n_{12} n_{21}} \quad (2.33)$$

Це відношення знаходиться в межах від 0 (немає правильних прогнозів) до  $\infty$  (немає неправильних прогнозів).

### Коефіцієнт зв'язку Юла

Коефіцієнт зв'язку Юла визначається формулою:

$$I = \frac{\psi - 1}{\psi + 1} = \frac{n_{11}n_{22} - n_{12}n_{21}}{n_{11}n_{22} + n_{12}n_{21}} \quad (2.34)$$

Це відношення знаходиться в межах від -1 (немає правильних прогнозів) до 1 (немає неправильних прогнозів). Статистичний зв'язок між ознаками П і Ф відсутній при  $I = 0$ .

Для значення коефіцієнта зв'язку необхідно визначити довірчий інтервал. При достатньо великому обсязі вибірки величина  $I$  має нормальний розподіл із дисперсією:

$$\sigma_I = \frac{1}{4}(1 - I^2)^2 \cdot \left( \frac{1}{n_{11}} + \frac{1}{n_{12}} + \frac{1}{n_{21}} + \frac{1}{n_{22}} \right) \quad (2.35)$$

Звідси межа довірчого інтервалу:

$$\Delta I = I \pm 1,96\sqrt{\sigma_I} \quad (2.36)$$

## 2.3 Рекомендації по виконанню контрольної роботи

Загальні поради по виконанню контрольної роботи.

Уважно розгляньте методичні вказівки. Зміст окремих розділів викладено згідно з програмою лекційного курсу. Методичні вказівки допоможуть Вам зорієнтуватися в теоретичному матеріалі курсу, засвоїти основні положення. Запитання для самоперевірки і наведені в кінці кожного розділу.

Після ретельного вивчення відповідних розділів підручника і рекомендованої літератури студент виконує контрольну роботу, яка включає два завдання. Важливою умовою успішного виконання контрольної роботи є уважне вивчення завдань. Контрольна робота складається з двох завдань: одного теоретичного і одного практичного, згідно кількості змістовних модулів. Номер варіанта контрольної роботи (КР) відповідає останній цифрі номеру залікової книжки.

Контрольна робота повинна бути набрана у редакторі Word (кегель 12; відстані між рядками – один інтервал; поля сторінок: 25мм), сторінки нумеруються. Формули набираються в редакторі формул і мають такі параметри: Full =12, Subscript/Superscript =10, Sub-Subscript/Superscript =8, Symbol =12, Sub-Symbol =10, з м і н н і набираються курсивом, шрифтом Times New Roman. Для зауважень викладача мають залишатися поля.

Відповіді на теоретичні питання повинні бути повними і обґрунтованими. Обов'язкове посилання на використані літературні та інші джерела, перелік яких надається у кінці роботи. У список використаної літератури вносяться праці, з яких запозичуються цитати, думки, довідкові дані, на які робиться посилання. Джерела в списку літератури потрібно розташовувати згідно порядку посилань в тексті. Посилання в тексті на джерела потрібно розташовувати у квадратних дужках, порядковий номер згідно з списком літератури.

При рішенні задач необхідно користуватися задачниками, довідниками і прикладами розв'язання задач, які наведені в даних методичних вказівках. Необхідно пояснювати хід розв'язання, правильно використовувати розмірність параметрів, де це потрібно, проводити порівняння результатів, отриманих для різних умов, щоб був зрозумілим їх фізичний зміст.

При виникненні необхідності проконсультуватися з викладачем студент може

- зустрітися з викладачем на кафедрі метеорології і кліматології за адресою вул. Львівська 15, ком. 301;
- надіслати лист за електронною адресою на кафедру **Kafclim1932@gmail.com** на електронну пошту викладачу.

Назва файлу потрібна складатися зі:

*назва дисципліни\_курс\_ПІБ\_№ завдання*

При перевірці самостійної роботи в міжсесійний період використовуються елементи дистанційної форми контролю, тобто у таблиці 1 наведені терміни контролю вивчення дисципліни за блоками змістовних модулів:

Таблиця 2.2 – Терміни перевірки контрольної роботи в міжсесійний період.

Змістовний модуль	Блок	Строк контролю
1. Теоретична частина	1. Письмові відповіді на запитання згідно варіанту	1-5 листопада
2. Практична частина	2. Розрахунки показників успішності альтернативних метеорологічних прогнозів згідно варіанту	1-5 квітня

Після вивчення теоретичного матеріалу треба виконати письмову контрольну роботу. За номер варіанта для контрольної роботи приймати останню літеру номера залікової книжки студента.

### **Завдання I (теоретична частина).**

Відповісти у письмовій формі на одне з запитань:

1. Принципи побудови гідрометеорологічного забезпечення (ГМЗ) господарства.
  2. Види і форми ГМЗ.
  3. Загальне та спеціалізоване гідрометеорологічне забезпечення.
  4. Гідрометеорологічна мережа спостережень.
  5. Види і категорії гідрометеорологічної інформації.
  6. Прогностична інформація. Класифікація прогнозів погоди.
  7. Економічні аспекти гідрометеорологічної інформації.
- Організаційно- економічна структура гідрометеорологічного забезпечення.
8. Класифікація споживачів гідрометеорологічної інформації.
- Галузева спрямованість гідрометеорологічного забезпечення.
9. Збитки завдяки гідрометеорологічних умов та їх класифікація.
  10. Інформативність, корисність і економічна ефективність гідрометеорологічної інформації.

## Завдання II (практична частина).

Оцінити успішність альтернативних методичних прогнозів небезпечної швидкості вітру по відомих матрицях спряженості методичних і інерційних прогнозів. Розрахувати успішність прогнозу швидкості вітру  $V \geq 12$  м/с (Додаток 1).

### Порядок виконання завдання

1. Проаналізувати матриці спряженості методичних прогнозів якісно, установити фактичну повторюваність наявності явища ( $n_{10}/N$ ) і його відсутності ( $n_{20}/N$ ), частки прогнозів наявності ( $n_{01}/N$ ) і відсутності ( $n_{02}/N$ ) явища.
2. Оцінити достатність обсягу вибірки  $N$  для розрахунків критеріїв успішності, визначити придатність критерію  $\chi^2$  за допомогою умови Кокрена.
3. Побудувати матрицю спряженості випадкового прогнозу, розрахувавши елементи його матриці спряженості відповідно до (1).
4. Провести розрахунки критеріїв успішності в порядку, передбаченому табл. 2, у яку занести результати обчислень.
5. Провести аналіз отриманих результатів. На основі даних табл.2 провести порівняння якості методичного прогнозу і стандартних прогнозів (інерційного і випадкового).

Таблиця 2.2 – Зведена таблиця результатів розрахунку

№ п/п	Критерій (величина)	Позначення	Формула для розрахунку	Значення для методичного прогнозу	Значення для інерційного прогнозу
1	Загальне справджування	$p$	(2.2)		
2	Загальне справджування	$\rho$	(2.3)		
3	Критерій точності прогнозів	$Q$	(2.4)		
4	Перевищення справджування в порівнянні з інерційним прогнозом	$\delta p^{ин}$	(2.5)		
5	Перевищення справджування в порівнянні з випадковим прогнозом	$\delta p^{ст}$	(2.6)		

№ п/п	Критерій (величина)	Позначення	Формула для розрахунку	Значення для методичного прогнозу	Значення для інерційного прогнозу
6	Критерій надійності	H	(2.10)		
7	Критерій Хайдке - порівняння з інерційним прогнозом ( $E^{ct} = E^{in}$ )	S	(2.11)		
8	Критерій Хайдке - порівняння з випадковим прогнозом ( $E^{ct} = E^{cl}$ )	S	(2.11)		
9	Критерій незалежності Пірсона	$\chi^2$	(2.23)		
10	Коефіцієнт зв'язку Юла:	I	(2.30)		

## Додаток 1

Варіант 1		Інерційний		Варіант 6		Інерційний	
Методичний		прогноз		Методичний		прогноз	
38	2	4	36	255	21	187	89
19	430	36	413	65	202	89	178
Варіант 2		Інерційний		Варіант 7		Інерційний	
Методичний		прогноз		Методичний		прогноз	
19	2	1	20	102	18	102	18
64	101	20	145	10	52	18	14
Варіант 3		Інерційний		Варіант 8		Інерційний	
Методичний		прогноз		Методичний		прогноз	
240	12	168	84	32	18	12	38
77	214	84	207	20	295	38	277
Варіант 4		Інерційний		Варіант 9		Інерційний	
Методичний		прогноз		Методичний		прогноз	
17	10	4	23	22	5	14	13
48	108	23	133	18	42	13	47
Варіант 5		Інерційний		Варіант 10		Інерційний	
Методичний		прогноз		Методичний		прогноз	
27	6	16	17	12	1	4	9
56	94	17	133	15	59	9	65

## III ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ СТУДЕНТІВ

### 3.1 Система контролю знань та вмінь студентів

Контроль знань та вмінь студентів, які навчаються за заочною формою, здійснюється за допомогою системи контрольних заходів. Вони складаються із заходів поточного та підсумкового контролю.

Поточний контроль з дисципліни “Економіка гідрометеорологічного забезпечення України” здійснюється на протязі навчального курсу за наступними формами:

- перевірка контрольної роботи, яка виконується у міжсесійний період;
- перевірка знань та вмінь студента під час аудиторних занять протягом заліково-екзаменаційної сесії.

Сума міжсесійної (ОМ) та сесійної оцінки (ОЗЕ) становить загальну оцінку поточного контролю.

Підсумковий контроль здійснюється під час заліково-екзаменаційної сесії та має на меті встановлення рівня знань та вмінь, якими оволодів студент після вивчення навчальної дисципліни “Економіка гідрометеорологічного забезпечення України”. Форма підсумкового контролю за навчальний курс встановлюється навчальним планом – це залік.

Накопичувальний підсумковий контроль в університеті проводиться на основі накопиченої (інтегральної) суми балів, яку отримав студент по підсумках поточного контролю та підсумкового контролю (залік або екзамен).

### 3.2 Форми контролю знань та вмінь студентів

Поточний контроль здійснюється у формі оцінка виконання СРС та ІСР у міжсесійний період (ОМ), визначається:

#### 3.2.1 Шляхом перевірки контрольної роботи.

Максимальна сума балів, яку можна одержати за контрольну роботу становить 100 балів.

№	Розділ	Максимальна сума балів
1.	Теоретичне завдання №1	50
	Практичне завдання №2	50

Для зарахування контрольної роботи повинно бути виконані усі завдання не менш, ніж на 60%.

Теоретичне питання оцінюється по 50 балів. Тобто, студент повинен належним чином розкрити питання та набрати не менш 50% від максимально можливої суми, тобто 25 балів.

- глибоко розкриття питання, наведені приклади, використана додаткові джерела – 50 балів;
- обґрунтоване розкриття питання – 37 балів;

- питання розкрита неповно – 25 балів.

Практичне завдання оцінюється по 50 балів. Тобто, студент повинен належним чином виконати практичне завдання та набрати не менш 50 % від максимально можливої суми, тобто 25 балів.

- вірно обраний алгоритм рішення, отримані правильні результати – 50 балів;
- допущені помилки в розрахунках, – 37 балів;
- невірно обраний алгоритм рішення допущені помилки в розрахунках – 25 балів.

Студенти, які виконали контрольну роботу та отримали за результатами перевірки не менше ніж 60% мають допуск до заліку з дисципліни.

Студенти, які не отримали за контрольну роботу мінімальної кількості балів (> 60%), повинні виконати інший варіант контрольної роботи або виправити помилки попереднього варіанту та отримати відповідну кількість балів для допуску до заліку.

3.2.2. Оцінка роботи студента при проведенні опитування на лекційних заняттях складає 15 балів та рішення задач на практичних заняттях під час заліково-екзаменаційної сесії складає 15 балів. Загальна максимальна оцінка оцінюються у 30 балів.

**Підсумковий контроль** з дисципліни “Економіка гідрометеорологічного забезпечення України” є залік.

Якщо студент, який на дату контролюючого заходу не має заборгованості по виконанню міжсесійних та сесійних контролюючих заходів та має інтегральну суму балів з урахуванням результатів залікової контрольної роботи (складається з 13 питань), достатню для отримання позитивної оцінки, то викладач виставляє якісну оцінку у заліково-екзаменаційної відомості.

Якщо студент має інтегральну суму балів з урахуванням результатів залікової контрольної роботи, недостатню для отримання позитивної оцінки (менше 60%), то він має можливість скласти письмовий залік по тестових завданнях, що розроблені на кафедрі за процедурою, яка визначена у «Положенні про проведення підсумкового контролю знань студентів».

Накопичена підсумкова оцінка (ПО) засвоєння студентом заочної форми навчання навчальної дисципліни “Економіка гідрометеорологічного забезпечення України” розраховується для дисциплін, що закінчуються заліком та обов’язково включає оцінку залікової контрольної роботи за:

$$ПО = 0,75 \times [0,5 \times (ОЗЕ + ОМ)] + 0,25 \times ОЗКР \quad (3.1)$$

де ОЗЕ – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) заходів контролю СРС під час проведення аудиторних занять;

ОМ – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) заходів контролю СРС у міжсесійний період;

ОЗКР – оцінка залікової контрольної роботи.

Одержана накопичена підсумкова оцінка виставляється викладачем у відомість обліку успішності встановленого зразка.

Перехід від кількісної оцінки до якісної оцінки здійснюється відповідно до таблиці:

СУМА БАЛІВ	ОЦІНКА ECTS	ОЦІНКА ЗА НАЦІОНАЛЬНОЮ ШКАЛОЮ	
		<b>екзамен</b>	<b>залік</b>
90-100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно	не зараховано
1-34	F		