2. Кыргызстан. Окружающая среда и природные ресурсы для устойчивого развития. ПРООН в Кыргызской Республике [Текст]. – Бишкек, 2007. – 92 с.
3. **Дилишатов, О.У.** Влияние климата горных регионов на эксплуатационные характеристики низкопотенциальных солнечных установок [Текст] / О.У. Дилишатов // Инновационные технологии в науке и образовании : матер. V Междун. науч.-практ. конф.– Чебоксары: ЦНС Интерактив плюс, 2016. – С. 63-66.
4. **Allen, R.G.** Assessing integrity of weather data for reference evapotranspiration estimation [Текст] / R.G. Allen.- Irrig. Drain. Eng.,1996.- 122(2).- Pp. 97-106.
5. **Duffle, J. A.** (1980). Solar engineering of thermal proeesses, J. A Duffle and W. A. Beckman, 1st Ed., Wiley, New York.
6. **Duffie, J. A.** (1991). Solar engineering of thermal processes, J. A. Duffie, and W. A. Beckman, 2nd Ed., Wiley, New York.
7. **Recktenwald, G.** (2004). "Solar radiation and solar angles." G Recktenwald, Mechanical Engineering Dept., Portland State Univ., Portland, Ore. N. J Rosenberg, B.I.Blad,.., and Verma, S. B. Microclimate—The biological environment, Wiley. New York. Samani. Z., Nolin, S., Bleiweiss. M., and Skaggs, R. (2005). "Discussion of Predicting Daily Net Radiation Using Minimum Climatological Data." ./. Irrig. Drain. Eug.. 131(4), 388-389.
8. **Tasumi, M.** (2000). Application of the SEBAL methodology for estimating consumptive use of water and si ream flow depletion in the Bear River Basin of Idaho through remote sensing/ Tasumi M., Allen R., and Kramber W.
9. **Исманжанов, А.И.** Разработка и исследование эксплуатационных характеристик мобильной солнечной водонагревательной установки [Текст] / А.И. Исманжанов, С.К. Султанов, И.Р. Рыскулов // Наука. Образование. Техника. – Ош: КУУ, 2014. – №4. – С. 85 – 89.
10. **Исманжанов, А.И.** Исследование эксплуатационных характеристик малометталоемкой солнечной опреснительной установки [Текст] / А.И. Исманжанов, З.К. Эрмекова, И.И. Асанбаев // Наука. Образование. Техника. – Ош: КУУ, 2016. – №3,4. – С. 13 – 17.
11. **Исманжанов, А.И.** Влияние рельефа местности на эксплуатационные характеристики низко потенциальных солнечных теплоэнергетических установок [Текст] / А.И. Исманжанов, О.У. Дилишатов, З.К. Эрмекова // Наука. Образование. Техника. – Ош: КУУ, 2017. – №2. – С. 7 – 15.

DOI:10.54834/16945220_2022_2_35

Поступила в редакцию 04. 04. 2022 г.

УДК 627.81 (575.2)

Адылова Э.С.
ст. преп. Кыргызско-Узбекского Межд. универ. им. Б. Сыдыков, Кыргызская Республика
Омурбекова Г.К.
к.т.н., доцент Кыргызско-Узбекского Межд. универ. им. Б. Сыдыков, Кыргызская Республика
Ормонова Э.М.
ст. преп. Кыргызско-Узбекского Межд. универ. им. Б. Сыдыков, Кыргызская Республика
Жабагыев И.М.
преп. Кыргызско-Узбекского Межд. универ. им. Б. Сыдыков, Кыргызская Республика

МАТЕМАТИКАЛЫК МОДЕЛДЕРДИ КОЛДОНУУ МЕНЕН ТОКТОГУЛ СУУ САКТАГЫЧЫНДАГЫ СУУНУН КӨЛӨМҮНӨ ТААСИР ЭТҮҮЧҮ ФАКТОРЛОРДУ АНЫКТОО

Бул жумушта изилдөөнүн предмети болуп Токтогул гидроэлектростанциянын суунун көлөмү жылдар боюнча талданып, бул суу сактагычтагы болжолдонгон суунун көлөмү каралат. Скалярдык эсептөө алгоритмин жана көп өзгөрмөлүү регрессия теңдемелерин колдонуу менен суунун көлөмүн болжолдоо үчүн математикалык модель түзүү жана аныктоо. Токтогул суу сактагычында топтолгон суунун көлөмүн болжолдуу аныктоо көп сандагы өз алдынча факторлору бар татаал объектилердин классына кирет. Ушуга байланыштуу төмөнкү критерийлер боюнча өндүрүш керек: объективдүү

функцияга таасир бербеген факторлор жана корреляцияланган факторлор (ички байланышы күчтүү). Изилдөө үчүн биз Токтогул суу сактагычындагы суунун көлөмүнүн жылдар боюнча маалыматтарды колдонобуз. Изилдөөнүн жыйынтыгында көп өзгөрмөлүү регрессиялык теңдемени алуунун эки ыкмасы тең адекваттуу экендигин көрсөттү жана бул ыкмалар (моделдер) суунун топтолгон көлөмүн болжолдоо үчүн ылайыктуу деген тыянак чыгарууга мүмкүндүк берет. Изилдөөдө суунун болжолдонгон көлөмүнүн адекваттуу математикалык моделин алуу үчүн Токтогул суу сактагычында, факторлордун тизмесин минимумга чейин кыскартуу сунушу берилди, анткени факторлордун санынын көбөйүшү менен моделдөөнүн татаалдыгы даражалуу функциясы катары жогорулайт.

Негизги сөздөр: *скалярдык метод; көп өзгөрмөлүү регрессия; электр энергиясы; суу сактагыч; математикалык модель; объективдүү функция.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА ОБЪЕМ ВОДЫ В ТОКТОГУЛЬСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

В данной работе предметом исследования является анализирование объема воды на Токтогульской гидроэлектростанции по годам и прогнозный объем воды в этом водохранилище. Создать и определить математическую модель для прогнозирования объема воды с использованием скалярного алгоритма расчета и уравнений многомерной регрессии. Оценка объема воды, хранящейся в Токтогульском водохранилище, относится к классу сложных объектов с большим количеством независимых факторов. В связи с этим производство должно основываться на следующих критериях: факторы, не влияющие на целевую функцию и коррелированные факторы (сильная внутренняя связь). Для исследования используются данные об объеме воды в Токтогульском водохранилище по годам. Исследование показало, что оба метода получения уравнения регрессии с несколькими переменными являются адекватными и эти методы (модели) позволяют сделать вывод, что они подходят для оценки объема накопленной воды. Для получения адекватной математической модели расчетного объема воды в Токтогульском водохранилище предлагается сократить перечень факторов до минимума, поскольку сложность моделирования возрастает в зависимости от степени по мере увеличения количества факторов.

Ключевые слова: *скалярный метод; многомерная регрессия; электричество; резервуар; математическая модель; целевая функция.*

DETERMINATION OF FACTORS INFLUENCING WATER VOLUME IN TOKTOGUL RESERVOIRS USING MATHEMATICAL MODELS

This article analyzes the volume of water at the Toktogul HPP by years and the predicted volume of water in this reservoir. Create and define a mathematical model to predict water volume using a scalar calculation algorithm and multivariate regression equations. Assessment of the volume of water stored in the Toktogul reservoir belongs to the class of complex objects with a large number of independent factors. In this regard, production should be based on the following criteria: factors that do not affect the target function, and correlated factors (strong internal connection). For the study, we use data on the volume of water in the Toktogul reservoir by years. The study showed that both methods of obtaining a regression equation with several variables are adequate, and these methods (models) allow us to conclude that they are suitable for estimating the volume of accumulated water. To obtain an adequate mathematical model for the estimated volume of water in the Toktogul reservoir, it is proposed to reduce the list of factors to a minimum, since the complexity of modeling increases depending on the degree as the number of factors increases.

Key words: *scalar method; multivariate regression; electricity; reservoir; mathematical model; objective function.*

Кыргыз Республикасы үчүн электр энергетикасы өзгөчө маанилүү тармак болуп саналат. Өндүрүлгөн электр энергиясынын негизги бөлүгү экономиканы өнүктүрүүгө: өнөр жайга, айыл чарба өндүрүшүнө жана башкаларга кетет. Кыргыз Республикасы суу ресурстарына бай. Кыргыз Республикасынын суу ресурстарынын энергетикалык потенциалы 162 млрд кВт/саат электр энергиясына (Борбор Азиядагы запастардын 38%) бааланат. Ошондуктан суу ресурстарынын топтолушуна болжолдуу талдоо жүргүзүү азыркы учурда Кыргыз Республикасы үчүн актуалдуу маселе болуп саналат. Токтогул ГЭСиндеги суунун топтолуу көлөмүн динамикалык талдоо үчүн эң кичине квадраттар ыкмасы колдонулган. Бул макала Кыргыз Республикасынын гидрокаскаддарынын аймагындагы табигый-климаттык факторлордун гидроэнергетикалык параметрлери менен аба ырайынын өзгөрүшүнүн ортосундагы байланышты теориялык жак-

тан изилдөөгө жана Кыргыз Республикасындагы Токтогул суу сактагычынын потенциалын аныктоого багытталган [1].

Токтогул суу сактагычында топтолгон суунун көлөмүн болжолдоо маселеси көп сандагы өз алдынча таасир этүүчү факторлор менен татаал маселелердин классына кирет. Эң так математикалык моделди алуу үчүн, бул факторлордун тизмесин минимумга чейин кыскартуу керек, анткени моделдөөнүн татаалдыгы даражалуу функциясы катары алардын санына көбөйөт. Бул жагынан алганда, төмөнкү критерийлер боюнча тандоо керек:

- максаттуу(целевая) функцияга таасирин тийгизбеген факторлор менен факторлор корреляцияланат.

Бул көйгөйдү изилдөө үчүн Токтогул суу сактагычындагы суунун көлөмү жылдар боюнча маалыматтарды колдонобуз (1-таблица) [2].

Математикалык ыкмаларды колдонуу менен, бир нече регрессиялык анализдин жардамы менен болжолдонгон суунун көлөмүн аныктайбыз. Бул методдун маңызы – тандалган параметр үчүн максаттуу функцияга таасир этүүчү бир нече көз карандысыз факторлордун жыйындысы аныкталат жана көз карандылык төмөнкү теңдеме (регрессия теңдемеси) түрүндө чыгарылат [3, 4]:

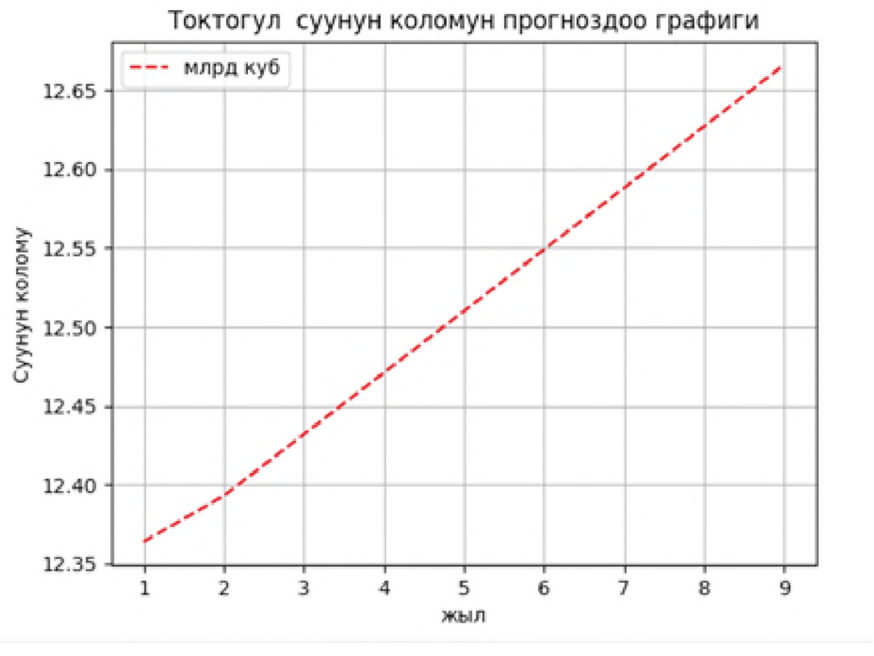
$$y=a_0+a_1x_1+a_2x_2+a_3x_3+a_4x_4, \quad (1)$$

мында y - жалпы көрсөткүчтүн мааниси; a_0 – бош мүчө; x_1, x_2, x_3, x_4 көз карандысыз өзгөрмөлөр; a_1, a_2, a_3, a_4 – жалпы натыйжага таасир этүүчү өзгөрмөлөр.

1-таблицада келтирилген маалыматтарды колдонуу менен эң кичине квадраттар ыкмасынын негизинде, төмөнкүдөй теңдеме аланат:

$$y=12,315+0.039x \quad (2)$$

Бул функциянын графиги төмөнкү сүрөттө көрсөтүлгөн.



1- сүрөт. Токтогул суу сактагычындагы суунун көлөмү

Эгерде y максаттуу функция бир нече параметрден көз каранды болсо (2-таблицаны карайбыз), анда $y=f(x_1, x_2, x_3, x_4)$ көз карандылыгын башка ыкмалар менен алууга болот.

1-таблица. Токтогул суу сактагычында жылдар боюнча топтолгон суунун көлөмү

№ п/п	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	14,664	11,533	9,212	7, 746	10,376	14,723	14,794	13,796	12,292	9,895

2 – сүрөт. Токтогул суу сактагычындагы суунун көлөмүн прогноздоо

2 - таблица. Топтолгон суунун көлөмүнө таасир этүүчү негизги факторлор

Факторлордун белгилениши	Факторлор	Факторлордун аталышы жана алардын белгилениши
X_1	Аба ырайынын таасири	1 - кургак аба ырайы 2 - жаан-чачындуу аба ырайы
X_2	Чарбалык жумуштарга суу чыгаруу	1 - айыл чарба жумуштары үчүн 2 - техникалык чыгуулар
X_3	Электр энергиясын өндүрүү	1 - энергияны чет мамлекеттерге экспорттоо 2 – жабуу үчүн
X_4	Ички керектөө	1 – ачык эмес (непокрытые) 2 – күйүүчү май катары керектөө (топливного покрытия)
X_5	ГЭСтин абалы	1 – начар 2 – жакшы

3 – таблица. Жылдар боюнча Токтогул суу сактагычындагы суунун көлөмүнүн эсептелген жана иш жүзүндөгү маанилеринин салыштырма анализи

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Жылдар	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Иш жүзүндөгү көлөмү, млрд м³	14,664	11,533	9,212	7, 746	10,376	14,723	14,794	13,796	12,292
Болжолдуу көлөмү, млрд м³	12,354	12,393	12,432	12,471	12,51	12,549	12,588	12,627	12,666

1-2-таблицаны эске алуу менен теңдеменин параметрлери эсептелет. Эсептөөлөр эки жол менен жүргүзүлүшү мүмкүн:

1. Скалярдык ыкманы эсептөөнүн алгоритми;
2. Таблицадагы факторлордун белгиленишин колдонуп матрицалар түзүлдү:

$$A = \begin{vmatrix} h & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 \\ X_1 & X_1^2 & X_1X_2 & X_1X_3 & X_1X_4 \\ X_2 & X_1X_2 & X_2^2 & X_2X_3 & X_2X_4 \\ X_3 & X_1X_3 & X_2X_3 & X_3^2 & X_3X_4 \\ X_4 & X_1X_4 & X_2X_4 & X_3X_4 & X_4^2 \end{vmatrix} \qquad (3)$$

$$B = \begin{vmatrix} Y_1 & * & X_1 \\ Y & * & X_2 \\ Y & * & X_3 \\ Y & * & X_4 \end{vmatrix} \qquad (4)$$

Төмөнкү матрицалык теңдеменин жардамы менен чечим табылат:

$$X=A^{-1}*B \qquad (5)$$

Чечилген соң, a_0, a_1, a_2, a_2, a_4 өзгөчө сандык маанилери менен тиешелүү көп регрессиялуу теңдемеси алынат:

$$y=a_0+a_1x_1+a_2x_2+a_3x_3+a_4x_4 \qquad (6)$$

Токтогул суу сактагычында ар кайсы жылдарда топтолгон суунун көлөмүн эсептөө үчүн (6) теңдемени колдонууга болот.

Бул жагдай үчүн регрессия теңдемеси:

$$y\text{-}12,315+0,039x$$

2. Байкоо үчүн маалыматтарды жана математикалык моделдин параметрлерин матрицалык формада жазып алалы.

Көз карандысыз өзгөрмөлөрдүн маанилерин nx (p+i) өлчөмүндөгү тик бурчтуу матрица түрүндө жазылат, мында p – факторлордун саны, n – ар кандай жылдардагы суунун көлөмүнүн иш жүзүндөгү көлөмү.

$$X = \begin{vmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & X_{13} & X_{14} \\ 1 & X_{21} & X_{22} & X_{23} & X_{24} \\ 1 & X_{31} & X_{32} & X_{33} & X_{34} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & X_{10,1} & X_{10,2} & X_{10.3} & X_{10,4} \end{vmatrix} \qquad (7)$$

Бул жерде матрицанын ар бир мамычасы (7) факторлордун биринин n-маанилерине туура келет. Биринчи тилке эркин мөөнөттөгү өзгөрмөлөрдүн маанисин көрсөткөн «1ден» турат.

Эң кичине квадраттардын ыкмаларынан төмөнкүлөрдү алууга болот:

$$S(X^T X)^{-1} X^T Y \qquad (8)$$

Бул учурда белгилүү бир трансформациялардан кийин S вектору (баалоо вектору) төмөнкүдөй болот:

$$S = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{bmatrix}$$

Натыйжада Токтогул суу сактагычындагы суунун көлөмүн аныктоо үчүн регрессиялык теңдеме:

$$y=a_0+a_1x_1+a_2x_2+a_3x_3+a_4x_4 \tag{9}$$

Мында скалярдык метод же матрицалык ыкма менен алынган (6) жана (9) типтеги теңдемелер бирдей болот.

Жыйынтык

Изилдөөнүн натыйжалары көп өзгөрмөлүү регрессиялык теңдемени алуунун эки ыкмасы тең адекваттуу экендигин көрсөттү жана алар Токтогул ГЭСинин электр энергиясы Токтогул суу сактагычындагы суунун топтолушун болжолдоо үчүн ылайыктуу жана ошону менен технологиялык эсептөөлөрдө колдонулушу мүмкүн деген тыянак чыгарууга мүмкүндүк берет.

Адабияттар тизмеси:

1. **Омурбекова, Г.К.** Анализ и прогнозирование производства кремния методом наименьших квадратов [Текст] / Г.К.Омурбекова // Наука.Образование.Техника.- Ош: КУУ, 2015.- №1 (51).- С. 10-14.
2. **Tazabek.** Деловые новости Кыргызстана, обзоры рынков. – URL: www.tazabek.kg., http://www.energo-es.kg. объем воды Токтогульская ГЭС 25.05.2016
3. **Securing, В.Е.** Основы научных вычислений. Введение в численные методы для физиков [Текст] / В.Е. Securing. - М.: Едиториял УРСС, 2002. - 290 с.
4. Моделирование систем и процессов. Под ред. В.Н. Волковой и В.Н. Козлова. – М.: Юрайт, 2015. – 449 с.
5. **Адылова, Э.С.** Сравнительный анализ прогнозов развития энергетики в КР [Текст] / Э.С. Адылова, Ы. Ташполотов, Ч.А. Адылов // Наука. Образование. Техника. – Ош: КУУ, 2013. – № 1. – С. 66 – 67.

DOI:10.54834/16945220_2022_2_43

Поступила в редакцию 16. 04. 2022 г.