

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу  
окружающей среды (Росгидромет)

Государственное образовательное учреждение  
Институт повышения квалификации руководящих сотрудников и  
специалистов (ГОУ ИПК)

Региональный метеорологический учебный центр (ВМО)

**Сборник задач  
по экономической метеорологии  
(методическое пособие)**

Допущено Учебно-методическим объединением в области  
гидрометеорологии в качестве учебного пособия для  
студентов ВУЗов и слушателей ИПК по специальностям  
«Метеорология» и «Гидрология»

Москва – Санкт-Петербург

2007

УДК 551.509.59(075.8)

**Сборник задач по экономической метеорологии (методическое пособие).** – М.: - СПб.: – Гидрометеиздат, 2007. – 31 с.

Методические указания составлены в соответствии с программой дисциплины «Экономическая метеорология». Представлены все разделы курса и их краткая характеристика, даны вопросы для самопроверки, приводятся контрольные работы и рекомендуемая литература.

Составители: Л.А. Хандожко, проф. РГГМУ,  
Г.Н. Чичасов, проф. ИПК,  
А.А. Фокичева, асс. РГГМУ.

Рецензент: Р.М. Вильфанд, д-р геогр. наук, проф., Гидрометцентр России.

- © Л.А. Хандожко, 2007
- © Г.Н. Чичасов, 2007
- © А.А. Фокичева, 2007
- © Институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов Росгидромета, 2007
- © Региональный метеорологический учебный центр ВМО, 2007

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Изучение экономической метеорологии при подготовке специалистов-метеорологов и повышении их квалификации стало обязательным, что предусмотрено в государственных образовательных Стандартах высшего профессионального образования Министерства образования и науки Российской Федерации и в Программе по «Экономической метеорологии» для Региональных метеорологических учебных центров ВМО, утвержденной Советанием экспертов ВМО (Москва, 2000).

Теоретические основы экономической метеорологии изложены в учебнике «Экономическая метеорология» (СПб: Гидрометеоиздат, 2005), а ее практическая часть представлена в «Практикуме по экономике гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства» (СПб: Гидрометеоиздат, 1993).

Сборник задач по экономической метеорологии разработан на базе ряда учебно-методических пособий, которые используются в учебной работе РГГМУ. Здесь выделена та часть учебных задач и решений, которые представляют особый интерес, как в оперативной синоптической практике, так и в хозяйственной деятельности отраслей экономики.

Центральное место в Сборнике отводится вопросам, связанным с выбором оптимальных погодо-хозяйственных решений и оценкой экономической полезности использования метеорологических прогнозов. Это потребует от слушателей в достаточной мере освоить ряд теоретических положений, отражающих оптимальное использование и экономическую полезность гидрометеорологических прогнозов.

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Успешное решение предложенных слушателям задач предполагает предварительное выполнение следующих рекомендаций:

1. Теоретическая часть дисциплины изучается последовательно согласно утвержденному «Учебно-тематическому плану дисциплины «Экономическая метеорология»».

2. Проработка материала по учебнику и выполнение задания ведется при полном контроле со стороны преподавателя с учетом поставленных слушателями вопросов, ответов и обсуждений отдельных тем.

3. Задания выполняются согласно изложенным к ним рекомендациям.

4. Выбор задания проводится слушателем самостоятельно.

5. Отчетный материал оформляется в рабочей тетради. Результаты выполнения задания рассматриваются в индивидуальном порядке.

## УКАЗАНИЯ ПО РАЗДЕЛАМ

### Введение

Здесь необходимо обратить внимание на особенности структуры дисциплины, ее предмет, задачи и основные понятия. Следует уяснить основные этапы истории развития экономической метеорологии, ее значение для общественного производства, социальной сферы и проблемы, решаемые в области экономической метеорологии на уровне международного сотрудничества.

### Литература

1. Хандожко Л.А. Экономическая метеорология. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2005. – 490 с.
2. Хандожко Л.А. Метеорологическое обеспечение народного хозяйства. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 231 с.
3. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. – Л: Гидрометеоиздат, 1991. – 616 с.
4. Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Хандожко Л.А., Шаймарданов М.З. Проблемы экономически выгодного использования метеорологических прогнозов// Метеорология и гидрология – 1998. – № 10. – С. 5 – 18.
5. Бедрицкий А.И., Хандожко Л.А. Экономическая полезность гидрометеорологического обеспечения. – Бюлл. ВМО – 2001, т. 50 – № 3. – С. 266 – 271.

### Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение экономической метеорологии как области знания.
2. Что является предметом экономической метеорологии?
3. Перечислите основные задачи экономической метеорологии.
4. Какие проблемы в области экономической метеорологии решаются на уровне межгосударственного сотрудничества?

### Общие положения об эффективности текущей и прогностической информации при обеспечении хозяйственной деятельности

Раздел содержит ряд основных положений, отражающих эффективность использования, прежде всего прогнозов в хозяйственной

практике. Здесь необходимо усвоить понятия и содержание метеорологической информации, базовую основу ее получения, требования, предъявляемые к текущей (исходной) и прогностической информации, дискретизацию ее и использование в экономике. Следует обратить внимание на экономическую значимость прогнозов при специализированном метеорологическом обеспечении отдельных отраслей. Отсюда возникает необходимость усвоения ряда положений, относящихся к оценке успешности метеорологических прогнозов. Это относится к краткосрочным, среднесрочным и долгосрочным прогнозам.

Необходимо обратить внимание на классификацию потребителей и особенности их специализированного метеорологического обеспечения. Следует особо выделить содержание и назначение коммерциализации специализированного метеорологического обеспечения.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Как классифицируется метеорологическая информация?
2. Экономическое значение метеорологической информации.
3. Почему специализированное метеорологическое обеспечение выделяется в особую форму представления метеорологической информации?
4. Чем отличается специализированное метеорологическое обеспечение от метеорологического обеспечения общего назначения?
5. В чем проявляются требования к специализированному метеорологическому обеспечению?
6. Дайте объяснение назначению стандартных прогнозов.
7. Для оценки каких прогнозов используется матрица весов?

### **Влияние погоды и климата на хозяйственную деятельность.**

#### **Вероятностные меры статистики.**

#### **Элементы теории статистических игр. Матрица потерь**

Следует уяснить известные в математике вероятностные характеристики (меры), оценку которых можно установить на основании матриц сопряженности порядка  $n \times m$ . Обратите внимание на матричную характеристику поведения «игроков» в теории статистических и стратегических игр. Особое внимание уделите методу минимакса и Сэвиджа. Необходимо уяснить содержание матрицы потерь как основы решения задачи выгодного использования прогнозов.

Здесь важно выделить два вида матричного представления функций потерь – при кардинальных и частичных мерах защиты.

### *Литература*

1. Хандожко Л.А. Экономическая метеорология. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – 490 с.
2. Хандожко Л.А. Практикум по экономике гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства. – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. – 311 с.
3. Хандожко Л.А. Оптимальные погодо-хозяйственные решения. – СПб.: изд. РГГМУ, 1999. – 161 с.

### *Вопросы для самопроверки*

1. Дайте характеристику матрицы выигрышей в теории стратегической игры.
2. В чем состоит принципиальное сходство и различие методов минимакса и Сэвиджа?
3. Раскройте содержание функций потерь и матрицы потерь.

### **Многопараметрические методы (оценки) использования метеорологической информации**

В этом разделе следует уяснить наиболее важные положения экономической метеорологии, раскрывающие методические подходы и математические решения задач оптимального использования метеорологической информации в экономике. Необходимо понимать различие использования текущей, прогностической и климатической информации, тщательно усвоить критерии оптимальности и оценку средних потерь при байесовском подходе. Это позволяет выбрать оптимальные хозяйственные решения и стратегии.

### *Литература*

1. Хандожко Л.А. Экономическая метеорология. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – 490 с.
2. Хандожко Л. А. Практикум по экономике гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства. – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. – 311с.
3. Хандожко Л. А. Оптимальные погодо-хозяйственные решения. – СПб.: изд. РГГМУ, 1999. – 161 с.
4. Жуковский Е.Е. Метеорологическая информация и экономические решения. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 303 с.

### *Вопросы для самопроверки*

1. Что означает оптимальное погодо-хозяйственное управление?
2. Перечислите основные критерии оптимальности.

3. Распишите нормированные потери при климатических стратегиях и стратегии ориентации на прогнозы.
4. Как формируется понятие «экономический эффект»?

### **Оптимизация использования метеорологической информации различными методами**

В этом разделе необходимо изучить известные методические подходы экономически выгодного учета, применения метеорологической информации, прогнозов особенно, в различных отраслях экономики.

В рамках байесовского подхода исследуется чувствительность потребителя к ожидаемым условиям погоды, численная характеристика зависимости его от погоды и климата, адаптация к ожидаемым условиям погоды, а также показатели экономической полезности; экономический эффект и экономическая эффективность. Эти вопросы требуют тщательной проработки.

В таких отраслях, как сельское хозяйство, энергетика, морской флот, строительство и других, в силу специфики хозяйственной деятельности оптимизация метеорологической информации и оценка экономической полезности ее использования требуют особого подхода к разработке функций потерь.

### ***Литература***

1. Хандожко Л.А. Экономическая метеорология. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – 490 с.
2. Хандожко Л.А. Практикум по экономике гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства. – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. – 311 с.
3. Хандожко Л.А. Оптимальные погодо-хозяйственные решения. – СПб.: изд. РГГМУ, 1999. – 161 с.
4. Жуковский Е.Е. Метеорологическая информация и экономические решения. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 303 с.
5. Хандожко Л.А., Коршунов А.А., Фокичева А.А. Выбор оптимального погодо-хозяйственного решения на основе прогноза опасных гидрометеорологических условий// Метеорология и гидрология. – 2003, № 1. – С. 5-17.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Какие показатели выражают зависимость потребителя от условий погоды. Объясните, в чем состоит чувствительность потребителя к погоде.

2. Что означает адаптация потребителя к ожидаемым условиям погоды и как можно выразить ее численно?
3. Раскройте содержание понятий «экономический эффект» и «экономическая эффективность».
4. Какие могут быть использованы стратегии в целях предотвращения потерь от заморозков в сельскохозяйственном производстве?
5. Какого вида потери возможны при централизованном теплоснабжении?
6. В чем состоит экономическая выгода оптимальных путей следования судов?
7. Какие явления и условия погоды являются опасными при выполнении строительных работ?
8. Назовите основные условия обеспечения метеорологической безопасности населения.

### **Задание 1**

#### **Оценить успешность альтернативных метеорологических прогнозов**

#### ***Литература***

1. Хандожко Л.А. Экономическая метеорология. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – 490 с.
2. Хандожко Л.А. Практикум по экономике гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства. – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. – 311 с.

Предварительно необходимо, используя учебник «Экономическая метеорология», усвоить следующие понятия:

1. Принципы разработки и содержание матрицы (таблицы) сопряженности метеорологических прогнозов  $\Pi_j \sim \Phi_j$ . Рассматриваются методические и инерционные прогнозы метеорологических величин и явлений погоды.
2. Дискретность матриц сопряженности в условиях различного регламента решений (действий) потребителя. Альтернативные и многофазовые прогнозы. Принципы Фишера.
3. Критерии оценки успешности альтернативных прогнозов и что они отражают.
4. Критерии оценки успешности многофазовых прогнозов метеорологических величин.

**Исходные данные.** Таблица оправдываемости (матрицы сопряженности) альтернативных метеорологических прогнозов (см. табл. 1). Это прогнозы явлений погоды (грозы, ливней, метелей, гололеда и др.) или метеорологических величин, разделенных на два состояния, в основном «опасное» и «неопасное».



**Задание 1** предусматривает расчет ряда критериев успешности. Такими критериями являются:  $p$  – общая оправдываемость;  $H$  – критерий надежности прогнозов по Багрову;  $Q$  – критерий точности прогнозов по Обухову;  $V$  – информационное отношение;  $\chi^2$  – критерий Пирсона;  $K$  – коэффициент сопряженности Чупрова;  $I$  – коэффициент связи Юла;  $A$  – коэффициент сходства;  $\lambda(P, \Phi)$  – меры Гутмана;  $\tau(P, \Phi)$  – меры Гудмана – Крускала.

Оценка выполняется для методических и инерционных (стандартных) прогнозов.

### Указания для выполнения Задания 1

Для удобства расчетов и понимания получаемых результатов предварительно приведем общий вид матрицы сопряженности метеорологических прогнозов (табл.1).

Таблица 1

**Матрица сопряженности метеорологических прогнозов  
(на примере прогноза гроз)**

Фактически наблюдалось, $\Phi_i$	Прогнозировалось, $\Pi_j$		$\sum_{j=1}^m n_j$
	$\Pi$	$\bar{\Pi}$	
$\Phi$	$n_{11}$	$n_{12}$	$n_{10}$
$\bar{\Phi}$	$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{20}$
$\sum_{i=1}^n n_i$	$n_{01}$	$n_{02}$	$N$

*Примечание.* Здесь элементами матрицы сопряженности являются значения  $n_{11}$ ,  $n_{21}$ ,  $n_{12}$  и  $n_{22}$ . Остальные – соответствующие суммы.

Обозначения:  $n_{11}$  – число случаев, когда явление прогнозировалось  $\Pi$  и фактически наблюдалось  $\Phi$ ;  $n_{22}$  – число случаев, когда явление не прогнозировалось  $\bar{\Pi}$  и не наблюдалось  $\bar{\Phi}$ ;  $n_{12}$  – число случаев, когда явление не прогнозировалось  $\bar{\Pi}$ , но фактически наблюдалось  $\Phi$ ;  $n_{21}$  – число случаев, когда явление прогнозировалось  $\Pi$ , но

фактически не наблюдалось  $\bar{\Phi}$ . Числа случаев  $n_{11}$  и  $n_{22}$  относятся к

оправдавшимися прогнозам, а  $n_{12}$  и  $n_{21}$  – к неоправдавшимся. Причем число случаев  $n_{12}$  характеризует ошибки – пропуски,  $n_{21}$  – ошибки-страховки. Суммы  $n_{10}$  и  $n_{20}$  – есть частоты фактически наблюдававшихся фаз  $\Phi$  и  $\bar{\Phi}$ , а другие  $n_{01}$  и  $n_{02}$  – частоты текстов прогнозов  $\Pi$  и  $\bar{\Pi}$ .

*Пример.* Оценить успешность альтернативных прогнозов скорости ветра в Санкт-Петербурге (октябрь – март 1998 – 2000 гг.) при  $V_{\text{пор}} \geq 12$  м/с.

Таблица 2

**Матрица сопряженности альтернативных суточных прогнозов скорости ветра по Санкт-Петербургу (для ОАО «Морской порт Санкт-Петербург»), октябрь – март 1998 – 2000 гг.,  $V \geq 12$  м/с**

Методические прогнозы, $\Pi_j$				Инерционные прогнозы, $\Pi_j$			
1				2			
Фактически было, $\Phi_i$	$\Pi$ ( $V \geq 12$ м/с)	$\bar{\Pi}$ ( $V=0-11$ м/с)	$\sum_{j=1}^m n_j$	Фактически было, $\Phi_i$	$\Pi$ ( $V \geq 12$ м/с)	$\bar{\Pi}$ ( $V=0-11$ м/с)	$\sum_{j=1}^m n_j$
$\Phi$ ( $V \geq 12$ м/с)	99	17	116	$\Phi$ ( $V \geq 12$ м/с)	53	63	116
$\bar{\Phi}$ ( $V=0-11$ м/с)	30	171	201	$\bar{\Phi}$ ( $V=0-11$ м/с)	63	138	201
$\sum_{j=1}^n n_i$	129	188	317	$\sum_{j=1}^n n_i$	116	201	317

1	2
<p>1. Общая оправдываемость методических прогнозов</p> $P_M = \frac{n_{11} + n_{22}}{N} \cdot 100\% = \frac{99 + 171}{317} \cdot 100\% = 85,2\%$ <p>Общая оправдываемость случайных прогнозов</p> $P_{сч} = \frac{n_{10}n_{01} + n_{20}n_{02}}{N^2} \cdot 100\% = \frac{116 \cdot 129 + 201 \cdot 188}{317^2} = 52,4\%$	<p>1. <math>P_{ин} = 60,2\%</math></p>
<p>2. Критерий надежности прогнозов по Багрову</p> $H_M = \frac{P_M - P_{сч}}{100 - P_{сч}} = \frac{32,8}{47,6} = 0,689$	<p>2. <math>H_{ин} = 0,149</math></p>
<p>3. Критерий точности прогнозов по Обухову</p> $Q_M = 1 - \left( \frac{n_{12}}{n_{10}} + \frac{n_{21}}{n_{20}} \right) = 0,704$	<p>3. <math>Q_M = 0,143</math></p>
<p>4. Информационное отношение</p> $V_M = \frac{I_M}{H(\Phi)}$ $H(\Phi) = - \left( \frac{n_{10}}{N} \lg \frac{n_{10}}{N} + \frac{n_{20}}{N} \lg \frac{n_{20}}{N} \right) = 0,285$ $H(\Pi) = - \left[ \frac{n_{01}}{N} \left( \frac{n_{11}}{n_{01}} \lg \frac{n_{11}}{n_{01}} + \frac{n_{21}}{n_{01}} \lg \frac{n_{21}}{n_{01}} \right) + \frac{n_{02}}{N} \left( \frac{n_{12}}{n_{02}} \lg \frac{n_{12}}{n_{02}} + \frac{n_{22}}{n_{02}} \lg \frac{n_{22}}{n_{02}} \right) \right] = 0,174$ $I_M = H(\Phi) - H(\Pi) = 0,111$ $V_M = 0,39$	<p>4. <math>V_{ин} = \frac{I_{ин}}{H(\Phi)}</math>  <math>H(\Phi) = 0,285</math>  <math>H(\Pi) = 0,281</math>  <math>I_M = 0,004</math>  <math>V_{ин} = 0,016</math></p>
<p>5. Критерий Пирсона</p> $\chi_M^2 = \frac{N[(n_{11}n_{22} - n_{12}n_{21}) - 0,5N]^2}{n_{10}n_{20}n_{01}n_{02}} = 152,4$	<p>5. <math>\chi_{ин}^2 = 7,1</math></p>
<p>6. Коэффициент связи Юла</p> $I_M = \frac{n_{11}n_{22} - n_{12}n_{21}}{n_{11}n_{22} + n_{12}n_{21}} = \frac{99 \cdot 171 - 17 \cdot 30}{99 \cdot 171 + 17 \cdot 30} = 0,942$	<p>6. <math>I_{ин} = 0,296</math></p>
<p>7. Коэффициент сходства (коэффициент качественной корреляции)</p> $A_M = \frac{n_{11}n_{22} - n_{12}n_{21}}{\sqrt{n_{10}n_{20}n_{01}n_{02}}} = \frac{99 \cdot 171 - 16 \cdot 30}{\sqrt{116 \cdot 129 \cdot 201 \cdot 188}} = 0,690$	<p>7. <math>A_{ин} = 0,143</math></p>

1	2
<p>8. Коэффициент сопряженности Чупрова</p> $K_M = \left( \frac{\chi^2}{N\sqrt{k_1-1}(k_2-1)} \right)^{1/2} = \left( \frac{152,42}{317\sqrt{(2-1)(2-1)}} \right)^{1/2} = 0,693$	<p>8. <math>K_{ин} = 0,150</math></p>
<p>9. Меры Гутмана</p> $\lambda(\Pi / \Phi)_M = \frac{\sum_j n_{j \text{ макс}} - n_{i0 \text{ макс}}}{N - n_{i0 \text{ макс}}} = \frac{A}{N - n_{i0 \text{ макс}}} =$ $= \frac{(99 + 171) - 201}{317 - 201} = \frac{69}{116} = 0,595$ $\lambda(\Phi / \Pi)_M = \frac{\sum_i n_{i \text{ макс}} - n_{0j \text{ макс}}}{N - n_{0j \text{ макс}}} = \frac{B}{N - n_{0j \text{ макс}}} =$ $= \frac{(99 + 171) - 188}{317 - 116} = \frac{82}{201} = 0,408$ $\lambda_M = \frac{A + B}{(N - n_{i0 \text{ макс}}) + (N - n_{0j \text{ макс}})} = \frac{69 + 82}{116 + 201} = 0,473$	<p>9. <math>\lambda(\Pi / \Phi)_{ин} = 0</math></p> <p><math>\lambda(\Phi / \Pi)_{ин} = 0</math></p> <p><math>\lambda_{ин} = 0</math></p>
<p>10. Меры Гудмэна-Крускала</p> $\tau(\Pi / \Phi)_M = \frac{\sum_i \sum_j [(Nn_{ij} - n_{i0}n_{0j})^2 / n_{0j}]}{N(N^2 - \sum_i n_{i0}^2)} = \frac{A_M}{N(N^2 - \sum_i n_{i0}^2)}$ $A_M = (317 \cdot 99 - 116 \cdot 129)^2 / 129 + (317 \cdot 30 - 201 \cdot 129)^2 / 129 +$ $+ (317 \cdot 17 - 116 \cdot 188)^2 / 188 + (317 \cdot 171 - 201 \cdot 188)^2 / 188 = 70475003$ $N(N^2 - \sum_i n_{i0}^2) = 14782344 \quad \tau(\Pi / \Phi)_M = 0,477$ $\tau(\Phi / \Pi)_M = \frac{\sum_i \sum_j [(Nn_{ij} - n_{i0}n_{0j})^2 / n_{i0}]}{N(N^2 - \sum_i n_{0j}^2)} = \frac{B_M}{N(N^2 - \sum_i n_{0j}^2)} = 0,477$ $\tau_M = \frac{\sum_i \sum_j [(Nn_{ij} - n_{i0}n_{0j})^2 / n_{0j}] + \sum_i \sum_j [(Nn_{ij} - n_{i0}n_{0j})^2 / n_{i0}]}{2N^3 - N(\sum_i n_{i0}^2 + \sum_i n_{0j}^2)} = 0,477$	<p>10. <math>A_{ин} = 304247,8</math></p> <p><math>\tau(\Pi / \Phi)_{ин} = 0,021</math></p> <p><math>B_{ин} = 304247,8</math></p> <p><math>\tau(\Phi / \Pi)_{ин} = 0,021</math></p> <p><math>\tau_{ин} = 0,021</math></p>

В силу несмещенности инерционных прогнозов выполняется равенство  $\tau(\Pi/\Phi)_{ин} = \tau(\Phi/\Pi)_{ин} = \tau_{ин}$ , что необязательно для методических прогнозов.

*Выводы.* Анализ результатов расчета ряда критериев показывают, что методические прогнозы предпочтительнее инерционных. Наиболее существенное различие обнаруживается по критериям  $V, \lambda, \tau$ .

## Задание 2

**Оценить успешность многофазовых метеорологических прогнозов**

### Литература

1. Хандожко Л.А. Практикум по экономике гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. – С. 60 – 80.
2. Хандожко Л.А. Оценка успешности метеорологических прогнозов. – Л.: Изд. ЛПИ (ЛГМИ), 1977. – С. 35 – 38.

**Исходные данные.** Используются матрицы сопряженности многофазовых метеорологических прогнозов. Как правило, это прогнозы метеорологических величин, обобщенные при заданных градациях в матрицу сопряженности.

**Задание 2** предусматривает расчет следующих критериев успешности:  $V$  – информационное отношение,  $K$  – показатель Чупрова,  $\lambda(\Pi/\Phi)$  – меры Гутмана,  $\tau(\Pi/\Phi)$  – меры Гудмэна-Крускала. Все необходимые рабочие формулы приведены в задании 1.

*Пример.* Приведены матрицы сопряженности многофазовых и инерционных прогнозов (табл. 3 и 4).

Таблица 3

**Матрица сопряженности многофазовых методических прогнозов скорости ветра в Санкт-Петербурге за 1980 – 1982 и 1989 – 1991 гг.**

		Прогноз, $\Pi_j$			$\sum_{j=1}^m n_j$
		6 – 11	12 – 17	18 – 25	
Факт, $\Phi_i$	6 – 11	870	157	5	1032
	12 – 17	187	179	51	417
	18 – 25	13	22	32	67
$\sum_{i=1}^n n_i$		1070	358	88	1516

Таблица 4

Матрица сопряженности многофазовых инерционных прогнозов скорости ветра в Санкт-Петербурге за 1980 – 1982 гг. и 1989 – 1991 гг.

		Прогноз, $\Pi_j$			$\sum_{j=1}^m n_j$
		6 – 11	12 – 17	18 – 25	
Факт, $\Phi_i$	6 – 11	650	356	26	1032
	12 – 17	356	37	24	417
	18 – 25	26	24	17	67
$\sum_{i=1}^n n_i$		1032	417	67	1516

Методические прогнозы	Инерционные прогнозы
1	2
<p>1. Информационное отношение</p> $H(\Phi) = 0,328$ $H(\Pi)_m = 0,273$ $V_m = \frac{0,328 - 0,273}{0,328} = 0,167$	<p>1. <math>H(\Phi) = 0,328</math></p> $H(\Pi)_{ин} = 0,304$ $V_{ин} = \frac{0,328 - 0,304}{0,328} = 0,071$
<p>2. Критерий Пирсона</p> $\chi_m^2 = \frac{\sum_i \sum_j (n_{ij} - n_{ij}^{cs})^2}{n_{ij}^{cs}} = 473,8$	<p>2. <math>\chi_{ин}^2 = 180,01</math></p>
<p>3. Коэффициент сопряженности Чупрова</p> $K_m = \left( \frac{\chi^2}{N\sqrt{k_1 - 1}(k_2 - 1)} \right)^{1/2} = \left( \frac{541,4}{644\sqrt{(3-1)(3-1)}} \right)^{1/2} = 0,395$	<p>3. <math>K_{ин} = 0,244</math></p>
<p>4. Меры Гутмана</p> $\lambda(\Pi / \Phi)_m = 0,07$ $\lambda(\Phi / \Pi)_m = 0,12$ $\lambda_m = 0,094$	<p>4. <math>\lambda(\Pi / \Phi)_{ин} = 0</math></p> $\lambda(\Phi / \Pi)_{ин} = 0$ $\lambda_{ин} = 0$
<p>5. Меры Гудмана-Крускала</p> $\tau(\Pi / \Phi)_m = 0,174$ $\tau(\Phi / \Pi)_m = 0,156$ $\tau_m = 0,165$	<p>5. <math>\tau(\Pi / \Phi)_{ин} = 0,064</math></p> $\tau(\Phi / \Pi)_{ин} = 0,064$ $\tau_{ин} = 0,064$

Преимущество методических прогнозов относительно инерционных бесспорно.

### Задание 3

**Установить оптимальную хозяйственную стратегию потребителя на основании прогностической информации**

#### Литература

1. Хандожко Л.А. Экономическая метеорология. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2005. – 490 с.
2. Хандожко Л.А. Практикум по экономике гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. – 311 с.
3. Хандожко Л.А. Оптимальные погодо-хозяйственные решения. – СПб.: Изд. РГГМУ, 1999. – 161 с.

1. В качестве исходящих метеорологических данных можно использовать результаты прогнозирования, представленные в задании 1 (матрица сопряженности методических и инерционных прогнозов).

2. Потребителей прогностической информации будем характеризовать известным отношением «затрат к убыткам»  $C/L$ , где  $C$  – затраты потребителя на предупредительные меры, а  $L$  – прямые потери потребителя, если соответствующие меры не приняты. Задается условие, что потребитель принимает «кардинальные меры защиты».

В целях ограничения и упрощения расчетных операций выберем следующие отношения  $C/L$ :

$C/L$	0,01	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
$[s_{ij}] \frac{\text{тыс. р.}}{\text{прогноз}}$	$\begin{vmatrix} 1 & 100 \\ 1 & 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 10 & 100 \\ 10 & 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 20 & 100 \\ 20 & 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 40 & 100 \\ 40 & 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 60 & 100 \\ 60 & 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 80 & 100 \\ 80 & 0 \end{vmatrix}$

*Примечание.* В матрице потерь  $[s_{ij}]$  элементы  $s_{11}$  и  $s_{21}$  принимаются равными, а величина  $s_{12}$  (прямые потери) выдается постоянной. Здесь  $s_{11} = s_{21} = C$ ;  $s_{12} = L$ .

3. Рассчитываются следующие пороговые показатели:

а) пороговая оправдываемость прогнозов –  $p_{пор}$ . Если  $p_{10} > C/L$ , то пороговая оправдываемость находится по формуле:

$$p_{пор} = 1 - 2 C/L(1 - p_{10}).$$

В случае  $p_{10} < C/L$ ,

$$p_{пор} = 1 - 2 p_{10}(1 - C/L),$$

где  $p_{пор} = n_{10}/N$ .

Оптимальная стратегия устанавливается на основании следующего правила:

$$S_{opt} = \left\{ \begin{array}{l} p_{10} > C/L \rightarrow S_{кл.1.} \\ p_{10} < C/L \rightarrow S_{кл.2.} \end{array} \right\} p_m > p_{пор} \rightarrow S_n,$$

где  $p_m = \frac{n_{11} + n_{22}}{N} \cdot 100\%$  – общая оправдываемость методических прогнозов.

б) безразмерный параметр экономической результативности прогнозов:

$$\beta = \frac{s_{22} - s_{21}}{s_{11} - s_{12}}.$$

Определяются два метеорологических параметра:

$$\chi_1 = p_{11}/p_{21}; \quad \chi_2 = p_{12}/p_{22}.$$

Выбор потребителем предпочтительной (оптимальной) хозяйственной стратегии  $S_{opt}$  определяется правилом:

$$S_{opt} = \left\{ \begin{array}{l} \beta < \chi_2 \rightarrow S_{кл.1} \\ \chi_2 < \beta < \chi_1 \rightarrow S_n \\ \beta > \chi_1 \rightarrow S_{кл.2} \end{array} \right.,$$

в) условные вероятности  $q_{11} = n_{11}/n_{01}$  и  $q_{12} = n_{12}/n_{02}$ . Используется следующее правило выбора оптимальной стратегии.



$$S_{\text{оnm}} = \begin{cases} p_{10} > C/L & \begin{cases} q_{12} > C/L \rightarrow S_{\text{кл.1.}} \\ q_{12} < C/L \rightarrow S_n. \end{cases} \\ p_{10} < C/L & \begin{cases} q_{11} > C/L \rightarrow S_n. \\ q_{11} < C/L \rightarrow S_{\text{кл.2.}} \end{cases} \end{cases},$$

г) показатель успешности прогнозов

$$Q^* = q_{11} - q_{12} = (q_{11} + q_{22}) - 1 = \left( \frac{n_{11}}{n_{01}} + \frac{n_{22}}{n_{02}} \right) - 1.$$

Прогнозы будут экономически выгодны, если

$$Q^* > Q_{\text{мин}}^* = \begin{cases} p_{10} - C/L \text{ при } p_{10} > C/L \\ C/L - p_{10} \text{ при } p_{10} < C/L \end{cases} \rightarrow S_n.$$

В случае несмещенных прогнозов величина  $Q^*$  совпадает с критерием успешности Обухова  $Q$  и экономическая выгода прогнозов должна определяться условием

$$(Q = Q^*) > (Q, Q^*)_{\text{мин}} \begin{cases} \frac{p_{10} - C/L}{p_{10}} \text{ при } p_{10} > C/L \\ \frac{C/L - p_{10}}{1 - p_{10}} \text{ при } p_{10} < C/L \end{cases}.$$

**Расчеты могут выполняться индивидуально по материалам, выдаваемым преподавателем.**

#### Задание 4

Оценить экономический эффект и экономическую эффективность использования метеорологических прогнозов

*Пример.* Оценить экономическую полезность альтернативных прогнозов скорости ветра в Амдерме в 1981–1982 гг. (холодный период).

Таблица 5

Матрицы сопряженности прогнозов скорости ветра в Амдерме в 1981–1982 гг. (холодный период)

Методические прогнозы ( $V_{шт} \geq 15$ м/с)				Инерционные прогнозы ( $V_{шт} \geq 15$ м/с)			
1				2			
Фактически было, $\Phi_i$	Прогнозировалось, $\Pi_j$		$\sum_j$	Фактически было, $\Phi_i$	Прогнозировалось, $\Pi_j$		$\sum_j$
	$\geq 15$ м/с	0–14 м/с			$\geq 15$ м/с	0–14 м/с	
$\geq 15$ м/с	71	13	84	$\geq 15$ м/с	55	29	84
0–14 м/с	25	103	128	0–14 м/с	29	99	128
$\sum_i$	96	116	212	$\sum_i$	84	128	212

Матрицы потерь (тыс. рублей) имеют общий вид:

$$s_{ij} = \begin{array}{c|cc} & d(\Pi) & d(\bar{\Pi}) \\ \hline \Phi & s_{11} + \varepsilon & s_{12} \\ \hline \bar{\Phi} & s_{21} & s_{22} = 0 \end{array} = \begin{array}{c|c} C + \varepsilon L & L \\ \hline C & 0 \end{array}$$

Будем задавать  $\varepsilon$  в пределах от 0 до 1.

Пусть (для примера) матрица потерь имеет вид:

$$s_{ij} = \begin{array}{c|cc} & d(\Pi) & d(\bar{\Pi}) \\ \hline \Phi & 25 + 50 & 250 \\ \hline \bar{\Phi} & 25 & 0 \end{array} \cdot \begin{array}{l} \text{тыс. р} \\ \text{прогноз} \end{array}$$

Здесь  $\varepsilon = \frac{50}{250} = 0,20$ ;  $\frac{C}{L} = \frac{25}{250} = 0,1$ ;  $\frac{C}{L(1-\varepsilon)} = \frac{25}{250 \cdot 0,8} = 0,125$ .

Экономический эффект (тыс. р.) рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E} = \beta \cdot N[(\bar{R}_{cm} - \bar{R}_m) - \mathcal{Z}_{nn}],$$

где  $\beta = 0,7$  – коэффициент долевого участия системы Росгидромета в получении экономического эффекта;  $N$  – общее число прогнозов;  $\bar{R}_{cm}$  – средние потери при использовании стандартных прогнозов ( $\bar{R}_{cn}$ ,  $\bar{R}_{кл.2}$ ,  $\bar{R}_{кл.1}$ ,  $\bar{R}_{ин}$ ),  $\mathcal{Z}_{nn}$  – стоимость единицы прогностической информации; условно примем  $\mathcal{Z}_{nn} = 100$  р/прогноз (или 0,1 тыс.р/прогноз).

Рабочая формула для расчета средних потерь при различных стратегиях потребителя и мерах защиты имеет вид:

$$\bar{R}_m = \frac{1}{N} [n_{11}(s_{11} - s_{12}(1 - 2\varepsilon)) + n_{21}s_{21} + n_{12}s_{12}].$$

Экономический эффект использования метеорологических прогнозов устанавливается при выборе соответствующего базового условия – стандартного прогноза:

$$\mathcal{E}_1 = 0,7N(\Delta\bar{R}_m^{ин} - \mathcal{Z}_{nn});$$

$$\mathcal{E}_2 = 0,7N(\Delta\bar{R}_m^{кл.1} - \mathcal{Z}_{nn});$$

$$\mathcal{E}_3 = 0,7N(\Delta\bar{R}_m^{кл.2} - \mathcal{Z}_{nn});$$

$$\mathcal{E}_4 = 0,7N(\Delta\bar{R}_m^{cn} - \mathcal{Z}_{nn}).$$

Дополнительно оценивается потенциальный экономический эффект идеальных прогнозов. Для этого определяется величина  $\Delta\bar{R}_{ид}^M = \bar{R}_m - \bar{R}_{ид}^M$ , которая характеризует сбереженные материальные ценности при условии идеальной успешности оперативных метеорологических прогнозов ( $n_{12}=0$ ,  $n_{21}=0$ ):

$$\mathcal{E}_0 = 0,7N(\bar{R}_{ид}^M - \mathcal{Z}_{nn}).$$

Экономическая эффективность рассчитывается по формуле:

$$P = \frac{\mathcal{E}}{N\bar{Z}_{nn}} = 0,7 \left( \frac{\bar{R}_{cm} - \bar{R}_m}{\bar{Z}_{nn}} - 1 \right).$$

Формула показывает, сколько средств возвращается хозяйству на каждый рубль затрат на прогнозы.

Используя матрицу сопряженности метеорологических прогнозов (табл. 5) и характеристику потребителей в виде матрицы потерь, оценим экономическую полезность этих прогнозов применительно к морскому порту.

Предварительно рассчитываются средние потери. Формула для расчета  $\bar{R}_m$  приведена выше. Примем здесь  $\bar{Z}_{nn} = 0,1$  тыс. р/прогноз,  $\epsilon = 0,2$ . Результаты расчетов представлены ниже:

$$\begin{aligned} \bar{R}_m &= -23,58 \text{ тыс. р}, \bar{R}_{nn} = 5,19 \text{ тыс. р}, \\ \mathcal{E} &= 4255,16 \text{ тыс. р}, P = 200,7. \end{aligned}$$

Дополнительно следует рассчитать экономическую эффективность  $P_0$  и экономический эффект  $\mathcal{E}_0$  при использовании идеальных прогнозов. Сопоставлении величин  $\mathcal{E}_0$  и  $\mathcal{E}_1$  позволяет оценить потенциальные возможности оперативных методических прогнозов.

### **Задание 5** **Оценить экономическую полезность прогнозов** **весенних заморозков**

#### **Литература**

1. Хандожко Л.А. Практикум по экономике гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства. – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. – 311 с.
2. Хандожко Л.А. Методика оценки экономического эффекта прогнозов весенних заморозков. – М.: Гидрометеиздат, 1989. – 13 с.

Обратимся к примеру оценки, в котором раскрываются алгоритм и технология расчета. Матрица сопряженности прогнозов заморозков рассматривается в пределах одного весеннего сезона или ряда сезонов, в пределах которых возможны заморозки.

Таблица 6

Матрицы сопряженности методических и инерционных прогнозов заморозков по одному из совхозов Ленинградской области за семь лет (с 5 мая по 15 июня)

Методические прогнозы ( $V_{шт} \geq 15$ м/с)				Инерционные прогнозы ( $V_{шт} \geq 15$ м/с)			
1				2			
Фактически было, $\Phi_i$	Прогнозировалось, $\Pi_j$		$\sum_j$	Фактически было, $\Phi_i$	Прогнозировалось, $\Pi_j$		$\sum_j$
	$\Pi$ ( $t < 0$ °С)	$\bar{\Pi}$ ( $t > 0$ °С)			$\Pi$ ( $t < 0$ °С)	$\bar{\Pi}$ ( $t > 0$ °С)	
$\Phi$ ( $t < 0$ °С)	42	3	45	$\Phi$ ( $t < 0$ °С)	26	19	45
$\bar{\Phi}$ ( $t > 0$ °С)	27	222	249	$\bar{\Phi}$ ( $t > 0$ °С)	19	230	249
$\sum_i$	69	225	294	$\sum_i$	45	249	294

Примечание. Фактические данные по метеостанции г. Пушкин, прогностические – Гидрометцентра СЗ УГМС.

Для разработки матрицы потерь необходимо установить:

1. Вид высаживаемой в открытый грунт овощной культуры. В данном примере – капуста, огурцы, томаты.
2. Площадь посадки  $S = 100$  га.
3. Стоимость затрат на меры защиты (дождевание):  
 $s_{11} = s_{21} = C = 300 \text{ р/га} \times 100 \text{ га} = 30 \text{ тыс. р.}$
4. Общие затраты на выращивание рассады  $C_1$  и посадки в открытый грунт  $C_2$ . По данным потребителя  $H = C_1 + C_2 = 300 \text{ тыс. р.}$

$$\text{Отсюда } s_{12} = L = 2H \bar{\kappa} S = 2 \cdot 300 \cdot 0,3 \cdot 100 = 18 \text{ млн. р.}$$

Здесь  $\bar{\kappa} = 0,3$  - степень повреждения рассады при заморозке и принятых мерах защиты.

В итоге матрица потерь для данного потребителя получает следующее выражение:

$\Phi_i$	$d(\Pi_j)$		$\frac{\text{млн. р.}}{\text{прогноз}}$
	$d(\Pi)$	$d(\bar{\Pi})$	
$\Phi$	0,03+5,4	18,0	
$\bar{\Phi}$	0,03	0	

Здесь  $\varepsilon s_{12} = \varepsilon L = 0,3 \cdot 18 = 5,4$  млн. р.

Находим далее средние (байесовские) потери при использовании оперативных методических прогнозов за семь весенних сезонов:

$$\begin{aligned} \bar{R}_m &= \frac{1}{N} [n_{11}(s_{11} - s_{12}(1 - 2\varepsilon)) + n_{21}s_{21} + n_{12}s_{12}] = \\ &= \frac{1}{294} [42 \cdot (0,03 - 18(1 - 2 \cdot 0,3)) + 27 \cdot 0,03 + 3 \cdot 18] = -0,838 \text{ млн. р.} \end{aligned}$$

Отрицательные потери указывают на выгоду использования методических прогнозов

$$\bar{R}_{m1} = \frac{1}{294} [26 \cdot (0,03 - 18(1 - 2 \cdot 0,3)) + 19 \cdot 0,03 + 19 \cdot 18] = 0,531 \text{ млн. р.}$$

Если бы потребитель постоянно применял меры защиты (Практикум, с. 146), его потери составили бы величину

$$\bar{R}_{кст.1} = \frac{1}{N} [(s_{11} + \varepsilon \cdot s_{12})n_{10} + s_{21}n_{20}] = \frac{1}{294} [(0,03 + 5,4) \cdot 45 + 0,03 \cdot 249] = 0,857 \text{ млн. р.}$$

Отсюда очевидно, что оптимальной стратегией является ориентация потребителя на методические прогнозы.

Находим экономический эффект использования прогнозов заморозков для данного совхоза при условии  $Z_{оп} = 1000$  р. = 0,001 млн. р.

$$\mathcal{E} = \beta \cdot N [(\bar{R}_m - \bar{R}_{кст.1}) - Z_{оп}] = 0,7 \cdot 294 [(0,531 - (-1,003)) - 0,001] = 281,53 \text{ млн. р.}$$

За один весенний сезон

$$\mathcal{E} = \frac{281,53}{7} = 40,22 \text{ млн. р.}$$

Экономическая эффективность использования прогнозов составила:

$$P = \frac{\mathcal{E}}{N3_{nn}} = \frac{281,53}{294 \cdot 0,001} = 957,6.$$

Отсюда следует: на один рубль затрат на разработку оперативных прогнозов (по данным Гидрометцентра России) потребитель получает сбережение средств (материальных ценностей) на 957,6 р.

## Приложение

В Приложении приведены фактические данные за предыдущие годы как по обобщениям «прогноз – факт» ( $\Pi_j \sim \Phi_j$ ) в виде матриц сопряженности альтернативных метеорологических прогнозов, так и по экономическим результатам (последствиям) принимаемому потребителем оперативных погодо-хозяйственных решений ( $d(\Pi_j) \sim \Phi_j$ ) в виде матриц потерь.

Предусматривается использование матриц сопряженности прогнозов при оценке их *успешности* и *экономической полезности*.

### 1. Оценка успешности оперативных метеорологических прогнозов

Рассматриваются критерии:  $p$ ,  $H$ ,  $Q$ ,  $V$ . Результаты расчетов заносятся в таблицу вида:

Критерии успешности	Методические прогнозы	Инерционные прогнозы	$\Delta = y_{ин} - y_m$	Число знаков после запятой
$P$	x	x	x	0,0
$P_{сл}$	x	—	—	0,000
$H$	x	x	x	0,000
$Q$	x	x	x	0,000
$H(\Phi)$	x	x	x	0,0000
$H(\Gamma)$	x	x	x	0,0000
$I$	x	x	x	0,0000
$V$	x	x	x	0,000

### 2. Оценка показателей погодо-зависимости потребителей и экономической полезности оперативных метеорологических прогнозов

Решение задачи предусматривает использование матриц сопряженности прогнозов (обобщение результатов прогнозирования), так и матриц потерь ( $s_{ij}$ ). Последовательность выполнения расчетов показателей, отражающих экономико-метеорологическую характеристику потребителя  $\left( \frac{C}{L}, \frac{C}{L(1-\varepsilon)} \right)$  и экономическую полезность про-



гнозов, приведена ниже.

Учитывая сложности в приобретении оперативной информации от потребителя, были использованы известные ранее сведения об экономических последствиях принимаемых погодо-хозяйственных решений. Они были получены в разные годы. Некоторые из них пересчитаны к периоду последних лет с помощью индекса-дефлятора ( $Y=3,82$ ). Поэтому приведенные здесь значения элементов матриц потерь следует рассматривать с определенной условностью.

Тем не менее они дают полное представление о возможном содержании матриц потерь, которые необходимо разрабатывать совместно с потребителем. Эта практика хорошо известна, а решения рекомендуемых здесь задач позволяют освоить достаточно простую технологию оценки экономической полезности метеорологических прогнозов, что рассматривается как целевая задача специализированного гидрометеорологического обеспечения.

### **Рекомендуемый порядок расчетов**

1. Рассчитываются показатели влияния погодных условий:

$$\frac{C}{L}, \frac{C}{L(1-\varepsilon)}, W_m, W_{ин}.$$

2. Определяются средние потери ( $\overline{R}_m$ ) при использовании потребителем оперативных методических прогнозов.

3. Определяются средние потери ( $\overline{R}_{ин}$ ) в случае, если бы потребитель использовал инерционные прогнозы.

4. Дается оценка экономического эффекта ( $\mathcal{E}$ ) применения потребителем в хозяйственной практике оперативных методических прогнозов.

5. Рассчитывается экономическая эффективность ( $P$ ) использования оперативных методических прогнозов.

6. Необходимо установить, насколько существенно показатель адаптации ( $W$ ), экономический эффект и экономическая эффективность отличаются от условий:

а) потребитель использует кардинальные меры защиты ( $\varepsilon=0$ );

- б) потребитель получает идеальные прогнозы  $n_{12}=0$  и  $n_{21}=0$ . В этом случае в матрице сопряженности методических прогнозов  $n_{11} = n_{10}$  и  $n_{22} = n_{20}$ . Значения элементов в матрице сопряженности инерционных прогнозов сохраняются прежними.

Во всех задачах оценки показателей полезности прогнозов будем использовать  $З_{пн} = 1000$  р (или 0,001 млн. р).

### Задача 1

Матрицы сопряженности прогнозов скорости ветра по юго-востоку Балтийского моря (1983 – 1986 гг.,  $\tau = 24$  ч.)

методические прогнозы  
 $V_{пор} \geq 12$  м/с

240	12	252
77	214	291
317	226	543

инерционные прогнозы  
 $V_{пор} \geq 12$  м/с

168	84	252
84	207	291
252	291	543

Матрица потерь (морской порт) при  $V_{пор} \geq 12$  м/с

$s_{ij} =$		$d(\Pi)$	$d(\bar{\Pi})$	, тыс . р прогноз
	$\phi$	8+19	96	
	$\bar{\phi}$	8	0	

Примечание. Матрица потерь восстановлена по данным 90-х годов с учетом индекса-дефлятора ( $Y=3,82$ ). Здесь  $\varepsilon = 19/96 = 0,198 \approx 0,20$

### Варианты задачи

- Вариант 1.  $\varepsilon = 0,10$   
 Вариант 2.  $\varepsilon = 0,15$   
 Вариант 3.  $\varepsilon = 0,20$   
 Вариант 4.  $\varepsilon = 0,25$   
 Вариант 5.  $\varepsilon = 0,30$

- Вариант 6.  $\varepsilon = 0,35$   
 Вариант 7.  $\varepsilon = 0,40$   
 Вариант 8.  $\varepsilon = 0,45$   
 Вариант 9.  $\varepsilon = 0,50$   
 Вариант 10.  $\varepsilon = 0,55$

При оценке экономического эффекта ( $\mathcal{E}$ ) и экономической эффективности ( $P$ ) следует принять величину  $Z_{пл} = 1000$  р. (или 0,001 млн. р.).

## Задача 2

Матрицы сопряженности прогнозов скорости ветра  
для ОАО «Морской порт Санкт-Петербург»  
(октябрь – март 2000 – 2004 гг.,  $\tau = 24$  ч.)

методические прогнозы

$V_{пор} \geq 12$  м/с

72	6	78
55	291	346
127	297	424

инерционные прогнозы

$V_{пор} \geq 12$  м/с

28	50	78
50	296	346
78	346	424

Матрица потерь для данного потребителя при  $V_{пор} \geq 12$  м/с

$$s_{ij} = \begin{array}{c|cc} & d(\Pi) & d(\bar{\Pi}) \\ \hline \Phi & 59+64 & 165 \\ \hline \bar{\Phi} & 59 & 0 \end{array} \cdot \frac{\text{тыс. р.}}{\text{прогноз}}$$

Расчеты выполнить согласно выбранным вариантам задачи.

### Варианты задачи

Вариант задачи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\varepsilon$	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55

### Задача 3

Матрицы сопряженности прогнозов скорости ветра  
по региону Мурманск – Архангельск  
(1983 – 1990 гг.,  $\tau = 24$  ч.)

методические прогнозы  
 $V_{пор} \geq 12$  м/с

268	55	323
98	1053	1151
366	1108	1474

инерционные прогнозы  
 $V_{пор} \geq 12$  м/с

160	163	323
147	1004	1151
307	1167	1474

Матрица потерь для данного потребителя  
(морские порты Мурманск, Архангельск) при  $V_{пор} \geq 12$  м/с

		$d(\Pi)$	$d(\bar{\Pi})$	
$s_{ij} =$	$\Phi$	$0,14 + \frac{0,8}{5}$	2,11	, $\frac{\text{млн} \cdot p}{\text{прогноз}}$
	$\bar{\Phi}$	0,14	0	

Расчеты показателей экономической полезности выполняются  
согласно выбранным вариантам задачи:

#### Варианты задачи

Вариант задачи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\varepsilon$	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55

#### Задача 4

Матрицы сопряженности прогнозов скорости ветра (при пороговом значении  $V_{пор} \geq 15$  м/с) во Владивостоке по данным за 1991 – 1992 гг. ( $\tau = 24$  ч.,  $N=183$  (ссылка приведена в «Практикуме»))

Матрицы сопряженности прогнозов скорости ветра ( $V_{пор} \geq 15$  м/с) во Владивостоке  
(октябрь – март 1991 – 1992 гг.,  $\tau = 24$  ч.,  $N=183$ )

методические прогнозы  
 $V_{пор} \geq 15$  м/с

43	3	46
14	123	137
57	126	183

инерционные прогнозы  
 $V_{пор} \geq 15$  м/с

23	23	46
23	114	137
46	137	183

Матрица потерь для морского порта г. Владивосток при  $V_{пор} \geq 15$  м/с

$$s_{ij} = \begin{array}{c|cc} & d(\Pi) & d(\bar{\Pi}) \\ \hline \Phi & 7,9+5,1 & 42,6 \\ \hline \bar{\Phi} & 7,9 & 0 \end{array} \quad , \frac{\text{тыс. р.}}{\text{прогноз}}$$

*Примечание.* Расчет элементов матрицы выполнен по данным за 1987 и 1991 гг. («Практикум»)

С учетом индекса-дефлятора

$$s_{ij} = \begin{array}{c|cc} & d(\Pi) & d(\bar{\Pi}) \\ \hline \Phi & 30,2+19,5 & 162,7 \\ \hline \bar{\Phi} & 30,2 & 0 \end{array} \quad , \frac{\text{тыс. р.}}{\text{прогноз}}$$

Расчеты показателей экономической полезности прогнозов выполняются для выбранного варианта задачи.

### Варианты задачи

Вариант задачи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\epsilon$	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55

### Задача 5

Матрицы сопряженности прогнозов заморозков по Европейской территории России ( $\tau = 24$  ч., данные за отдельные годы 30 - летнего периода (70-е – 90-е годы) по ряду пунктов ЕТР)

#### Методические прогнозы

I зона севернее 60°с.ш.	II зона 60 – 55°с.ш.	III зона южнее 55°с.ш.
$\begin{vmatrix} 44 & 16 & 60 \\ 14 & 203 & 217 \\ 58 & 219 & 277 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 241 & 37 & 278 \\ 186 & 1455 & 1641 \\ 427 & 1429 & 1919 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 906 & 108 & 1014 \\ 792 & 6670 & 7462 \\ 1698 & 6778 & 8476 \end{vmatrix}$

#### Инерционные прогнозы

I зона севернее 60°с.ш.	II зона 60 – 55°с.ш.	III зона южнее 55°с.ш.
$\begin{vmatrix} 41 & 19 & 60 \\ 19 & 198 & 217 \\ 60 & 217 & 277 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 158 & 120 & 278 \\ 120 & 1521 & 1641 \\ 278 & 1641 & 1919 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 458 & 556 & 1014 \\ 556 & 6906 & 7462 \\ 1014 & 7462 & 8476 \end{vmatrix}$

На основании данных того периода лет (70-90 гг.) были получены следующие матрицы потерь (тыс. р./прогноз,  $\varepsilon=0$ ):

I зона	II зона	III зона
$\begin{vmatrix} 1,28 & 21,0 \\ 1,28 & 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 5,6 & 49,6 \\ 5,6 & 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 2,9 & 28,0 \\ 2,9 & 0 \end{vmatrix}$

Допускаем, что при отсутствии кардинальности защиты, высаженные в открытый грунт растения в случае заморозка погибают на 15 % площади ( $\bar{\kappa}=0,15$ ). Возникают непредотвращенные потери  $\varepsilon s_{12} = \bar{\kappa} s_{12}$ . Отсюда матрицы потерь при  $\varepsilon > 0$  будут иметь иной вид:

$\begin{vmatrix} 1,28 + 3,15 & 21,0 \\ 1,28 & 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 5,6 + 7,44 & 49,6 \\ 5,6 & 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 2,9 + 4,2 & 28,0 \\ 2,9 & 0 \end{vmatrix}$
--	--	---

С учетом индекса-дефлятора ( $Y=3,82$ ) получаем на сегодня ориентировочно для данного потребителя следующие матрицы потерь:

$\begin{vmatrix} 4,89 + 12,03 & 80,22 \\ 4,89 & 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 21,39 + 28,42 & 189,47 \\ 21,39 & 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 11,08 + 16,04 & 106,96 \\ 11,08 & 0 \end{vmatrix}$
--	---	---

Результаты, полученные при выполнении задания, обсуждаются на занятии, где возможны уточнения расчетов и ответы на возникшие вопросы.