

Meteorologicheskiye danniyе Sentra Gidrometeorologicheskoy Slujby Respubliki Uzbekistan [Meteorological data of the Center of the Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan]. (data obrasheniya 05.01.2017). (in Russian)

Monin A.S., Shishkov Yu.A. Klimat kak problema fiziki [Climate as a problem of physics] // Uspexi Fizicheskix Nauk, T. 170, № 4, 2000. – 445 s. (in Russian)

Perviy otsenochный doklad «Izmeneniye klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii» [First Assessment Report "Climate Change in the Territory of the Russian Federation"]. – M.: 2008. – 1020 s. (in Russian)

Rekomendatsii po privedeniyu ryadov rechnogo stoka i ih parametrov k mnogoletnemu periodu [Recommendations for bringing the river runoff series and their parameters to a long-term period.]. – L.: Gidrometeoizdat, 1979. – 64 s. (in Russian)

Svod pravil po proyektirovaniyu i stroitelstvu. Opredeleniye osnovnih raschetnih gidrologicheskikh harakteristik. SP 33-101-2003. [A set of rules for design and construction. Determination of the main calculated hydrological characteristics. SP 33-101-2003]. – M.: Gosstroy Rossii, 2004. – 73 s. (in Russian)

Shukri O.A.A., Lobanov V.A., Hamid M.S. Sovremenniy i budushiy klimat Araviyskogo poluostrova [The modern and future climate of the Arabian Peninsula]. Monografiya. RGGMU, Sankt-Peterburg, 2018 – 191 s. (in Russian)

Tretye Natsionalnoye soobsheniye Respubliki Uzbekistan po Ramochnoy Konventsii OON ob izmenenii klimata [Third National Communication of the Republic of Uzbekistan on the UN Framework Convention on Climate Change]. – Tashkent, 2016. – 246 s. (in Russian)

Electronic resource:

Vashingtonskiy Klimaticheskiy Sentr [Washington Climate Center], http://cdiac.ornl.gov/by_new/bysubject.html#climate.

УДК 551.509

МЕТОДИКА РАЦИОНАЛИЗАЦИИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ СТАНЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ УЗБЕКИСТАНА

М.Л. АРУШАНОВ^{1*}

¹ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, mikl-arushanov@rambler.ru

Аннотация. В статье рассмотрен метод рационализации метеорологической сети станций на территории Узбекистана с учетом существующей густоты станций наблюдений, основанный на величине ошибки оптимальной интерполяции, как функции расстояния между станциями.

Показано, что теоретически корректное решение задачи рационального планирования систем метеорологических наблюдений относительно некоторой «идеальной» сети должно основываться на использовании двух основных критериев – экономического и метеорологического. При этом под «идеальной» сетью понимается сеть наблюдений, обеспечивающая точными наблюдениями метеорологических величин в каждой точке пространства в каждый момент времени. Тем не менее, даже при мыслимо существующей такой сети, хозяйственные потери неизбежны из-за невозможности достижения 100%-ной точности прогнозов. Из очевидных соображений следует, что затраты на содержания «идеальной» системы наблюдений огромны, т.е. такая система экономически нецелесообразна. Поэтому задача рационализации метеорологической сети, теоретически, должна ставиться, как

* mikl-arushanov@rambler.ru, тел.: +998 90 9976146

задача оптимизации затрат на содержание системы и убытков хозяйства вследствие неточности и недостаточности метеорологической информации.

Практическая же реализация рационализации метеорологической сети с учётом экономического критерия в силу крайне слабой его изученности (последствий использования метеорологической информации) чрезвычайно сложна. Поэтому в данной статье использован метеорологический подход.

Ключевые слова: оптимальная интерполяция, мера Шеннона, ошибка интерполяции, квадратичная ошибка, корреляционная функция, метеорологическая сеть.

Введение. Оптимальная метеорологическая сеть такова, если расстояние между метеорологическими станциями составляет около 50-60 км для основных непрерывных метеорологических величин (температура, давление, влажность и др.), что согласно требованиям Всемирной метеорологической организации (ВМО) соответствует индексу плотности станций ($\rho = 1 \text{ МС}/1000 \text{ км}^2$) 3,0-3,5 (один пункт на 3,0-3,5 тыс. км²). Концепция оптимальности в полном объёме не может быть реализована из-за необходимости учета всех потребностей различных отраслей экономики. В табл. 1 приведён индекс плотности станций на территории Республики Узбекистан и сопредельных с ней странах. Как видно из таблицы, плотность сети метеорологических станций Узбекистана и сопредельных стран не удовлетворяет требованиям ВМО, кроме Таджикистана.

Таблица 1

**Индекс плотности метеорологической сети Узбекистана
и сопредельных стран**

Table 1

**Density index of the meteorological network of Uzbekistan
and neighboring countries**

Страна	Площадь, тыс. км ²	Количество метеостанций	Плотность сети, $N_{\text{мс}}/100000 \text{ км}^2$	Индекс ρ
Узбекистан	417,400	82	20	5
Казахстан	2717,300	260	10	10
Кыргызстан	198,500	32	16	6
Россия	17075,200	1686	10	10
Таджикистан	143,100	53	37	3
Туркменистан	491,200	102	21	5
Афганистан	652,864	112	17	5

Примечание: $N_{\text{мс}}$ – число метеостанций.

Note: $N_{\text{мс}}$ – number of weather stations.

Плотность метеорологической сети в Узбекистане составляет $\approx 1 \text{ МС}$ на 6000 км^2 , что почти в два раза меньше требуемой ВМО нормы. Для обеспечения метеорологической информацией, отвечающей требованиям ВМО, территория Узбекистана должна быть оснащена не менее 144 метеорологическими станциями. Это требует значительных финансовых затрат. Однако, информативность метеорологической сети определяется не только расстоянием между станциями, а и их взаимным расположением. Критерием оптимального количества станций и их расположения может служить ошибка интерполяции [Гандин, 1961, 1963].

Теоретические основы задачи рационального размещения метеорологической сети станций. До 60-х годов прошлого столетия основной упор на развитие

метеорологических наблюдений ставился на совершенствование измерительной техники и приборостроения. Как следствие, информативность существовавших наблюдений в целях краткосрочного прогноза погоды была низка. Позже, учёные метеорологи для повышения оправдываемости краткосрочных прогнозов, обосновывая теоретически, ставят задачу увеличения плотности региональных метеорологических сетей [Гандин, Каган, 1976].

Из очевидных соображений прямо следует, что всестороннее корректное решение задачи рационального планирования систем метеорологических наблюдений не может быть осуществлено без рассмотрения экономической составляющей. Согласно [Гандин, Каган, 1976] мыслимо представим некую идеальную систему наблюдений, обеспечивающую точными метеорологическими данными в любой географической точке, в каждый момент времени. Тем не менее, имея такую систему наблюдений, хозяйственные экономические потери неизбежны по ряду причин, в том числе, и по причине невозможности получения 100%-ной точности прогнозов погоды. Уже из последнего следует, что такая «идеальная» система наблюдений экономически нецелесообразна. Действительно, рассмотрим выражение

$$\Sigma = M + \text{ЭУ},$$

где M – затраты на содержание системы метеорологических измерений, ЭУ – экономические убытки в хозяйстве из-за неточности метеорологической информации (как следствие, неточности прогнозов). Если взять предельные случаи, а именно, полное отсутствие информации ($M = 0$) и «идеальную» систему (ЭУ – маленькая величина), то в первом случае экономические убытки очень большие, а во втором – затраты на содержания системы значительно превышают экономические убытки. Отсюда прямо следует методика решения задачи – минимизация величины Σ .

Количественную схему, реализующую минимизацию величины Σ , рассмотрим, принимая фиксированными все параметры сети, кроме её густоты, определённого количеством станций N на заданной площади S [Гандин, Каган, 1967].

Обозначим стоимость содержания одной станции в течении года через Z_0 . Затраты Z на содержание N станций определяются выражением

$$Z = NZ_0.$$

Далее положим, что потери P из-за ошибок прогноза, определяемые величиной неточности информации I , являются линейной функцией этой величины:

$$P = \xi \cdot I + b,$$

где $\xi > 0$, т.е. чем больше неопределённость содержит информация, тем больше потери. Кроме того, имея ввиду принятое условие фиксированности всех параметров сети, кроме количества станций, параметр $I=f(N)$ есть убывающая функция величины N , так как с увеличением густоты сети неопределённость информации уменьшается. Тогда максимальные потери при полном отсутствии станций составят

$$P = \xi \cdot I(0) + b,$$

а уменьшение потерь ΔP при функционировании N станций определяются выражением:

$$\Delta P(N) = P_{\max} - P(N) = \xi \cdot [I(0) - I(N)] + b. \quad (1)$$

Разность между затратами на содержания N станций и сохранёнными затратами за счёт наличия метеорологической информации (N станций) составит величину

$$\Delta P^+ = \Delta P(N) - NZ_0. \quad (2)$$

Из (1) следует, что функция $\Delta P(N)$ обращается в нуль при $N = 0$. При $N \rightarrow \infty$ $\Delta P(\infty) = \xi \cdot I(0)$.

Таким образом, оптимальное количество густоты метеорологических станций (число станций N) для фиксированной площади S определяется зависимостями ΔP , Z и ΔP^+ от N . Условие рациональности сети определяется неравенством

$$\left| \frac{dI}{dN} \right| > \frac{Z_0}{\xi}, \quad (3)$$

так как в противном случае сеть станций не рациональна ни при каком N . иными словами содержание станций выгодно если $N < N_{\max}$, где N_{\max} определяется равенством $\Delta P(N) = Z(N)$. Оптимальное же количество станций определяется выражением:

$$\left| \frac{dI}{dN} \right|_{N=N_0} > \frac{Z_0}{\xi}. \quad (4)$$

В силу слабой изученности оценки экономической выгоды использования метеорологической информации, практическая реализация планирования сети станций с учётом экономической составляющей в рамках описанного выше подхода весьма затруднена. Поэтому в данной работе ограничимся метеорологическим и информационным подходом [Гуменюк, Поздниченко, 2015]. В рамках этого подхода точность, с которой должны быть известны метеорологические величины, задаётся априори и на основании этого определяются требования к сети станций.

Рационализация метеорологической сети на основе оценки ошибок оптимальной интерполяции. Метод рационализации метеорологической сети, основанный на оценке ошибок интерполяции впервые был предложен О.А. Дроздовым и А.А. Шепелевским [Дроздов, Шепелевский, 1946]. Позже, Л.С. Гандиным этот метод был усовершенствован на основе разработанного им метода оптимальной интерполяции [Гандин и др., 1972]. Изложим вкратце суть метода.

Обозначим через $f(x_i, y_i)$ измеренную с ошибкой φ_i в точке с координатами x_i, y_i метеорологическую величину

$$f(x_i, y_i) \equiv \bar{f}_i = \bar{f}_i + f_i^* + \delta_i, \quad (5)$$

где \bar{f}_i – норма метеорологической величины, f_i^* – отклонение от нормы. Далее обозначим через φ_i – измеренное отклонение величины f от нормы, т.е.

$$\varphi_i = f_i^* + \delta_i. \quad (6)$$

Пусть x_0, y_0 – координаты точки, в которую выполняется интерполяция величины φ_i как линейная комбинация с весами p_i и измеренных в n точках отклонений:

$$\hat{\varphi}^*(x_0, y_0) \equiv \hat{\varphi}_0^* = \sum_{i=1}^n p_i \varphi_i. \quad (7)$$

Весы p_i определим из условия минимума квадрата ошибки интерполяции E :

$$E = \overline{\left(\hat{\varphi}_0^* - \sum_{i=1}^n p_i \varphi_i \right)^2} = \min. \quad (8)$$

В (8) черта сверху – процедура усреднения. Раскрывая (8), получим систему (9) n линейных уравнений для определения весов p_i .

$$\sum_{i=1}^n r_{ij} p_i. \quad (9)$$

Где r_{ij} – корреляционная функция расстояния величины f_i . Поскольку квадратичная форма $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij} p_i p_j > 0$, то система (9) всегда имеет решение в силу её положительной определённости.

Ошибку интерполяции E (8) запишем в виде [Гандин и др., 1972]

$$\sum_{j=1}^n \left(\overline{f_i^* f_j^*} + \overline{f_i^* \delta_j} + \overline{f_j^* \delta_i} + \overline{\delta_j \delta_i} \right) p_j = \overline{f_i^* f_0^*} + \overline{\delta_i f_0^*} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (10)$$

и

$$E = \overline{f_0^*}^2 - \sum_{j=1}^n p_j \left(\overline{f_j^* f_0^*} + \overline{\delta_j f_0^*} \right). \quad (11)$$

Выражения (10), (11) позволяют дать оценку средней квадратичной ошибки интерполяции \sqrt{E} метеорологической величины f в любую точку при известных средних парных произведениях (ковариациях), т.е. знании корреляционной функции расстояний, которая описывает величину корреляции значений элемента f в различных точках, корреляцию между ошибками измерений в разных точках и корреляцию между истинными значениями метеорологической величины и ошибками её измерения. Таким образом, зная максимально допустимые значения средней квадратичной ошибки \sqrt{E} , используя выражения (10), (11), можно сформулировать требования к параметрам метеорологической системы наблюдений. В этом и состоит основа метода рационализации сети, предложенного в начале 60-х годов прошлого столетия Л.С.Гандиным.

Практическая реализация метода. Согласно выражениям (10), (11) для практической реализации метода рационализации сети необходимо получить пространственное распределение средней квадратичной ошибки интерполяции на заданной территории. Поэтому на первом этапе для вычисления \sqrt{E} необходимо рассчитать корреляционную функцию расстояния интерполируемой метеорологической величины. В качестве таковой возьмём приземную температуру воздуха. Будем

рассматривать регулярную сетку, используемую при реанализе [Kanamitsu et al, 2002] (рис. 1), покрывающую территорию Узбекистана. На рис. 2 приведена корреляционная функция температуры, как функция расстояния для каждого месяца года и осреднённая по месяцам. Приведённые на рис. 2 функции аппроксимированы полиномом 7-ой степени, что представляется очень удобным в дальнейших расчётах.

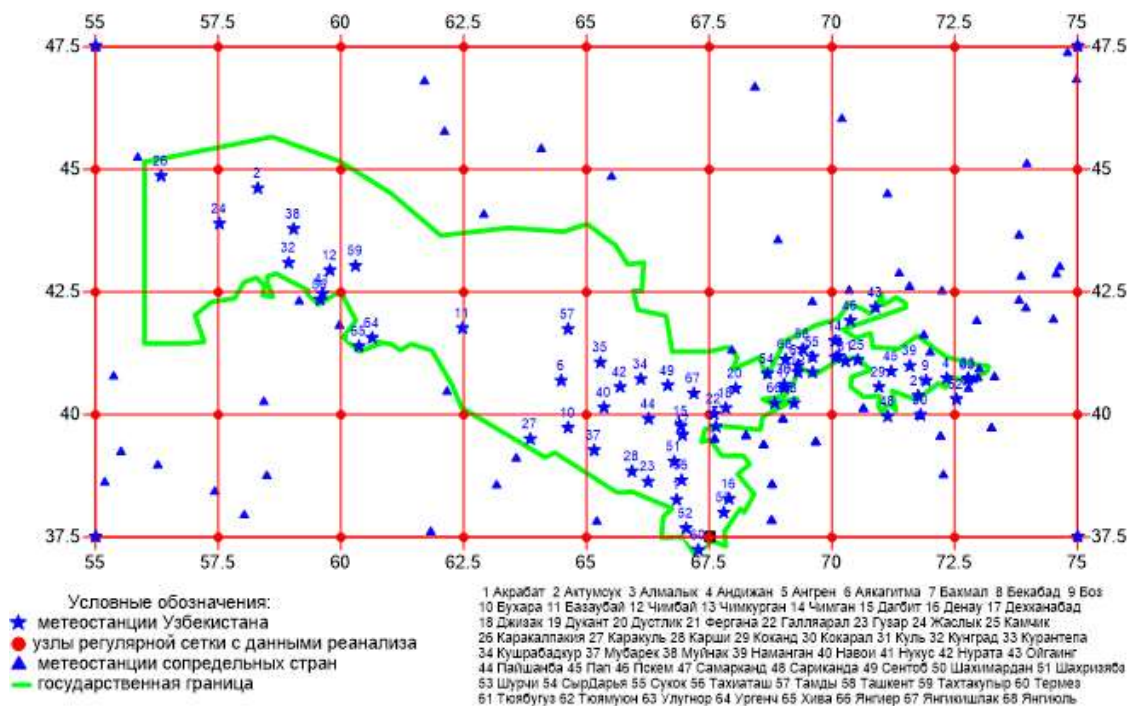


Рис. 1. Метеорологическая сеть Узбекистана и прилегающие метеорологические станции сопредельных стран

Fig. 1. Meteorological network of Uzbekistan and adjacent meteorological stations of neighboring countries

В дальнейшем, принимая во внимание, что статистические характеристики метеорологических полей обладают рядом известных свойств, примем следующие упрощающие предположения:

1. Ошибки измерений δ_i некоррелируют с истинными значениями температуры в любой точке (свойство несмещённости), т.е. $\overline{f_i \delta_i} = 0$.

2. Корреляционная функция $r_{ij} = f_i^* f_j^*$ однородна и изотропна, зависит только от расстояния $l = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$ между точками, т.е. дисперсия $\sigma^2 = \overline{f_0^{*2}}$ не зависит от координат.

3. Предположения однородности и изотропности применимо и к ковариациям ошибок измерения.

В силу принятых допущений система (10) и формула (11) запишутся в виде:

$$\sum_{j=1}^n (r_{ij} + \eta \mu_{ij}) p_j = r_{0j}, \quad (i=1, 2, \dots, n) \tag{12}$$

$$\varepsilon = \frac{E}{\sigma^2} = 1 - \sum_{j=1}^n p_j r_{oi}, \quad (13)$$

где η – мера ошибки наблюдений, ε – мера ошибки интерполяции.

Таким образом, для выполнения расчётов входными данными являются корреляционная функция $r(l)$ температуры (рис. 2), её дисперсия σ^2 , дисперсия σ_0^2 ошибок наблюдений и их корреляционная функция $\mu(l)$.

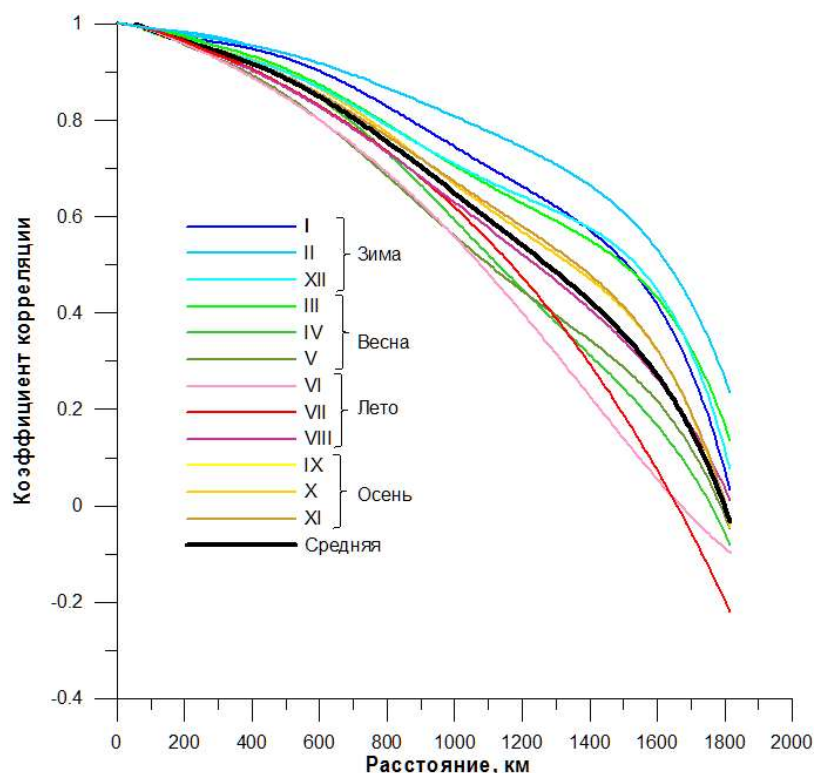


Рис. 2. Корреляционные функции приземной температуры воздуха

Fig. 2. Correlation functions of surface air temperature

Численные расчёты. Алгоритм решения поставленной задачи сводится к решению системы алгебраических уравнений (12) и нахождения среднеквадратичной ошибки E . Алгоритм реализован в виде программного комплекса на языке FORTRAN 99 в оболочке *Microsoft Fortran PowerStation version 4.0*.

Численные расчёты выполнялись в два этапа: 1) решение системы основывалось на расположении существующей метеорологической сети на территории Узбекистана (рис. 1); 2) существующая сеть была дополнена эмитированными метеорологическими станциями (рис. 4). В результате получены оценки среднеквадратичной ошибки \sqrt{E} на каждом из этапов. Величина допустимой ошибки была взята равной $0,5^{\circ}\text{C}$. Результаты расчётов приведены на рис. 3 – по существующей метеорологической сети и с добавленными метеорологическими станциями, как показано на рис. 2.

Как видно из приведённых рисунков, в первом случае введённому критерию ошибки интерполяции удовлетворяет около 1/3 площади Узбекистана (жёлтая палитра на рис. 3). Введение дополнительных 9 станций с их взаимным расположением на одинаковом расстоянии друг от друга позволяют оптимизировать метеорологическую сеть

Узбекистана, таким образом, что средняя квадратичная ошибка интерполяции $\sqrt{E} \leq 0,5$, т.е. вся площадь территории Узбекистана отвечает принятому критерию.

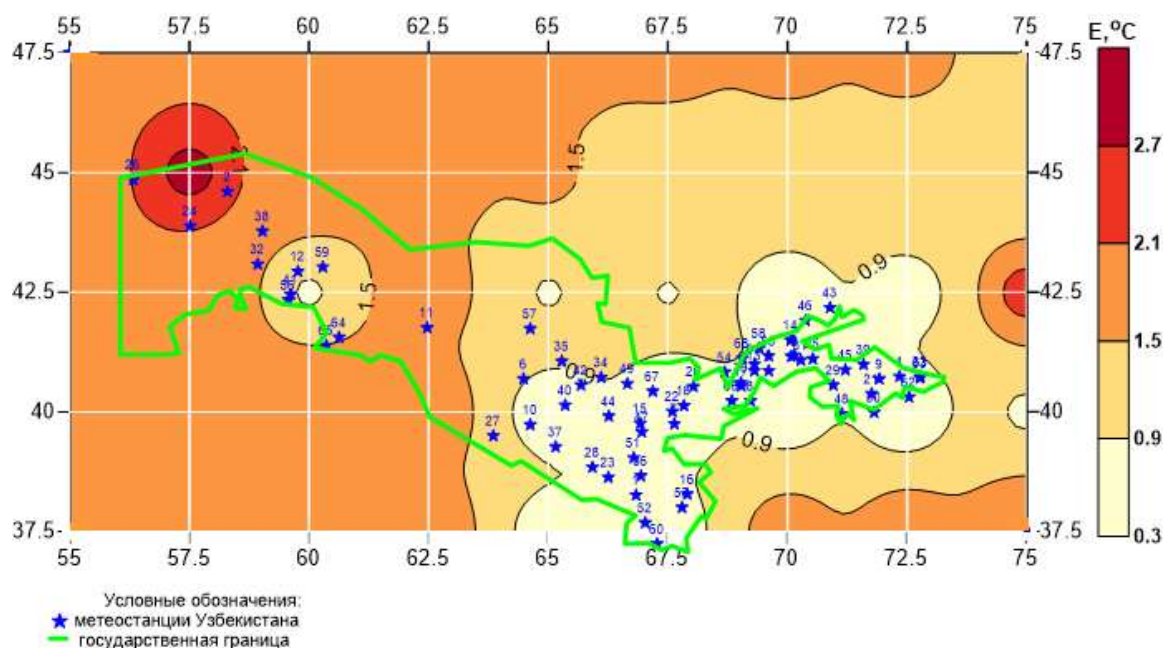


Рис. 3. Пространственное распределение средней квадратичной ошибки по данным имеющейся метеорологической сети на территории Узбекистана

Fig. 3. Spatial distribution of the root mean square error according to the data of the available meteorological network on the territory of Uzbekistan

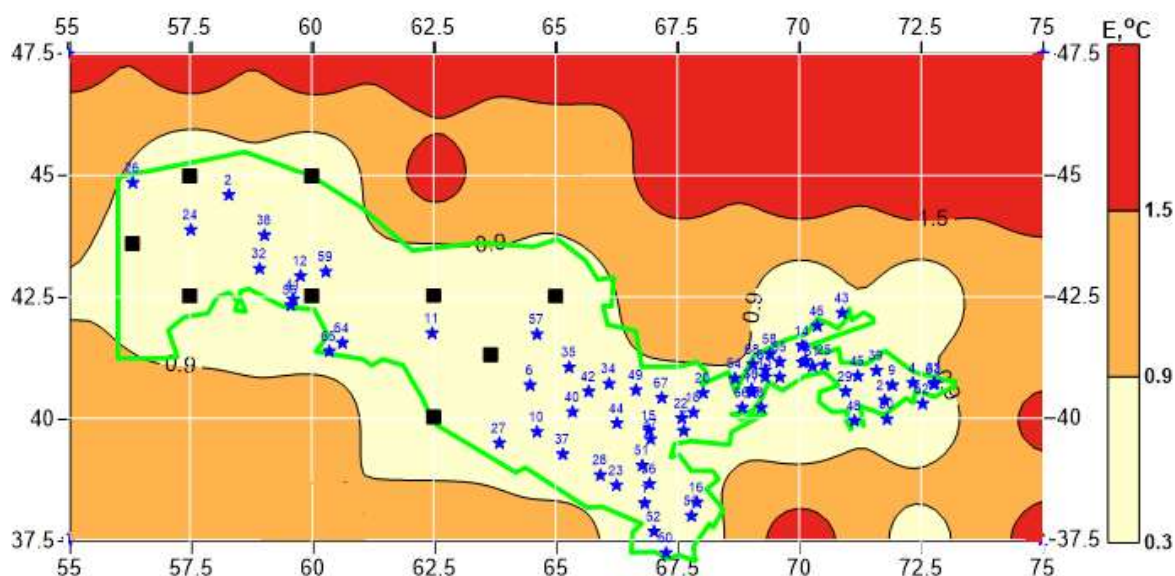


Рис. 4. Пространственное распределение средней квадратичной ошибки, полученной с учётом эмитированной метеорологической сети (■) на территории Узбекистана

Fig. 4. Spatial distribution of the root mean square error, obtained taking into account the emitted meteorological networks (■) on the territory of Uzbekistan

Выводы. Предложенный в начале 60-годов прошлого столетия профессором Л.С.Гандиным метод оптимизации метеорологической сети станций на основании ошибки

оптимальной интерполяции оказывается чрезвычайно эффективным в сочетании с правильным (оптимальным) расположением добавляемых станций.

Единственным субъективным параметром в данном методе является вводимая величина критерия ошибки интерполяции. Объективизировать эту величину необходимо из соображений допустимой точности измерений метеорологической величины.

ЛИТЕРАТУРА

Гандин Л.С. О принципах рационального размещения сети станций // Труды ГГО, Вып. 124. – 1961. С. 9-21.

Гандин Л.С. Объективный анализ метеорологических полей. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 282 с.

Гандин Л.С., Каган Р.Л. Статистические методы интерпретации метеорологических данных. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 360 с.

Гандин Л.С., Каган Р.Л. Об экономическом подходе к планированию сети метеорологических станций // Труды ГГО, Вып. 208. 1967. – С. 120–131.

Гандин Л.С., Каган Р.Л., Полищук А.И. Об оценке информативности систем метеорологических наблюдений // Труды ГГО, Вып. 286. 1972. – С. 120-140.

Гандин Л.С., Каган Р.Л., Тараканова В.П. К вопросу о рациональном планировании сети наблюдений за температурой воздуха // Труды ГГО, Вып. 228. 1968. – С. 90-105.

Дроздов О.А., Шепелевский А.А. Теория интерполяции в стохастическом поле метеорологических элементов и её применение к вопросам метеорологических карт и рационализации сети // Труды НИУ ГУГМС, Сер. 1, Вып. 13. 1946. – С. 7-23.

Kanamitsu M., Ebisuzaki W., Woollen J., Yang S.-K., Hnilo J.J., Fiorino M., Potter G.L., NCEP–DOE AMIP-II Reanalysis (R-2) // Bull. Am. Meteorol. Soc. 83. 2002. – PP. 1631–1644.

ЎЗБЕКИСТОН ХУДУДИДАГИ МЕТЕОРОЛОГИЯ СТАНЦИЯЛАРИ ТАРМОҒИНИ РАЦИОНАЛИЗАЦИЯЛАШ УСУЛИ

М.Л. АРУШАНОВ¹

¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, mikl-arushanov@rambler.ru

Аннотация. Мақолада Ўзбекистон ҳудудидаги станцияларнинг метеорологик тармоғини рационализациялаш усули кузатув станцияларининг мавжуд зичлигини ҳисобга олган ҳолда, оптимал интерполяция хатоси қийматидан келиб чиқиб станциялар орасидаги масофа функцияси сифатида кўриб чиқилди.

Метеорологик кузатув тизимларини бирор "идеал" тармоққа нисбатан оқилона режалаштириши муаммосини назарий жиҳатдан тўғри ҳал қилиши иккита асосий мезон - иқтисодий ва метеорологик мезонлардан фойдаланишга асосланган бўлиши кераклиги кўрсатилган. Бундай ҳолда, "идеал" тармоқ ҳар бир вақтнинг ҳар бир дақиқасида фазонинг ҳар бир нуқтасида метеорологик қийматларни аниқ кузатишини таъминлайдиган кузатувлар тармоғи сифатида тушунилади. Шунга қарамай, бундай тармоқ мавжуд бўлганда ҳам, прогнознинг 100% аниқлигига эришиши мумкин эмаслиги сабабли иқтисодий йўқотишлар муқаррардир. Аниқ мулоҳазалардан келиб чиқиб, "идеал" кузатув тизимини сақлаш харажатлари жуда катта; бундай тизим иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқ эмас, дейиши мумкин. Шунинг учун метеорологик тармоқни рационализация қилиши вазифаси назарий жиҳатдан тизимни сақлаш харажатлари ва метеорологик маълумотларнинг нотўғри ва етарли эмаслиги туфайли иқтисодиётнинг йўқотишларини оптималлаштириши вазифаси сифатида қўйилиши керак.

Иқтисодий мезонни ҳисобга олган ҳолда метеорологик тармоқни рационализациялашни амалга ошириши, унинг жуда кам ўрگانилганлиги (метеорологик маълумотлардан фойдаланиши оқибатлари) туфайли қийиндир. Шунинг учун ушбу мақолада метеорологик ёндашув қўлланилди.

Калит сўзлар: *оптимальная интерполяция, Шеннон ўлчови, интерполяция хатоси, квадратик хато, корреляция функцияси, метеорологик тармоқ.*

METHODOLOGY OF RATIONALIZATION OF THE METEOROLOGICAL NETWORK OF STATIONS ON THE EXAMPLE OF THE TERRITORY OF UZBEKISTAN

M.L. ARUSHANOV¹

¹ Hydrometeorological Research Institute, mikl-arushanov@rambler.ru

Abstract. *The article discusses the method of rationalizing the meteorological network of stations on the territory of Uzbekistan, taking into account the existing density of observation stations, based on the value of the optimal interpolation error as a function of the distance between stations and, in addition, on the Shannon's quantitative measure.*

It is shown that the theoretically correct solution to the problem of rational planning of meteorological observation systems with respect to some "ideal" network should be based on the use of two main criteria - economic and meteorological. In this case, an "ideal" network is understood as a network of observations that provides accurate observations of meteorological values at every point in space at every moment of time. Nevertheless, even with such a network conceivably existing, economic losses are inevitable due to the impossibility of achieving 100% forecast accuracy. From obvious considerations, it follows that the costs of maintaining an "ideal" observing system are enormous, such a system is economically impractical. Therefore, the task of rationalizing the meteorological network, theoretically, should be posed as the task of optimizing the costs of maintaining the system and losses of the economy due to inaccuracy and inadequacy of meteorological information.

The practical implementation of the rationalization of the meteorological network, taking into account the economic criterion, due to its extremely poor knowledge (the consequences of using meteorological information) is extremely difficult. Therefore, this article uses a meteorological approach.

Keywords: *optimal interpolation, Shannon's measure, interpolation error, quadratic error, correlation function, meteorological network.*

REFERENCE

Gandin L.S. O principah razmezchenya seti stantsiy [On the principles of rational placement of a network of stations]. // Trudy GGO, Vip. 124. 1961. – S. 9-21. (in Russian)

Gandin L.S. Obektyvniy analiz meteorologicheskoy poley [Objective analysis of meteorological fields]. – L.: Gidrometeoizdat, 1963. – 282 s. (in Russian)

Gandin L.S., Kagan R.L. Statysticheskiye metodi interpretatsii meteorologicheskikh dannih [Statistical methods of interpretation of meteorological data]. – L.: Gidrometeoizdat, 1976. – 360 s. (in Russian)

Gandin L.S., Kagan R.L. Ob ekonomicheskoy podhode k planirovaniyu seti meteorologicheskikh stantsiy [On an economic approach to planning a network of meteorological stations] // Trudy GGO, Vip. 208. 1967. – S. 120-131. (in Russian)

Gandin L.S., Kagan R.L., Polishchuk A.I. Ob ocnke informativnosti sistem meteorologicheskikh nablyudeniy [On the assessment of the information content of meteorological observation systems] // Trudy GGO, Vip. 286. 1972. – S. 120-140. (in Russian)

Gandin L.S., Kagan R.L., Tarakanova V.P. K voprosu o ratsionalnom planirovanii seti nablyudeniy za temperaturoy vozduha [On the issue of rational planning of the air temperature observation network] // Trudy GGO, Vip. 286. 1972. – S. 120-140. (in Russian)

Drozhdov O.A., Shepelevsky A.A. Teoriya interpolatsii v stohasticheskom pole meteorologicheskikh elementov i ee primeneniye k voprosam meteorologicheskikh kart i ratsionalizatsii seti [The theory of interpolation in the stochastic field of meteorological elements and its application to the

questions of meteorological maps and rationalization of the network] // Trudy NIU GUGMS, Ser. 1, Vip. 13. 1946. – S. 7-23. (in Russian)

УДК: 551.584.32

ЎЗБЕКИСТОННИНГ ШИМОЛИ-ШАРҚИЙ ДАРЁ ҲАВЗАЛАРИДА 2010-2019 ЙИЛЛАРДА КУЗАТИЛГАН ҚУРҒОҚЧИЛИК ҲАВФИНИ БАҲОЛАШ

Ш.Ш. ЗАЙТОВ¹, Э.И. АБДУЛАХАТОВ^{1*}, Д.Ў. ЯРАШЕВ²

¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, sherzodzaitov@gmail.com, erik_sen@mail.ru

² Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети, drxnyarashev@mail.ru

Аннотация: *Тадқиқотда Ўзбекистоннинг шимоли-шарқий қисмидаги Тошкент ва Сурдарё вилоятларининг учта гидрологик ҳавзаларида қурғоқчилик ва ўсимлик қоплами ўзгариши ўртасидаги боғлиқлик тадқиқ этилган. Изланиш жараёнида нормаллаштирилган ўсимлик индекси (NDVI), стандартлаштирилган ёгингарчилик индекси (SPI) ва ўсимлик қопламининг мавсумий ўзгариши тўғрисидаги маълумотлар асосида кучли қурғоқчиликнинг такрорланувчанлиги таҳлил қилинган. Тадқиқотни бажаришда Ўзгидрометнинг 17 та метеорология станцияларида 2010-2019 йилларда ўлчанган ёгингарчилик маълумотларидан фойдаланилган. Ушбу давр учун NDVI индексини ҳисоблашда 16 кун даврийлик билан олинган MODIS TERRA йўлдош маълумотлари қўлланилган.*

Калит сўзлар: *ўсимлик қоплами, қурғоқчилик, ёгингарчилик, NDVI, MODIS TERRA, SPI, Гамма функция, гидрологик ҳавза, масофадан зондаш.*

Кириш. Қурғоқчилик – узоқ вақт куруқ ва иссиқ ҳаво массалари сақланиб туриши оқибатида сув тақчиллигини юзага келтирувчи ҳавфли гидрометеорологик ҳодисадир [Чуб, 2007]. Мавжуд илмий адабиётларда қурғоқчиликнинг тўртта тури ажратилади [Вһуан, 2004]. Уларнинг асосийлари атмосфера ва гидрологик қурғоқчиликлардир. Атмосфера қурғоқчилиги – атмосферада циркуляцион жараёнлар натижасида юқори ҳаво ва тупроқ ҳарорати, шамол тезлиги, ёгингарчиликнинг узоқ вақт давомида бўлмаслиги (ёки ёгингарчиликнинг кўп йиллик ўртача иқлимий кўрсаткичларга нисбатан сезиларли даражада кам бўлиши) билан тавсифланувчи атмосфера ҳодисасидир. Қурғоқчиликнинг кучайиши тупроқ хусусиятлари, жойнинг микроклимий шароити, ўсимликнинг “қаттиқлашув” даражаси ҳамда ўсимлик физиологиясидаги ўзгаришларда сезилади [Петров ва бошқ., 2021]. Бу ҳавфли метеорологик ҳодисани баҳолаш учун одатда “сув буғи босими” қийматларидан фойдаланилади. Қурғоқчилик инсон саломатлиги, ижтимоий-иқтисодий объектларнинг барқарор ишлаши, қишлоқ ва сув хўжалиги, экология ва атроф муҳит ҳамда флора ва фаунага салбий таъсир кўрсатади [Goddard et al., 2003; Вһуан et al., 2006; Rahimzadeh et al., 2012; Khosravi et al., 2017]. Ўзбекистоннинг 78,7% қисмини текислик ҳудудлари ташкил этади [Ҳасанов ва бошқ., 2010]. Сўнгги йилларда глобал иқлим ўзгариши таъсирида бу майдонлар кенгайиб бормоқда [Чуб, 2007]. Ўзбекистоннинг марказий чўл минтақаларида ёз ойларида тупроқ ва ҳаво қурғоқчилигининг ҳавфлилик даражаси ортиб бормоқда. Бу минтақаларда узоқ муддат ёгингарчиликнинг кузатилмаслиги ҳамда иссиқ ва куруқ ҳавонинг давомий узоқ вақт кузатилиши тупроқ қурғоқчилигини кучайтириб, ўсимлик қопламининг камайишига олиб келади. Ҳозирда сунъий йўлдош тасвирларида ўсимлик қопламининг мавсумий ўзгаришидаги ноодатий яшиллик циклининг ўзгараётганини кузатиш имкониятлари

* Масъул муаллиф: erik_sen@mail.ru, тел.: +998 91 2944494