



e-ISSN: 2319-8753 | p-ISSN: 2347-6710

IJIRSET

International Journal of Innovative Research in
SCIENCE | ENGINEERING | TECHNOLOGY



INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIVE RESEARCH

IN SCIENCE | ENGINEERING | TECHNOLOGY

Volume 11, Issue 4, April 2022

ISSN INTERNATIONAL
STANDARD
SERIAL
NUMBER
INDIA

Impact Factor: 8.118



9940 572 462



6381 907 438



ijirset@gmail.com



www.ijirset.com

Development of Algorithms for Solving the Problem of Optimization of Operational Management of Water Resources in a Reservoir

Khanimkulov B.R.¹ Gaipov M.Ya.²

Senior Lecturer of the Department of Mathematics, Chirchik State Pedagogical Institute of Tashkent region
Republic of Uzbekistan.¹

Senior Lecturer of the Department of Mathematics, Chirchik State Pedagogical Institute of Tashkent region
Republic of Uzbekistan.²

ABSTRACT: the article considers the development of algorithms for solving the problem of optimizing the operational management of water resources in a reservoir.

KEYWORDS: algorithms, optimization problems, operational control.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ НА ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Ханимкулов Б.Р.¹

*Старший преподаватель кафедры математики
Чирчикского государственного педагогического института Ташкентской области
Республика Узбекистан.¹*

Гаипов М.Я.²

*Старший преподаватель кафедры математики
Чирчикского государственного педагогического института Ташкентской области
Республика Узбекистан.²*

Аннотация: в статье рассмотрено разработка алгоритмов решения задачи оптимизации оперативного управления водными ресурсами на водохранилище.

Ключевые слова: алгоритмы, задачи оптимизации, оперативное управление.

Основные уравнения и метод последовательного приближения, основанные на необходимых условиях оптимальности принципа максимума, опишем для водохранилища в виде:

$$\begin{aligned}
 \frac{dW^B(t)}{dt} &= F_\varepsilon(t) = Q_\Pi(t) - Q_B(t) - Q_n(t) - Q_{non}(t), \\
 W^B(t_0) &= W_0, \\
 \frac{d\psi}{dt} &= -\frac{dQ_n(W^B)}{dW^B} - \psi \cdot \frac{\partial F_\varepsilon}{\partial W^B}(Q_\Pi, Q_B, Q_n, Q_{non}), \\
 \psi(T) &= -2[W^B(T) - W^*], \quad t_0 < t < T, \\
 I' &= -\psi(t) \\
 u_{s+1}(t) &= \begin{cases} u_s(t) + \alpha_s \psi(t) & \text{при } u_{\min} \leq u_s(t) + \alpha_s \psi(t) \leq u_{\max}, \\ u_{\min} & \text{при } u_s(t) + \alpha_s \psi(t) < u_{\min}, \\ u_{\max} & \text{при } u_s(t) + \alpha_s \psi(t) > u_{\max}, \end{cases}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Здесь $\psi(t)$ – сопряженный переменный к $W^B(t)$.

Дискретный аналог первого дифференциального уравнения записывается следующим образом:

$$\frac{W^{Bk+1} - W^{Bk}}{\Delta t_k} = Q_\Pi^k - Q_B^k - Q_n^k - Q_{non}^k \tag{2}$$

$$W_i^{B0} = W_{i0}^B; k = 0, 1, 2, \dots$$

Верхние индексы $k+1$ и k – означают то, что соответствующие переменные берутся в моменты t_{k+1} и t_k , $\Delta t_k = t_{k+1} - t_k$ – шаг дискретизации по времени.

Аналогично аппроксимируется дифференциальное уравнение для сопряженных переменных.

$$\frac{\psi^{k+1} - \psi^k}{\Delta t_k} = -\frac{dQ_n(W^B)}{dW^B} - \psi^k \frac{\partial F_\varepsilon}{\partial W^B}(Q_\Pi, Q_B, Q_n, Q_{non})^k, \tag{3}$$

$$\psi^N = -2[W^B(T) - W^*], \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

Ограничения на режим водохранилища имеют вид:

$$\begin{aligned}
 W^{B\min} &\leq W^{Bk} \leq W^{B\max}; \\
 Q^{B\min} &\leq Q^k \leq Q^{B\max};
 \end{aligned} \tag{4}$$

$$j = 1, 2, \dots, N_B.$$

Критерии качества управления запишутся следующим образом:

$$I_2 = \sum_{k=1}^K Q_n \Delta t + (W^B - W^B(T))^2 \tag{5}$$

Алгоритм решения задачи оптимизации управления режимами наполнения и сработки водохранилища сезонного регулирования следующий:

- 1 задаются начальные приближения функции для управлений, удовлетворяющие ограничениям в (3);
- 2 решается первая краевая задача из системы с начальным условием $W(t_0) = W_0$ в прямом времени;
- 3 по третьей формуле вычисляется и значение критерия управления;
- 4 решая вторую краевую задачу в обратном направлении, вычисляется сопряженная функция $\psi(t)$ за период $t \in [t_0, T]$ в обратном времени;

5 с помощью последнего выражения в (2.10) вычисляется $u_{k+1}(t)$.

Всё это выполняется до тех пор, пока не выполняется условие:

$$I_{k+1} - I_k \leq \beta, \beta > 0, k = 1, 2,$$

Таким образом, решение задачи оптимального управления водохранилищем осуществлено для двух этапов: в первом этапе решается задача наполнения водохранилища во вневегетационный период с начальным

условием $W(t_0) = W_0$, а во втором этапе решается задача сработки в вегетационный период с начальным условием $W(T) = W_T$.

Представленный метод оптимального управления водохранилищем позволяет обеспечить план-график водоподачи и сократить непроизводительные расходы водных ресурсов на испарение и фильтрацию, что особенно важно в настоящее время, когда наблюдается дефицит водных ресурсов.

Разработка алгоритмов решения задачи оптимизации оперативного управления водными ресурсами на участке канала. Наиболее распространенный метод расчета оптимального управления, использующий необходимые условия оптимальности - метод градиентного поиска. Необходимые условия оптимальности для задачи, описываемыми дифференциальными уравнениями в частных производных, рассмотрены в работах. Идея метода для рассматриваемой задачи заключается в том, что если управления $u_1(t)$, $u_2(t)$ не являются оптимальными, то приращение управлений выбирается так, чтобы обеспечить движение в направлении, противоположном градиенту вариации функционала.

В случае достижения управлением своих верхних (нижних) границ, соответствующие величины в левых частях выражений для граничных условий должны быть неположительными (неотрицательными).

Сопряженные переменные λ_1, λ_2 удовлетворяют следующим дифференциальным уравнениям:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \lambda_1}{\partial t} = & \left(\frac{B'}{B^2} \cdot \frac{\partial Q}{\partial x} \right) \lambda_1 + \left[-\frac{2Q\omega'}{\omega^2} \cdot \frac{\partial Q}{\partial x} - g \frac{I \cdot Q^2 (2\omega c' - c \omega')}{\omega^2 c^3} - \right. \\ & \left. - g \frac{Q|Q|(2\omega K' - K\omega')}{K^3} \right] \lambda_2 - \left[g\omega \left(1 - \frac{Q^2}{(\omega c)^2} \right) \right] \frac{\partial \lambda_2}{\partial x} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \lambda_2}{\partial t} = & \left(\frac{B'}{B^2} \cdot \frac{\partial Z}{\partial x} \right) \lambda_1 + \left[\frac{2gIQ}{(\omega c)^2} - \frac{2g\omega|Q|}{K^2} + \left(\frac{2gQ}{(\omega c)^2} + \frac{2Q}{\omega} \right) \frac{\partial Z}{\partial x} \right] \lambda_2 + \\ & + \left(\frac{1}{B} \right) \frac{\partial \lambda_1}{\partial x} + \left(\frac{2Q}{\omega} \right) \frac{\partial \lambda_2}{\partial x} + \left(\frac{1}{B} \right) \frac{\partial \lambda_1}{\partial x} + \left(\frac{2Q}{\omega} \right) \frac{\partial \lambda_2}{\partial x} \end{aligned} \quad (7)$$

граничными условиями:

$$\begin{aligned} g\omega[1 - Q^2 |(\omega c)^2] \lambda_2 |_{x=0} &= 0 \\ Z(e, t) - Z^* + g\omega[1 - Q^2 |(\omega c)^2] \lambda_2 |_{x=e} &= 0 \end{aligned} \quad (8)$$

С условиями в конце процесса управления:

$$\lambda_1(x, T) = \lambda_2(x, T) = 0 \quad (9)$$

Для численного решения этих краевых задач удобно записать системы уравнений в характеристической форме [1].

Характеристическая форма записи для основной системы матричных уравнений имеет вид:

$$S \frac{\partial U}{\partial t} + \Lambda S \frac{\partial U}{\partial X} = F(U, K, t), \quad (10)$$

где:

$$\begin{aligned} S &= \begin{bmatrix} 1 & -B(v+C) \\ 1 & -B(v-C) \end{bmatrix}; & U &= \begin{bmatrix} Q \\ Z \end{bmatrix}; \\ \Lambda &= \begin{bmatrix} v-C & 0 \\ 0 & v+C \end{bmatrix}, & F &= -BIv^2 - q\omega \frac{Q|Q|}{K}. \end{aligned} \quad (11)$$

Характеристическая форма для системы уравнений для сопряженных переменных записывается следующим образом:

$$R \frac{\partial V}{\partial t} + LR \frac{\partial V}{\partial X} = D \quad (12)$$

Здесь

$$R = \begin{bmatrix} 1 & -\frac{v-c}{B(c^2-v^2)} \\ 1 & -\frac{v+c}{B(c^2-v^2)} \end{bmatrix}; \quad V = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix}; \quad (13)$$

$$L = \begin{bmatrix} v+c & 0 \\ 0 & v-c \end{bmatrix}; \quad D = \begin{pmatrix} D_1 \\ D_2 \end{pmatrix};$$

$$D_1 = G_1 + \frac{c-v}{B(c^2-v^2)} \cdot G_2, \quad D_2 = G_1 - \frac{c+v}{B(c^2-v^2)} \cdot G_2,$$

$$G_1 = \left(\frac{B'}{B^2} \cdot \frac{\partial Z}{\partial x} \right) \lambda_2 - \left[\frac{2qIQ}{(\omega c)^2} - \frac{2q\omega|Q|}{K^2} + \left(\frac{2qQ}{\omega c^2} + \frac{2Q\omega\omega}{\omega^2} \right) \frac{\partial Z}{\partial x} \right] \lambda_1,$$

$$G_2 = - \left(\frac{B'}{B^2} \cdot \frac{\partial Q}{\partial x} \right) \lambda_2 - \left[\frac{2q\omega'}{\omega} \cdot \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{qIQ(2\omega c' - c\omega')}{\omega^2 c^3} - \frac{qQ|Q|(2\omega K' - K\omega')}{K^3} \right] \cdot \lambda_1,$$

Градиенты по управлению определяются следующим образом:

$$\frac{\partial \delta I}{\partial u_1} = \left[\left(\frac{1}{B} \right) \lambda_1 + \left(\frac{2Q}{\omega} \right) \lambda_2 \right] \Big|_{x=0} \quad (14)$$

$$\frac{\partial \delta I}{\partial u_2} = \left[\left(\frac{1}{B} \right) \lambda_1 - \left(\frac{2Q}{\omega} \right) \lambda_2 \right] \Big|_{x=l} \quad (15)$$

Приращение управлений по методу градиентного спуска имеет вид

$$\Delta u_1(t) = \alpha_1 \left\{ \left[\left(\frac{1}{B} \right) \lambda_1 + \left(\frac{2Q}{\omega} \right) \lambda_2 \right] \Big|_{x=0} \right\} \quad (16)$$

$$\Delta u_2(t) = \alpha_2 \left\{ \left[\left(\frac{1}{B} \right) \lambda_1 - \left(\frac{2Q}{\omega} \right) \lambda_2 \right] \Big|_{x=l} \right\}$$

где λ_1, λ_2 – сопряженные переменные, определяемые из необходимых условия оптимальности $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – малые постоянные величины.

Минимизирующая последовательность управлений определяется следующим образом:

$$u_{1s+1}(t) = \begin{cases} u_{1s}(t) + \Delta u_{1s}(t) & \text{при } u_{1\min} \leq u_{1s}(t) + \Delta u_{1s}(t) \leq u_{1\max}, \\ u_{1\min} & \text{при } u_{1s}(t) + \Delta u_{1s}(t) < u_{1\min}, \\ u_{1\max} & \text{при } u_{1s}(t) + \Delta u_{1s}(t) > u_{1\max}, \end{cases} \quad (17)$$

$$u_{2s+1}(t) = \begin{cases} u_{2s}(t) + \Delta u_{2s}(t) & \text{при } u_{2\min} \leq u_{2s}(t) + \Delta u_{2s}(t) \leq u_{2\max}, \\ u_{2\min} & \text{при } u_{2s}(t) + \Delta u_{2s}(t) < u_{2\min}, \\ u_{2\max} & \text{при } u_{2s}(t) + \Delta u_{2s}(t) > u_{2\max}, \end{cases} \quad (18)$$

Алгоритм градиентного поиска [4] состоит из следующих шагов:

1. задать начальные значения управлений $u_{10}(t), u_{20}(t)$;
2. решить основную задачу (18) с учетом граничных условий для случая заданных расходов насосных станций;
3. рассчитать значения критерия (1.42) для одного участка;
4. решить сопряженную краевую задачу (2.21) с начальными и граничными условиями (2.17) и (2.18);
5. провести приближения управлений методом проекций градиента;
6. провести локальное улучшение управлений $u_1(t), u_2(t)$, минимизируя выбором α_1, α_2 ;

7. проверить условие останова $|I_K - I_{K-1}| \leq \delta_0$ где δ_0 - положительная малая константа, K - шаг вычислений;

8. если условие останова не выполнено, возвратиться в начало схемы алгоритма оптимального управления.

Для программной реализации данного принципа оптимального управления участком канала необходимо произвести качественный анализ численного решения по указанному алгоритму с целью повышения точности расчетов и снижения затрат машинного времени и оперативной памяти. Ниже приведен алгоритм реализации оптимального управления участком магистрального канала. Численный алгоритм реализации оптимального управления участком канала согласно методу проекции градиента, $m + 1$ -е приближение управления

Отсюда видно, что для вычисления их численных значений необходимо решить краевую задачу для дифференциальных уравнений в частных производных по основным переменным $Q(x, t)$, $Z(x, t)$, а также краевую задачу для дифференциальных уравнений в частных производных по сопряженным переменным $\lambda_1(x, t)$, $\lambda_2(x, t)$.

Разработка декомпозиционных алгоритмов решения задач оптимизации комплекса сооружений водохозяйственных объектов. Задачи оптимального управления комплексом сооружений водохозяйственных объектов относятся к задачам управления сложными системами с большой размерностью и со многими критериями. В предыдущей главе многокритериальные задачи оптимального управления этими объектами были сведены к однокритериальным задачам оптимального управления.

Проблема декомпозиции или сведение задач большой размерности к решению ряда более простых задач является одной из центральных аспектов в теории больших систем.

Основу декомпозиции задач большой размерности составляют два подхода [4, 5]. Первый – декомпозиционный подход Данцига-Вульфа, за основу которого принимается разбиение условий, например, задачи линейного программирования по строкам; обеспечивающий решение прямой и двойственной задачи, сокращение невязок, уточнение оценок и т.д. Этот подход распространяется и на нелинейные задачи, для этого используются приемы, связанные с минерализацией и аппроксимацией, а также используются градиентные и игровые методы.

Второй декомпозиционный подход – это подход Корнеи-Липтака, в котором за основу берется разбиение линейных ограничений задачи по столбцам, обеспечивающий решение максимальной задачи с использованием метода Брауна из теории игр, использование метода возможных направлений и множителей Лагранжа при организации спуска по градиенту, выравнивание двойственных оценок и другие. Этот подход был развит для нелинейных блочно-сепарабельных задач математического программирования.

В последние годы были разработаны другие принципиальные схемы разложения. Это – декомпозиция на основе релаксации ограничений, разложение, связанное с агрегированием переменных, параметрическая декомпозиция и т.д. Применение тех или иных численных методов оптимизации, например, градиентного или покомпонентного спуска может привести к разбиению на независимые подзадачи.

Метод декомпозиции на основе агрегирования переменных можно применить для динамической задачи оптимального управления с квадратичным критерием качества. Эффективность использования декомпозиции по сравнению с прямым решением данной задачи заключается в том, что решение агрегированных задач сводится к простым линейным уравнениям с одной неизвестной величиной и проблема ограниченной оперативной памяти компьютера не возникает.

Литература:

1. Чуб В.Е.Агальцева, Н.А., Мягков С.В. (САНИГМИ), "Методы прогноза режима природных вод", "Экологическая устойчивость и передовые подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря" сборник статей Центрально-Азиатской международной научно-практической конференции, 5-8 мая, Алматы 2003 г. стр.274-281.
2. Агальцева Н.А Долгосрочные прогнозы стока малых рек // Тр. САНИГМИ. - 2001. – вып.163(244), стр. 113-122.
3. Агальцева Н.А Долгосрочный прогноз притока в Нурекское водохранилище на реке Вахш // САНИГМИ, - 1996. Вып. 149 (230),стр. 101-108.
4. Агальцева Н.А., Василина Л.Ю. Долгосрочный прогноз притока воды в Чарвакское водохранилище // Тр. САНИГМИ. - 1992. - Вып. 145, стр. 52-58
5. Мягков С.В. Метод долгосрочного прогноза стока реки Амударья в створах п.Керки и п.Дарганата с учетом хозяйственной деятельности // Руководящий документ. Методические указания. РН 68.02.07:2001. - Ташкент: САНИГМИ. -2001г.,стр. 15.



6. Шерматов Е. Динамическая модель климатических показателей Средней Азии. Современное состояние подземных вод: проблемы и их решения. Материалы Международно-практической конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения Н.А. Кенесарина Ташкент, 2008, стр.89-91.
7. Шерматов Е. и др. Один из подходов к вопросу прогноза объема стока реки Амударья в зависимости от изменчивости солнечной активности //Материалы республиканской научно-практической конференции, посвященной «Проблемы улучшения обеспеченности, качества водных ресурсов и мелиорации орошаемых земель республики Узбекистан» - Ташкент, 2013 –стр. 217-224.
8. A ZhSeitov, BR Khanimkulov. [Mathematical models and criteria for water distribution quality in large main irrigation canals](#). Academic research in educational sciences. Uzbekistan. Ares.uz. Vol. 1. №2, 2020. ISSN 2181-1385. Pp.405-415. (№5, web of science IF=5.723)
9. А. Ж. Сейтов, Б. Р. Ханимкулов, М. Гаипов, О. Хамидуллаева, Н. К. Мурадов. Численные алгоритмы решения задач оптимального управления объектами каршинского магистрального канала. academicresearchineducationalsciencesvolume 2 | ISSUE 3 | 2021 ISSN: 2181-1385 ScientificJournalImpactFactor (SJIF) 2021: 5.723 DOI: 10.24411/2181-1385-2021-00519. pp. 1145-1153. (№5, web of science IF=5.723)
10. Ханимкулов, Б. Р. (2021). ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОТ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ. Экономика и социум, 5 (84).
11. Шерматов, Е., Якубов, М. А., Ханимкулов Б. Р. (2021). ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БАСЕЙНА ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ АМУДАРЬИ. Экономика и социум, 5 (84).



**Impact Factor:
7.569**



INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIVE RESEARCH

IN SCIENCE | ENGINEERING | TECHNOLOGY

 **9940 572 462**  **6381 907 438**  **ijirset@gmail.com**



www.ijirset.com

Scan to save the contact details