Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**М Е Т О Д И Ч Е С К И Е У К А З А Н И Я**

по дисциплине

«Гидрологическое обеспечение

хозяйственной деятельности»

Направление подготовки: 280400 $–$ Прикладная гидрометеорология

Квалификация: бакалавр гидрометеорологии



Санкт-Петербург, 2014

УДК 330:556.18

*Одобрено методической комиссией гидрологического факультета*

 Гидрологическое обеспечение хозяйственной деятельности. Методические указания. – СПб: РГГМ, 2014, …..с.

 Методические указания содержат рекомендации по изучению разделов дисциплины, вопросы для самопроверки, задания контрольной работы.

Составитель Г.Н. УГРЕНИНОВ

Ответственный редактор Н.Б. БАРЫШНИКОВ

 © Г.Н. Угренинов, 2014

 © Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), 2014

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Дисциплина «Гидрологическое обеспечение хозяйственной деятельности» призвана сформировать у студентов заочников представление о круге прикладных задач гидрометеорологии и, прежде всего, гидрологии. Последовательность изложения материала соответствует программе дисциплины. В заключение приведён порядок выполнения и исходные данные десяти вариантов контрольных работ.

Проработка разделов программы по рекомендованной литературе путём ответов на вопросы для самопроверки, а также выполнение контрольной работы явятся достаточной подготовкой к заключительному курсу лекций на лабораторно-экзаменационной сессии.

В результате изучения курса студенты должны получить чёткое представление об экономических аспектах деятельности гидрометеорологов, овладеть методами поиска научно обоснованных решений на базе гидрологической информации, приобрести навыки количественной оценки экономического эффекта гидрологического обеспечения хозяйственной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

О с н о в н а я

1. Угренинов Г.Н. Гидрологическое обеспечение народного хозяйства. – Л.: изд. ЛПИ, 1986. -83 с. (ЛГМИ).
2. Угренинов Г.Н. Гидрологическое обеспечение хозяйственной деятельности. – СПб.: РГГМУ, 2014. -…. с.

Д о п о л н и т е л ь н а я

1. Гидрометеорология и народное хозяйство. – М.: Гидрометеоиздат, 1976. -352 с.
2. Жуковский Е.Е. Метеорологическая информация и экономические решения. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. -304 с.
3. Монокрович Э.И. Гидрометеорологическая информация в народном хозяйстве. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. -176 с.
4. Хандожко Л.А. Экономическая метеорология – СПб.: Гидрометеоиздат, 2005. -492 с.
5. Эффективность гидрометеорологического обслуживания народного хозяйства – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. -164 с.

УКАЗАНИЯ ПО РАЗДЕЛАМ

**Введение**

Гидрологическое обеспечение хозяйственной деятельности включает в себя комплекс работ:

- мероприятия по содержанию, рационализации и развитию сети наблюдений;

- сбор, обработка и передача гидрологической информации в форме, приемлемой для субъектов хозяйственной деятельности;

- систематизация и обобщение многолетних сведений о гидрологических явлениях;

- создание методов расчета характеристик гидрологического режима;

- экспедиционное обследование неизученных или слабоизученных водных объек-тов;

- прогноз гидрологических явлений;

- участие в оптимизации хозяйственных решений на основе гидрологической информации;

- оценка экономического эффекта гидрологического обеспечения хозяйственной деятельности.

Состав и способы выполнения работ подробно рассматриваются в курсах «Методы и средства гидрометеорологических наблюдений», «Общая гидрология», «Гидрологические расчёты», «Гидрологические прогнозы». Во избежание дублирования эти виды гидрологического обеспечения рассматриваются лишь с точки зрения более тесной увязки состава, объёма и формы гидрологической информации с нуждами субъектов хозяйственной деятельности. В дальнейшем для краткости будем именовать такие организации п о т р е б и т е л я м и.

При изучении дисциплины особое внимание уделяется экономическим аспектам гидрометеорологического обеспечения потребителей.

 ЛИТЕРАТУРА

1. [1], с. 3-5.
2. [2], с. 6-11.

*Вопросы для самопроверки*

1. Каковы задачи гидрологического обеспечения хозяйственной деятельности?
2. Каких потребителей гидрологической информации Вы знаете?

**Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды**

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) находится в составе Министерства природных ресурсов и экологии.

В структуру Росгидромета входят 8 Департаментов (по числу федеральных округов) и 23 Управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (федеральные государственные бюджетные учреждения – территориальные УГМС).

Территории субъектов Российской Федерации обслуживают филиалы УГМС – Центры по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС).

Сеть гидрологических наблюдений включает гидрометеорологические станции (ГМС) 1- го, 2 –го разрядов и гидрологические посты (ГП) 1- го, 2 –го и 3-го разрядов.

Непосредственное гидрологическое обеспечение хозяйственной деятельности осуществляют ЦГМС.

 ЛИТЕРАТУРА

1. [1], с. 6-10.
2. [2], с. 6-11.

*Вопросы для самопроверки*

1. Какова структура Росгидромета?
2. Какие подразделения Росгидромета осуществляют оперативное гидрометеорологическое обеспечение хозяйственной деятельности?
3. По какому принципу назначаются разряды ГМС и ГП?

**Регулярная, эпизодическая и экстренная гидрологическая информация**

Часть опорной сети Росгидромета привлечена к оперативной передаче текущей информации непосредственно после производства наблюдений и измерений.

Р е г у л я р н а я информация обеспечивает специалистам оперативных подразделений Росгидромета возможность осуществлять непрерывный контроль за состоянием водных объектов и прогнозировать дальнейшее развитие гидрологических процессов.

Э п и з о д и ч е с к а я информация – по составу и срокам передачи и продолжительности осуществления этого вида обслуживания – всецело зависит от запросов потребителей.

К э с т р е н н о й информации о неблагоприятных гидрологических явлениях (НГЯ) и опасных гидрологических явлениях (ОЯ) привлекаются все гидрологические посты, действующие на водных объектах.

 ЛИТЕРАТУРА

1. [1], с. 11-18.
2. [2], с. 15-26.

*Вопросы для самопроверки*

1. Каково назначение и каков состав регулярной гидрологической информации?
2. Что такое НГЯ и ОЯ; каковы критерии наступления ОЯ?
3. Что представляет собой г и д р о л о г и ч е с к и й б ю л л е т е н ь?

**Режимная гидрологическая информация**

Этот вид информации призван, прежде всего, постоянно пополнять сведения о водах для режимных обобщений. По окончании каждого месяца наблюдатели всех постов опорной гидрологической сети завершают первичную обработку результатов наблюдений и высылают на станцию подлинные водомерные книжки, таблицы, ленты самописцев и другие материалы за истекший месяц. Копии всех материалов должны быть отправлены на станцию по окончании года.

На гидрологической станции информация, подлежащая занесению на технический носитель, проверяется и кодируется для последующей передачи в ЦГМС и во Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – мировой центр данных «г. Обнинск».

 ЛИТЕРАТУРА

1. [2], с. 27-29.

*Вопросы для самопроверки*

1. Привлечены ли режимные гидрологические посты к оперативной передаче экстренной информации?

**Нормативная гидрологическая информация**

Данный раздел работ подробно освещён в курсах «Общая гидрология» и «Гидрологические расчёты». Студент, изучающий курс «Гидрологическое обеспечение хозяйственной деятельности», должен иметь чёткое представление о прикладной направленности расчетных схем, заключенных в Сводах правил (СП), в СНиПах и других организационно-технических документах, в частности, знать, как увязана обеспеченность проектной гидрологической величины с классом капитальности сооружения и планируемым сроком эксплуатации.

 ЛИТЕРАТУРА

1. [3], с. 62-70.
2. Учебники по курсам «Общая гидрология», «Гидрологические расчеты».

*Вопросы для самопроверки*

1. Что такое нормативная гидрологическая информация?
2. Какие статистические характеристики достаточно полно оценивают гидрологическую величину?
3. Государственный водный кадастр – что это такое?
4. Какие Вы знаете СП, СНиПы и другие организационно-технические документы?

**Прогностическая гидрологическая информация**

Прогностическая информация о гидрологических явлениях подразделяется на прогнозы и консультации. Прогноз – количественная характеристика, в то время как консультация - качественная оценка будущего состояния водного объекта.

Прогнозы выпускаются по методикам, отвечающим критериям применимости в оперативной практике.

Методики, по которым составляются консультации, в ряде случаев недостаточно корректно описывают гидрологическое явление или процесс, однако их использование увеличивает объём полезной информации о режиме водного объекта на период заблаговременности предсказания по сравнению с постоянной ориентировкой на норму. Типичный текст консультации: «В среднем за период с … до …. (указывается период заблаговременности) значение гидрологической величины ожидается в пределах нормы (больше нормы, раньше нормы, меньше нормы, позднее нормы)».

При составлении прогнозов и консультаций у студентов иногда возникают затруднения в отношении дат наступления гидрологических явлений. Путаницу вносят обозначения даты несколькими характеристиками: числом, месяцем, годом. Расчёт упрощается путём выбора условного нуля по шкале времени, например, если за нуль даты вскрытия реки А принять 31 марта, то дату 5 апреля можно обозначить числом 5, а 29 марта – числом «минус 2» и т.д.

В практику оперативных подразделений введено включение в текстовую часть прогноза рекомендаций о возможном благоприятном или неблагоприятном воздействии ожидаемого явления на деятельность тех или иных потребителей гидрологической информации.

 ЛИТЕРАТУРА

1. [1], с. 21-33.
2. [2], с. 31-42.

*Вопросы для самопроверки*

1. Как делятся прогнозы по признаку заблаговременности?
2. Что представляет собой критерий применимости в оперативной практике методики прогнозирования?
3. Сколько и какие формы выпуска долгосрочных и краткосрочных прогнозов Вы знаете?
4. Что такое предупреждение об ОЯ?
5. В чём состоит назначение рекомендаций по учёту ожидаемого состояния водных объектов в деятельности хозяйственных организаций?

**Оптимизация хозяйственного решения на основе гидрологической информации**

Предположим на основе информации о гидрологической величине *Y* принимается хозяйственное решение *L*, причём каждое конкретное *k*-е решение $l\_{k}$ однозначно связано с вполне определенным набором действий. В результате выполнения указанных действий хозяйство получает некоторую полезность $θ$, которая выражается в виде денежного дохода, выработки электроэнергии, количества перевезенных грузов и т.п.

Разделим весь диапазон изменения гидрологической величины *Y* на несколько равных интервалов, тогда $y\_{j}$ представляет собой среднее значение *j*-го интервала ($y\_{j}\pm Δy$), где $Δy$ - половина ширины интервала. Из множества значений возможных решений примем в расчёт конечное число решений $l\_{k}$, которые совпадают с некоторыми, а иногда и со всеми среднеинтервальными значениями $y\_{j}$ .

По-видимому, если в $$процессе хозяйственной деятельности принимается решение $l\_{k}$ в точности совпадающее с осуществившимся значением гидрологической величины $y\_{j}$, т.е. $l\_{k} =y\_{j}$ , то полезность такого решения будет наивысшей ($θ\_{max}$). Если равенство $l\_{k} =y\_{j}$ не выполняется, полезность решения $θ\_{y\_{j}l\_{k}}$ всегда снижена по причине несоответствия принятого в расчёт и осуществившегося состояния гидрологического объекта. В первом случае назовём решение и д е а л ь н ы м, во втором – п р о и з в о л ь н ы м.

В результате погрешности решения ($l\_{k}-y\_{j}$) возникает снижение полезности. Такое снижение полезности решения принято называть п о т е р я м и:

|  |  |
| --- | --- |
| $$R\_{y\_{j}l\_{k}}=θ\_{max}-θ\_{y\_{j}l\_{k}} .$$ | (1) |

Принимая решение, потребитель не знает в точности будущего значения гидрологической величины. При проектировании, например, моста, рассчитанного на срок эксплуатации 100 лет, проектировщик не может ориентироваться на пропуск в створе моста расхода воды повторяемостью 1 раз в 100 лет (обеспеченность *P* = 1%). Такой расход из-за ограниченности периода (т.е. именно в первую сотню лет) может не осуществиться, хотя в то же время нет гарантии, что в силу случайных факторов не реализуется ещё больший расход, предположим, повторяемостью 1 раз в десять тысяч лет (*P* = 0,01%). Ориентировка на слишком большой расход, который за годы эксплуатации не будет достигнут, приведёт к излишним капиталовложениям, а преуменьшение расчетного расхода обернётся разрушением моста, что сопряжено с ещё большим ущербом.

Максимального расхода за период эксплуатации сооружения никто не предскажет в точности. В итоге, всегда приходится принимать решение в условиях неопределённости. Разумеется, сегодня в процессе проектирования мостов таких задач исполнители работ перед собой не ставят, опираясь на рекомендации СП, СНиПов и других организационно-технических документов.

Поиск наиболее приемлемого хозяйственного решения требует предварительной оценки потерь при осуществлении *cd* комбинаций «решение – реализация» ($l\_{k}y\_{j}$), при этом *c* - количество рассматриваемых решений, а *d -* число разбиений диапазона вариации величины *Y*.

В качестве примера приведём м а т р и ц у п о т е р ь *R* =$\left‖R\_{y\_{j}l\_{k}}\right‖$.

*Таблица 1*

Платёжная матрица потерь*R* =$\left‖R\_{y\_{j}l\_{k}}\right‖$

|  |  |
| --- | --- |
| $$l\_{k}$$ | $$y\_{j}$$ |
| $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| $$l\_{1}$$ | $$R\_{11}$$ | $$R\_{21}$$ | $$R\_{31}$$ | $$R\_{41}$$ | $$R\_{51}$$ |
| $$l\_{2}$$ | $$R\_{12}$$ | $$R\_{22}$$ | $$R\_{32}$$ | $$R\_{42}$$ | $$R\_{52}$$ |
| $$l\_{3}$$ | $$R\_{13}$$ | $$R\_{23}$$ | $$R\_{33}$$ | $$R\_{43}$$ | $$R\_{53}$$ |
| $$l\_{4}$$ | $$R\_{14}$$ | $$R\_{24}$$ | $$R\_{34}$$ | $$R\_{44}$$ | $$R\_{54}$$ |
| $$l\_{5}$$ | $$R\_{15}$$ | $$R\_{25}$$ | $$R\_{35}$$ | $$R\_{45}$$ | $$R\_{55}$$ |

 П л а т ё ж н а я м а т р и ц а п о т е р ь - это таблица экономических потерь, возникающих в результате несоответствия принятых в расчёт и фактических характеристик явления или процесса.

В частном случае, когда *c* = *d*, при выборе решения принимается весь диапазон вариации величины *Y* и выполняется равенство $l\_{k} =y\_{j}$ при *j* = *k*. Тогда «диагональные потери» $R\_{11}, R\_{22}, R\_{33}, R\_{44}, R\_{55}$ в табл. 1 равны нулю, т.к. соответствуют комбинациям, характеризующимся совпадением решений и реализованных значений (идеальные решения). Все остальные потери $R\_{y\_{j}l\_{k}}$> 0.

Оптимизация хозяйственного решения на основе ***нормативной гидрологической информации*** производится путём совместного рассмотрения матрицы потерь и м а т - р и ц ы б е з у с л о в н ы х в е р о я т н о с т е й.

 *Таблица 2*

Матрица безусловных вероятностей распределения гидрологической величины

$p\_{j}$ =$ \left‖p (y\_{j}\pm Δy)\right‖$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$y\_{j}$$ | $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| $$p (y\_{j}\pm Δy)$$ | $$p\_{1}$$ | $$p\_{2}$$ | $$p\_{3}$$ | $$p\_{4}$$ | $$p\_{5}$$ |

В матрице табл. 2 $y\_{j } $- среднеинтервальные значения величины *Y*, характеризующие каждый *j*-й интервал; $p\_{j}$- вероятность попадания величины *Y* в *j*-й интервал.

Вероятность *p* ($y\_{j}\pm Δy$) определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| $$p\_{j}=p (y\_{j}\pm Δy) =\frac{P (y\_{j}-Δy) -P (y\_{j}+Δy) }{P (y\_{min}) -P (y\_{max})} ;$$ |  (2) |

где $P$ – вероятность превышения верхней и нижней границ *j*-го интервала. $y\_{min}$ и $y\_{max}$ - принятые пределы изменчивости гидрологической величины *Y*: при разбиении диапазона вариации величины *Y* на 5 интервалов $y\_{min}$ = $y\_{5}-Δy$; $y\_{max}$ = $y\_{1}+Δy$.

Знаменатель выражения (2) показывает вероятность попадания величины *Y* в диапазон от $y\_{min}$ до $y\_{max}$.

В матричной форме расчет средних в вероятностном смысле потерь при решении $l\_{k}$ выполняется по уравнению

|  |  |
| --- | --- |
| $$\overbar{R}(l\_{k}) =\sum\_{j=1}^{j=d}p ( y\_{j}\pm Δy)R\_{y\_{j}l\_{k}} .$$ |  (3) |

Оптимальное решение $l\_{0}$ соответствует минимуму средних потерь

|  |  |
| --- | --- |
| $$\overbar{R}(l\_{0})=\min\_{<k>} \overbar{R}(l\_{k}).$$ |  (4) |

Оптимизация хозяйственного решения на основе ***прогностической информации***, как правило, приводит к более благоприятным экономическим результатам, чем использование только нормативной информации. В этом случае совместному рассмотрению подлежат платёжная матрица потерь (табл. 1) и м а т р и ц а у с л о в - н ы х в е р о я т н о с т е й $p\_{ij}$ =$\left‖p (y\_{j}\pm Δy)\left|\hat{y}\_{i}\right.\right‖$, где $\hat{y}\_{i}$ - прогноз.

Матрица условных вероятностей – это таблица, показывающая вероятности реализации некоторого явления или процесса с учётом различных начальных условий. В качестве примера приведём матрицу условных вероятностей с разбиением гидрологической величины на 5 интервалов и с учётом трёх принятых текстов прогноза:

*Таблица 3*

Матрица условных вероятностей

$p\_{ij}$ =$\left‖p (y\_{j}\pm Δy)\left|\hat{y}\_{i}\right.\right‖$

|  |  |
| --- | --- |
| $$\hat{y}\_{i}$$ | $$y\_{j}$$ |
| $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| $$\hat{y}\_{1}$$ | $$p\_{11}$$ | $$p\_{12}$$ | $$p\_{13}$$ |  |  |
| $$\hat{y}\_{2}$$ |  | $$p\_{22}$$ | $$p\_{23}$$ | $$p\_{24}$$ |  |
| $$\hat{y}\_{3}$$ |  |  | $$p\_{33}$$ | $$p\_{34}$$ | $$p\_{35}$$ |

В табл. 3 $\hat{y}\_{1}=y\_{2}$ ; $ \hat{y}\_{2}=y\_{3}$ ; $\hat{y}\_{3}=y\_{4}$ , пустые клетки – соответствуют вероятности, равной нулю.

 Расчет вероятностей $ p(\left(y\_{j}\pm Δy\right)\left|\hat{y}\_{i}\right.)$ производится по схеме, подобной (2):

|  |  |
| --- | --- |
| $$p\left(\left(y\_{j}\pm Δy\right)\left|\hat{y}\_{i}\right.\right)=\frac{P\left(\left(y\_{j}-Δy\right)\left|\hat{y}\_{i}\right.\right)-P\left(\left(y\_{j}+Δy\right)\left|\hat{y}\_{i}\right.\right) }{P(y\_{min, i}) -P(y\_{max, i})} ,$$ |  (5) |

где вероятности превышения $P\left(\left(y\right)\left|\hat{y}\_{i}\right.\right)$ определяются по графикам эмпирических условных распределений или по принятым аналитическим зависимостям, описывающим распределение погрешностей конкретного *i*-го прогноза в рамках того или иного теоретического закона распределения.

Средние в вероятностном смысле потери при прогнозе $\hat{y}\_{i}$ и решении $l\_{k}$ определяются по формуле

|  |  |
| --- | --- |
| $$\overbar{R}\_{\hat{y}\_{i}l\_{k}} =\sum\_{j=1}^{j=d}p((y\_{j}\pm Δy)\left|\hat{y}\_{i}\right.)R\_{y\_{j}l\_{k}} .$$ |  (6) |

Оптимальным признаётся решение, при котором вычисленные по формуле (6) потери оказываются наименьшими:

|  |  |
| --- | --- |
|  $\overbar{R}\_{\hat{y}\_{i}l\_{0, i}} =\min\_{<k>} \overbar{R}\_{\hat{y}\_{i}l\_{k}} .$ |  (7) |

Расчёт вероятностей составления различных текстов прогноза производится с использованием первого начального и второго центрального моментов прогностической величины:

|  |  |
| --- | --- |
| *M* ($ \hat{Y})= \overbar{y}$ ;  |  (8) |
| $$\overbar{σ}\_{\hat{y}}=\sqrt{\overbar{σ}\_{y}^{2}-\overbar{S}\_{y}^{2}} ,$$ |   (9) |

где $\overbar{σ}\_{y}$- среднеквадратическое отклонение гидрологической величины $Y$, а $\overbar{S}\_{y}$ – среднеквадратическая погрешность метода прогнозов, вычисленная по формуле

|  |  |
| --- | --- |
| $$\overbar{S}\_{y}=\sqrt{\frac{\sum\_{i=1}^{n}(\hat{y\_{i}}-y\_{i} )^{2}}{n-m}} . $$ |  (10) |

В формуле (10) *n* – число поверочных прогнозов, а  *m –* число степеней свободы в прогностическом уравнении. Например, *m* = 2 при зависимости вида $\hat{y}$ = *ax + b*.

Вероятность составления того или иного текста прогноза, в рамках матричного подхода, определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| $$p\_{i}= p\left(\hat{y}\_{i}\pm Δy\right)=\frac{P\left(\frac{\hat{y}\_{i}-Δy-\overbar{y }}{\overbar{σ}\_{\hat{y}}}\right) -P \left(\frac{\hat{y}\_{i}+Δy-\overbar{y }}{\overbar{σ}\_{\hat{y}}}\right) }{P\left(\frac{\hat{y}\_{min}-\overbar{y }}{\overbar{σ}\_{\hat{y}}}\right) -P\left(\frac{\hat{y}\_{max}-\overbar{y }}{\overbar{σ}\_{\hat{y}}}\right)} ,$$ |  (11) |

где $\hat{y}\_{max}$ и $\hat{y}\_{min}$ – верхний и нижний пределы вариации прогностической величины $\hat{Y}$; в пределе $\hat{y}\_{max}$ = $y\_{max}$, а $\hat{y}\_{min}$ = $y\_{min}$.

По результатам расчетов по формуле (11) формируется м а т р и ц а в е р о я т - н о с т е й с о с т а в л е н и я р а з л и ч н ы х т е к с т о в п р о г н о з а $p\_{i}$=$\left‖p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)\right‖$:

 *Таблица 4*

Матрица вероятностей составления различных текстов прогноза

$p\_{i}$=$\left‖p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)\right‖$

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| $$\hat{y}\_{i}$$ | $$\hat{y}\_{1}$$ | $$\hat{y}\_{2}$$ | $$\hat{y}\_{3}$$ |
| $$p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)$$ | $$p\_{i,1}$$ | $$p\_{i,2}$$ | $$p\_{i,3}$$ |

Пи наличии матриц потерь (табл. 1), условных вероятностей (табл. 3) и вероятностей составления различных тексов прогноза (табл. 4), возможен расчёт средних в вероятностном смысле потерь при оптимальном использовании прогностической информации:

|  |  |
| --- | --- |
| $$\overbar{R}\_{0,i} =\sum\_{i=1}^{i=e}\sum\_{j=1}^{j=d}p(\hat{y}\_{i}\pm Δy)p((y\_{j}\pm Δy)\left|\hat{y}\_{i}\right.)R\_{y\_{j}l\_{0,i}}=\sum\_{i=1}^{i=e}p(\hat{y}\_{i}\pm Δy)\overbar{R}\_{\hat{y}\_{i}l\_{0,i}} .$$ |  (12) |

Сравнение средних в вероятностном смысле потерь при использовании нормативной и прогностической информации позволяет выявить экономический эффект прогнозов:

|  |  |
| --- | --- |
| $$Э\_{г}=\overbar{R}(l\_{0})- \overbar{R}\_{0,i} . $$ |  (13) |

Нередко при отсутствии прогнозов режим регулирования стока назначается исходя из нормы водности. При этом среднестатистические потери составляют

|  |  |
| --- | --- |
| $$\overbar{R}(l^{\*}) =\sum\_{j=1}^{j=d}p ( y\_{j}\pm Δy)R\_{y\_{j}l^{\*}} ,$$ |  (14) |

где $l^{\*}$= $\overbar{y }$.

 ЛИТЕРАТУРА

1. [1], с. 34-54.
2. [2], с. 43-72.
3. [4], с. 119-159, 200-215.
4. [6], с. 303-358.

*Вопросы для самопроверки*

1. Что обозначает термин «полезность гидрологической информации»?
2. В чём разница между «безусловной» и «условной» вероятностями попадания в заданный интервал гидрологической величины?
3. Подразумевает ли учет прогностической информации полное доверие прогнозу?

**Экономический эффект гидрометеорологического обеспечения различных отраслей хозяйственной деятельности**

 ЛИТЕРАТУРА

1. [1], с. 56-78.
2. [2], с. 73-121.
3. [3], с. 136-146, 142-173, 231-235, 240-252.
4. [5], с. 37-42, 52-53, 63-72, 90-95, 104-106, 119-125, 127-130.
5. [6], с. 359-446.
6. [7], с. 69-77, 119-127.

*Вопросы для самопроверки*

1. Какие отрасли хозяйственной деятельности являются важнейшими потребителями гидрологической информации?
2. Назовите известные Вам организационно-технические документы, регламентирующие обеспечение хозяйственной деятельности нормативной информацией.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Цель работы – приобретение студентами навыка оптимизационных расчетов. Предлагается найти оптимальные решения $l\_{0,i}$ на основе каждого из приведённых прогнозов $\hat{y}\_{i}$ и оценить средние потери за период использования прогностической информации $\overbar{R}\_{0,i}$. Потери $\overbar{R}\_{0,i}$ сравниваются со средними потерями при постоянной ориентировке на норму гидрологической величины $\overbar{R}(l^{\*})$.

**Порядок выполнения работы**

*Дано:* платёжная матрица потерь; матрицы безусловных и условных вероятностей; матрица вероятностей выпуска различных прогнозов (исходные данные приведены в Приложении, табл. 5-44). Последовательность действий:

1. Подсчитываются средние в вероятностном смысле потери при каждом из решений, с учетом *c* всех начальных условий $\hat{y}\_{i}$ - по формуле (6)

$$\overbar{R}\_{\hat{y}\_{i}l\_{k}} =\sum\_{j=1}^{j=d}p((y\_{j}\pm Δy)\left|\hat{y}\_{i}\right.)R\_{y\_{j}l\_{k}} .$$

Минимальное значение потерь $\overbar{R}\_{\hat{y}\_{i}l\_{0, i}}=\min\_{<k>} \overbar{R}\_{\hat{y}\_{i}l\_{k}} $ указывает на то, что в *i*–ых условиях принято оптимальное решение $l\_{0, i}$ .

1. Вычисляются средние в вероятностном смысле потери за период оптимального использования прогностической информации по формуле (12)

$$\overbar{R}\_{0,i} =\sum\_{i=1}^{i=e}\sum\_{j=1}^{j=d}p(\hat{y}\_{i}\pm Δy)p((y\_{j}\pm Δy)\left|\hat{y}\_{i}\right.)R\_{y\_{j}l\_{0,i}}=\sum\_{i=1}^{i=e}p(\hat{y}\_{i}\pm Δy)\overbar{R}\_{\hat{y}\_{i}l\_{0,i}} .$$

1. Определяются средние потери при постоянной ориентировке на норму по формуле (14)

|  |  |
| --- | --- |
| $$\overbar{R}(l^{\*}) =\sum\_{j=1}^{j=d}p ( y\_{j}\pm Δy)R\_{y\_{j}l^{\*}} .$$ |   |

1. Производится расчет снижения средних потерь за счёт оптимального использования прогностической информации по формуле

$$Э=\overbar{R}(l^{\*})- \overbar{R}\_{0,i} .$$

1. Формулируется вывод.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Вариант № 1

*Таблица 5*

Платёжная матрица потерь *R* =$\left‖R\_{y\_{j}l\_{k}}\right‖$ (105 руб.), при планировании дноуглубительных работ с учетом уровней воды на перекате;
$$l\_{1}=y\_{3}=\overbar{y}$$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$l\_{k}$$ | $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| 500 | 400 | 300 | 200 | 100 |
| $l\_{1} $= 300 | 1,0 | 0,5 | 0 | 20 | 100 |
| $$l\_{2}=200$$ | 2,0 | 1,5 | 1,0 | 0 | 70 |
| $$l\_{3}=100$$ | 3,0 | 2,5 | 2,0 | 1,5 | 0 |

*Таблица 6*

Матрица условных вероятностей $p\_{ij}$ =$\left‖p (y\_{j}\pm Δy)\left|\hat{y}\_{i}\right.\right‖$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$\hat{y}\_{i}$$ | $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| 500 | 400 | 300 | 200 | 100 |
| $\hat{y}\_{1} $= 400 | 0,20 | 0,60 | 0,20 |  |  |
| $$\hat{y}\_{2}=300$$ |  | 0,20 | 0,60 | 0,20 |  |
| $$\hat{y}\_{3}=200$$ |  |  | 0,20 | 0,60 | 0,20 |

*Таблица 7*

Матрица безусловных вероятностей $p\_{j}$ =$ \left‖p (y\_{j}\pm Δy)\right‖$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$y\_{i}$$ | 500 | 400 | 300 | 200 | 100 |
| $$p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)$$ | 0, 06 | 0,24 | 0,40 | 0,24 | 0, 06 |

*Таблица 8*

Матрица вероятностей составления различных текстов прогноза

$p\_{i}$=$\left‖p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)\right‖$

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| $$\hat{y}\_{i}$$ | 400 | 300 | 200 |
| $$p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)$$ | 0,26 | 0,48 | 0,26 |

Вариант № 2

*Таблица 9*

Платёжная матрица потерь *R* =$\left‖R\_{y\_{j}l\_{k}}\right‖$ (106 руб.), при планировании работ по укреплению защитной дамбы, с учетом максимальных уровней воды;
$$l\_{3}=y\_{3}=\overbar{y}$$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$l\_{k}$$ | $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| 1000 | 800 | 600 | 400 | 200 |
| $l\_{1} $= 1000 | 0 | 0,8 | 1,8 | 2,0 | 2,0 |
| $$l\_{2}=800$$ | 40 | 0 | 1,0 | 1,2 | 1,2 |
| $$l\_{3}=600$$ | 150 | 100 | 0 | 0,2 | 0,2 |
| $$l\_{4}=400$$ | 400 | 300 | 150 | 0 | 0 |

*Таблица 10*

Матрица условных вероятностей $p\_{ij}$ =$\left‖p (y\_{j}\pm Δy)\left|\hat{y}\_{i}\right.\right‖$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$\hat{y}\_{i}$$ | $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| 1000 | 800 | 600 | 400 | 200 |
| $\hat{y}\_{1} $= 800 | 0,15 | 0,70 | 0,15 |  |  |
| $$\hat{y}\_{2}=600$$ |  | 0,15 | 0,70 | 0,15 |  |
| $$\hat{y}\_{3}=400$$ |  |  | 0,15 | 0,70 | 0,15 |

*Таблица 11*

Матрица безусловных вероятностей $p\_{j}$ =$ \left‖p (y\_{j}\pm Δy)\right‖$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$y\_{i}$$ | 1000 | 800 | 600 | 400 | 200 |
| $$p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)$$ | 0, 04 | 0,23 | 0,46 | 0,23 | 0, 04 |

*Таблица 12*

Матрица вероятностей выпуска прогнозов

Матрица вероятностей составления различных текстов прогноза

$p\_{i}$=$\left‖p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)\right‖$

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| $$\hat{y}\_{i}$$ | 800 | 600 | 400 |
| $$p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)$$ | 0,23 | 0,54 | 0,23 |

Вариант № 3

*Таблица 13*

Платёжная матрица потерь *R* =$\left‖R\_{y\_{j}l\_{k}}\right‖$ (105 кВт·ч), при определении режимов наполнения водохранилища, на основе данных о полезном притоке воды;
$$l\_{2}=y\_{3}=\overbar{y}$$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$l\_{k}$$ | $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| 700 | 600 | 500 | 400 | 300 |
| $l\_{1} $= 600 | 1 | 0 | 40 | 80 | 100 |
| $$l\_{2}=500$$ | 8 | 2 | 0 | 60 | 90 |
| $$l\_{3}=400$$ | 15 | 10 | 3 | 0 | 70 |
| $$l\_{4}=300$$ | 20 | 17 | 12 | 4 | 0 |

*Таблица 14*

Матрица условных вероятностей $p\_{ij}$ =$\left‖p (y\_{j}\pm Δy)\left|\hat{y}\_{i}\right.\right‖$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$\hat{y}\_{i}$$ | $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| 700 | 600 | 500 | 400 | 300 |
| $\hat{y}\_{1} $= 600 | 0,10 | 0,80 | 0,10 |  |  |
| $$\hat{y}\_{2}=500$$ |  | 0,10 | 0,80 | 0,10 |  |
| $$\hat{y}\_{3}=400$$ |  |  | 0,10 | 0,80 | 0,10 |

*Таблица 15*

Матрица безусловных вероятностей $p\_{j}$ =$ \left‖p (y\_{j}\pm Δy)\right‖$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$y\_{i}$$ | 700 | 600 | 500 | 400 | 300 |
| $$p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)$$ | 0, 05 | 0,24 | 0,42 | 0,24 | 0, 05 |

*Таблица 16*

Матрица вероятностей выпуска прогнозов

Матрица вероятностей составления различных текстов прогноза

$p\_{i}$=$\left‖p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)\right‖$

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| $$\hat{y}\_{i}$$ | 600 | 500 | 400 |
| $$p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)$$ | 0,27 | 0,46 | 0,27 |

Вариант № 4

*Таблица 17*

Платёжная матрица потерь *R* =$\left‖R\_{y\_{j}l\_{k}}\right‖$ (105 руб.), при решении вопроса о создании временной станции для водоснабжения в меженный период; $Y$ $–$ уровни воды;
$$l\_{1}=y\_{3}=\overbar{y}$$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$l\_{k}$$ | $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| 300 | 200 | 100 | 0 | $-$100 |
| $l\_{1} $= 100 | 0 | 0 | 0 | 50 | 70 |
| $$l\_{2}=0$$ | 7 | 6 | 5 | 0 | 40 |
| $$l\_{3}=-100$$ | 8 | 7 | 6 | 3 | 0 |

*Таблица 18*

Матрица условных вероятностей $p\_{ij}$ =$\left‖p (y\_{j}\pm Δy)\left|\hat{y}\_{i}\right.\right‖$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$\hat{y}\_{i}$$ | $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| 300 | 200 | 100 | 0 | $-$100 |
| $\hat{y}\_{1} $= 200 | 0,20 | 0,60 | 0,20 |  |  |
| $$\hat{y}\_{2}=100$$ |  | 0,20 | 0,60 | 0,20 |  |
| $$\hat{y}\_{3}=0$$ |  |  | 0,20 | 0,60 | 0,20 |

*Таблица 19*

Матрица безусловных вероятностей $p\_{j}$ =$ \left‖p (y\_{j}\pm Δy)\right‖$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$y\_{i}$$ | 300 | 200 | 100 | 0 | $-$100 |
| $$p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)$$ | 0, 06 | 0,24 | 0,40 | 0,24 | 0, 06 |

*Таблица 20*

Матрица вероятностей выпуска прогнозов

Матрица вероятностей составления различных текстов прогноза

$p\_{i}$=$\left‖p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)\right‖$

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| $$\hat{y}\_{i}$$ | 200 | 100 | 0 |
| $$p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)$$ | 0,26 | 0,48 | 0,26 |

Вариант № 5

*Таблица 21*

Платёжная матрица потерь *R* =$\left‖R\_{y\_{j}l\_{k}}\right‖$ (105 руб.), при планировании мероприятий по обеспечению движения на участке шоссе, подвергающемуся опасности затопления; $y$ $–$ максимальные уровни; $l\_{3}=y\_{3}=\overbar{y}$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$l\_{k}$$ | $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| 900 | 700 | 500 | 300 | 100 |
| $l\_{1} $= 900 | 0 | 0,4 | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| $$l\_{2}=700$$ | 20 | 0 | 0,5 | 0,6 | 0,6 |
| $$l\_{3}=500$$ | 80 | 50 | 0 | 0,1 | 0,1 |
| $$l\_{4}=300$$ | 200 | 150 | 75 | 0 | 0 |

*Таблица 22*

Матрица условных вероятностей $p\_{ij}$ =$\left‖p (y\_{j}\pm Δy)\left|\hat{y}\_{i}\right.\right‖$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$\hat{y}\_{i}$$ | $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| 900 | 700 | 500 | 300 | 100 |
| $\hat{y}\_{1} $= 700 | 0,16 | 0,68 | 0,16 |  |  |
| $$\hat{y}\_{2}=500$$ |  | 0,16 | 0,68 | 0,16 |  |
| $$\hat{y}\_{3}=300$$ |  |  | 0,16 | 0,68 | 0,16 |

*Таблица 23*

Матрица безусловных вероятностей $p\_{j}$ =$ \left‖p (y\_{j}\pm Δy)\right‖$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$y\_{i}$$ | 900 | 700 | 500 | 300 | 100 |
| $$p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)$$ | 0, 05 | 0,23 | 0,44 | 0,23 | 0, 05 |

*Таблица 24*

Матрица вероятностей выпуска прогнозов

Матрица вероятностей составления различных текстов прогноза

$p\_{i}$=$\left‖p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)\right‖$

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| $$\hat{y}\_{i}$$ | 700 | 500 | 300 |
| $$p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)$$ | 0,24 | 0,52 | 0,24 |

Вариант № 6

*Таблица 25*

Платёжная матрица потерь *R* =$\left‖R\_{y\_{j}l\_{k}}\right‖$ (104 руб.), при определении сроков начала навигации с учетом даты очищения ото льда;
$$l\_{2}=y\_{3}=\overbar{y}$$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$l\_{k}$$ | $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| 31/III | 5/IV | 10/IV | 15/IV | $$20/IV$$ |
| $l\_{1} $= 5/IV | 200 | 0 | 10 | 25 | 45 |
| $$l\_{2}=10/IV$$ | 550 | 250 | 0 | 10 | 25 |
| $$l\_{3}=15/IV$$ | 1000 | 650 | 300 | 0 | 10 |

*Таблица 26*

Матрица условных вероятностей $p\_{ij}$ =$\left‖p (y\_{j}\pm Δy)\left|\hat{y}\_{i}\right.\right‖$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$\hat{y}\_{i}$$ | $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| 31/III | 5/IV | 10/IV | 15/IV | $$20/IV$$ |
| $\hat{y}\_{1} $= 5/IV | 0,21 | 0,58 | 0,21 |  |  |
| $$\hat{y}\_{2}=10/IV$$ |  | 0,21 | 0,58 | 0,21 |  |
| $$\hat{y}\_{3}=15/IV$$ |  |  | 0,21 | 0,58 | 0,21 |

*Таблица 27*

Матрица безусловных вероятностей $p\_{j}$ =$ \left‖p (y\_{j}\pm Δy)\right‖$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$y\_{i}$$ | 31/III | 5/IV | 10/IV | 15/IV | $$20/IV$$ |
| $$p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)$$ | 0, 04 | 0,24 | 0,44 | 0,24 | 0, 04 |

*Таблица 28*

Матрица вероятностей выпуска прогнозов

Матрица вероятностей составления различных текстов прогноза

$p\_{i}$=$\left‖p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)\right‖$

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| $$\hat{y}\_{i}$$ | 5/IV | 10/IV | 15/IV |
| $$p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)$$ | 0,25 | 0,50 | 0,25 |

Вариант № 7

*Таблица 29*

Платёжная матрица потерь *R* =$\left‖R\_{y\_{j}l\_{k}}\right‖$ (105 руб.), при определении сроков конца навигации с учетом даты ледостава;
$$l\_{3}=y\_{3}=\overbar{y}$$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$l\_{k}$$ | $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| 10/X | 20/X | 31/X | 10/XI | $$20/XI$$ |
| $l\_{1} $= 10/X | 0 | 1 | 3 | 10 | 25 |
| $$l\_{2}=20/X$$ | 120 | 0 | 1 | 3 | 10 |
| $$l\_{3}=31/X$$ | 400 | 120 | 0 | 1 | 3 |
| $$l\_{4}=10/XI$$ | 1000 | 400 | 120 | 0 | 1 |

*Таблица 30*

Матрица условных вероятностей $p\_{ij}$ =$\left‖p (y\_{j}\pm Δy)\left|\hat{y}\_{i}\right.\right‖$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$\hat{y}\_{i}$$ | $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| 10/X | 20/X | 31/X | 10/XI | $$20/XI$$ |
| $\hat{y}\_{1} $= 20/X | 0,22 | 0,56 | 0,22 |  |  |
| $$\hat{y}\_{2}=31/X$$ |  | 0,22 | 0,56 | 0,22 |  |
| $$\hat{y}\_{3}=10/XI$$ |  |  | 0,22 | 0,56 | 0,22 |

*Таблица 31*

Матрица безусловных вероятностей $p\_{j}$ =$ \left‖p (y\_{j}\pm Δy)\right‖$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$y\_{i}$$ | 10/X | 20/X | 31/X | 10/XI | $$20/XI$$ |
| $$p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)$$ | 0, 08 | 0,23 | 0,38 | 0,23 | 0, 08 |

*Таблица 32*

Матрица вероятностей выпуска прогнозов

Матрица вероятностей составления различных текстов прогноза

$p\_{i}$=$\left‖p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)\right‖$

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| $$\hat{y}\_{i}$$ | 20/X | 31/X | 10/XI |
| $$p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)$$ | 0,23 | 0,54 | 0,23 |

Вариант № 8

*Таблица 33*

Платёжная матрица потерь *R* =$\left‖R\_{y\_{j}l\_{k}}\right‖$ (105 руб.), при решении вопроса об эвакуации населения из зоны возможного затопления; Y $–$ максимальные уровни;
$$l\_{3}=y\_{3}=\overbar{y}$$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$l\_{k}$$ | $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| 100 | 80 | 60 | 40 | 20 |
| $l\_{1} $= 100 | 0 | 5 | 15 | 20 | 20 |
| $$l\_{2}=80$$ | 300 | 0 | 10 | 15 | 15 |
| $$l\_{3}=60$$ | 500 | 250 | 0 | 5 | 5 |
| $$l\_{4}=40$$ | 700 | 400 | 100 | 0 | 0 |

*Таблица 34*

Матрица условных вероятностей $p\_{ij}$ =$\left‖p (y\_{j}\pm Δy)\left|\hat{y}\_{i}\right.\right‖$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$\hat{y}\_{i}$$ | $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| 100 | 80 | 60 | 40 | 20 |
| $\hat{y}\_{1} $= 80 | 0,15 | 0,70 | 0,15 |  |  |
| $$\hat{y}\_{2}=60$$ |  | 0,15 | 0,70 | 0,15 |  |
| $$\hat{y}\_{3}=40$$ |  |  | 0,15 | 0,70 | 0,15 |

*Таблица 35*

Матрица безусловных вероятностей $p\_{j}$ =$ \left‖p (y\_{j}\pm Δy)\right‖$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$y\_{i}$$ | 100 | 80 | 60 | 40 | 20 |
| $$p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)$$ | 0, 04 | 0,23 | 0,46 | 0,23 | 0, 04 |

*Таблица 36*

Матрица вероятностей выпуска прогнозов

Матрица вероятностей составления различных текстов прогноза

$p\_{i}$=$\left‖p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)\right‖$

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| $$\hat{y}\_{i}$$ | 80 | 60 | 40 |
| $$p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)$$ | 0,23 | 0,54 | 0,23 |

Вариант № 9

*Таблица 37*

Платёжная матрица потерь *R* =$\left‖R\_{y\_{j}l\_{k}}\right‖$ (105 руб.), при решении вопроса о необходимом объеме холостых сбросов в створе ГЭС; Y $–$ максимальные расходы притока воды в водохранилище;
$$l\_{3}=y\_{3}=\overbar{y}$$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$l\_{k}$$ | $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| 5500 | 5000 | 4500 | 4000 | 3500 |
| $l\_{1} $= 5500 | 0 | 0,5 | 3 | 10 | 20 |
| $$l\_{2}=5000$$ | 50 | 0 | 2 | 8 | 15 |
| $$l\_{3}=4500$$ | 70 | 40 | 0 | 1,5 | 6 |
| $$l\_{4}=4000$$ | 100 | 60 | 25 | 0 | 0 |

*Таблица 38*

Матрица условных вероятностей $p\_{ij}$ =$\left‖p (y\_{j}\pm Δy)\left|\hat{y}\_{i}\right.\right‖$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$\hat{y}\_{i}$$ | $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| 5500 | 5000 | 4500 | 4000 | 3500 |
| $\hat{y}\_{1} $= 5000 | 0,16 | 0,68 | 0,16 |  |  |
| $$\hat{y}\_{2}=4500$$ |  | 0,16 | 0,68 | 0,16 |  |
| $$\hat{y}\_{3}=4000$$ |  |  | 0,16 | 0,68 | 0,16 |

*Таблица 39*

Матрица безусловных вероятностей $p\_{j}$ =$ \left‖p (y\_{j}\pm Δy)\right‖$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$y\_{i}$$ | 5500 | 5000 | 4500 | 4000 | 3500 |
| $$p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)$$ | 0, 05 | 0,23 | 0,44 | 0,23 | 0, 05 |

*Таблица 40*

Матрица вероятностей выпуска прогнозов

Матрица вероятностей составления различных текстов прогноза

$p\_{i}$=$\left‖p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)\right‖$

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| $$\hat{y}\_{i}$$ | 5000 | 4500 | 4000 |
| $$p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)$$ | 0,24 | 0,52 | 0,24 |

Вариант № 10

*Таблица 41*

Платёжная матрица потерь *R* =$\left‖R\_{y\_{j}l\_{k}}\right‖$ (104 руб.), при решении вопроса о сроке начала лесосплава; Y$–$ дата максимального расхода воды
$$l\_{2}=y\_{3}=\overbar{y}$$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$l\_{k}$$ | $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| 25/IV | 30/IV | 5/V | 10/V | $$15/V$$ |
| $l\_{1} $= 30/IV | 20 | 0 | 18 | 40 | 65 |
| $$l\_{2}=5/V$$ | 45 | 25 | 0 | 19 | 43 |
| $$l\_{3}=10/V$$ | 70 | 50 | 30 | 0 | 20 |

*Таблица 42*

Матрица условных вероятностей $p\_{ij}$ =$\left‖p (y\_{j}\pm Δy)\left|\hat{y}\_{i}\right.\right‖$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$\hat{y}\_{i}$$ | $$y\_{1}$$ | $$y\_{2}$$ | $$y\_{3}$$ | $$y\_{4}$$ | $$y\_{5}$$ |
| 25/IV | 30/IV | 5/V | 10/V | $$15/V$$ |
| $\hat{y}\_{1} $= 30/IV | 0,10 | 0,80 | 0,10 |  |  |
| $$\hat{y}\_{2}=5/V$$ |  | 0,10 | 0,80 | 0,10 |  |
| $$\hat{y}\_{3}=10/V$$ |  |  | 0,10 | 0,80 | 0,10 |

*Таблица 43*

Матрица безусловных вероятностей $p\_{j}$ =$ \left‖p (y\_{j}\pm Δy)\right‖$

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$y\_{i}$$ | 25/IV | 30/IV | 5/V | 10/V | $$15/V$$ |
| $$p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)$$ | 0, 05 | 0,24 | 0,42 | 0,24 | 0, 05 |

*Таблица 44*

Матрица вероятностей выпуска прогнозов

Матрица вероятностей составления различных текстов прогноза

$p\_{i}$=$\left‖p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)\right‖$

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| $$\hat{y}\_{i}$$ | 30/IV | 5/V | 10/V |
| $$p (\hat{y}\_{i}\pm Δy)$$ | 0,27 | 0,46 | 0,27 |

СОДЕРЖАНИЕ

|  |  |
| --- | --- |
|  Общие указания |  3 |
|  Литература |  3 |
|  Указания по разделам  |  4 |
|  Введение |  4 |
|  Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды |  5 |
|  Регулярная, эпизодическая и экстренная гидрологическая информация |  5 |
|  Режимная гидрологическая информация |  6 |
|  Нормативная гидрологическая информация |  7 |
|  Прогностическая гидрологическая информация |  7 |
|  Оптимизация хозяйственного решения на основе гидрологической информации |  8 |
|  Экономический эффект гидрометеорологического обеспечения различных отраслей хозяйственной деятельности |  14 |
|  Контрольная работа |  14 |
|  Приложение |  15 |

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по курсу

**«ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ»**

Составитель Г.Н. Угренинов

 Редактор

 Корректор