Water and Soil Management and Modeling

Online ISSN: 2783 - 2546

University of Mohaghegh Ardabili

Assessing the status of various irrigation methods in Hokmabad lands of Tabriz city with the Charles Burt method

Javid Nayebi[1], Iman Hajirad[2], Masoud Pourgholam-Amiji[2]*, Ardavan Azari[3], Siamak Panahzadeh[4]

[1] Senior Expert, Department of Irrigation and Drainage, Yekom Consulting Engineers Company, Tehran, Iran
[2] Ph.D. Student, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
[3] Head, Department of Drainage, Yekom Consulting Engineers Company, Tehran, Iran
[4] Manager, Department of Irrigation and Drainage, Yekom Consulting Engineers Company, Tehran, Iran

Extended Abstract

Introduction

Water is one of the most important factors for the production of agricultural products and as one of the vital things for life, it is very important. However, in many regions of the world, water resources are limited and due to population growth and climate change, the use of water resources has become a big challenge. Therefore, choosing the best irrigation method for the production of agricultural products is very important and necessary. Today, there are different irrigation methods for the production of agricultural products, each of which has its characteristics and advantages. For example, irrigation methods such as drip irrigation, subsurface irrigation, sprinkle irrigation, surface irrigation, and irrigation using smart systems are very popular and widely used today. To choose the best irrigation method, one should pay attention to various factors such as soil type, crop, weather conditions, and the amount of water needed for the crops. In addition, methods that are economical and less harmful to the environment should be used. The proposed irrigation method in the improvement plan, on the one hand, should have sufficient capabilities to supply water requirements and reduce operating and maintenance costs, and on the other hand, it should be designed and selected according to the technical, economic, and social conditions of the region. The factors that are effective in choosing irrigation methods include soil conditions, topography, slope, water quality, climatic conditions, irrigation efficiency, area of agricultural units and land use system, groundwater level, plant water requirement, investment, maintenance and operation costs, existing experiences, and socio-economic considerations. At the same time, irrigation methods can include the improvement of existing irrigation methods to completely advanced systems.

Materials and Methods

The area studied in this research was Tabriz Grand Park in the northwest of Tabriz city. This surface area includes 864 hectares, of which 328 ha are located in area one and 536 ha in area two. The only source of water in the area is a well, and surface water sources are not used in the agricultural lands of Tabriz Park. On the other hand, the source of water supply for the agricultural lands of Hokmabad is groundwater sources (agricultural wells) and the common irrigation method in the agricultural lands of Tabriz Grand Park is the gravity irrigation method of the basin type. In this research, Charles Burt's scoring method was used to select the best irrigation method in the study area. By using this method, it is possible to easily identify the weak and strong points of irrigation systems and improve their efficiency. The criteria and features that were considered for scoring included the following items: Crop (corn, cotton in a wet place, cotton in a dry place, alfalfa, small grains, etc.), Water source (groundwater well, flexible surface water distribution, inflexible surface water distribution, etc.), Climate (temperature conditions, wind, rain, frost, etc.), Land (irregularly shaped land, obstacles in the land, steep slopes, steep rocky lands, etc.), and socio-structural conditions (access to parts, type of management, labor, user skill, etc.). Each irrigation system has a specific efficiency for each criterion, which is indicated by positive, zero, and negative signs. A positive sign means that this irrigation system is a suitable system according to this criterion and feature. The zero sign indicates that the criterion does not play a role in choosing the system, and the negative sign indicates that the irrigation system is not suitable for this specific feature.

Results and Discussion

What is important in choosing an irrigation method is to choose methods that can be implemented. The purpose of this research is to select the most suitable irrigation method for the agricultural lands of Tabriz Park based on effective physical factors such as crop, water source, land, climate, and socio-structural conditions and using Charles Burt's scoring method. To choose the appropriate irrigation system for the study area, the physical factors

Water and Soil Management and Modeling

Online ISSN: 2783 - 2546

University of Mohaghegh Ardabili

effective in choosing the irrigation system in six areas of crop, water source, land, climate, and social-structural conditions have been examined and the results are presented below. According to Charles Burt's scoring method, in sprinkle irrigation, the classical fixed system received a score of one negative, which indicates that the system is not suitable for the study area due to these characteristics. Also, in surface irrigation and drip irrigation, the highest scores of three positive and two positives were observed, respectively, and this means that these irrigation systems will be a suitable system for the studied area according to these criteria and characteristics. The results showed that basin irrigation is the most appropriate in the agricultural lands of Hokmabad, Tabriz city.

Conclusion

In general, based on the scoring method of Charles Burt, among the options of sprinkle irrigation, the classic fixed system, the drip methods, the tape system, and the surface methods, the basin system was suitable for the agricultural lands of Hokmabad, Tabriz city. The results showed that the scoring method used, despite its simple instructions, is a practical method for choosing the most suitable irrigation system. The results showed that the basin system is suitable for the study area in terms of crop, climate, water source, and socio-structural conditions. In rain irrigation, the classic fixed system in terms of land, crop type, and socio-structural structure received a score of zero, which indicated that there is no relationship between the irrigation system and these factors in the region. Among the drip methods, the tape system received a score of one positive in terms of crop type, land, and water source, which showed that the system is suitable for the region due to its characteristics. However, due to the need for high management and skill and the possibility of vandalism, it has problems from a socio-structural point of view, but from the point of view of the crop, land, and water source, it is considered among the best options. Also, among the surface irrigation methods, the basin system is a suitable system from the point of view of the type of crop and land.

Keywords: Charles Burt method, Crop, Irrigation systems, Scoring, Water shortage

Article Type: Research Article

Acknowledgment

We want to express our sincere gratitude to the Yekom Consulting Engineers Company for the financial and logistical support that they significantly contributed during the research project.

Conflicts of interest

The authors of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Data availability statement

All data generated during the manuscript analysis are included in the article. Further datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Authors' contribution

Javid Nayebi: Resources, field data collection, writing, original draft preparation; **Iman Hajirad:** Methodology, results interpretation, writing-review and editing, software, manuscript editing; **Masoud Pourgholam-Amiji:** Software, results interpretation, formal analysis and investigation, manuscript editing, final review; **Ardavan Azari:** Conceptualization, final editing; **Siamak Panahzadeh:** Supervision, final report review

*Corresponding Author, E-mail: Mpourgholam6@ut.ac.ir

Citation: Nayebi, J., Hajirad, I., Pourgholam-Amiji, M., Azari, A., & Panahzadeh, S. (2024). Assessing the status of various irrigation methods in Hokmabad lands of Tabriz city with the Charles Burt method. *Water and Soil Management and Modeling, 4*(3), 253-268.
DOI: 10.22098/mmws.2023.13078.1301

Received: 07 June 2023, Received in revised form: 25 July 2023, Accepted: 25 July 2023, Published online: 25 July 2023
Water and Soil Management and Modeling, Year 2024, Vol. 4, No. 3, pp. 253-268

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili

© Author(s)

مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک

شاپا الکترونیکی: ۲۵۴۶-۲۷۸۳

ارزیابی وضعیت انواع روش‌های آبیاری در اراضی حکم‌آباد شهر تبریز با روش چارلز برت

جاوید نایبی[۱]، ایمان حاجی‌راد[۲]، مسعود پورغلام آمیجی[۲*]، اردوان آذری[۳]، سیامک پناهزاده[۴]

[۱] کارشناس ارشد، بخش آبیاری و زهکشی، شرکت مهندسین مشاور یکم، تهران، ایران
[۲] دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران،کرج، ایران
[۳] رئیس، بخش زهکشی، شرکت مهندسین مشاور یکم، تهران، ایران
[۴] مدیر، بخش آبیاری و زهکشی، شرکت مهندسین مشاور یکم، تهران، ایران

چکیده

آب یکی از مهم‌ترین عوامل تولید محصولات کشاورزی بوده و به‌عنوان یکی از موارد حیاتی برای زندگی از اهمیت بالایی برخوردار است. با این حال، در بسیاری از مناطق جهان، منابع آب محدود است و به‌دلیل رشد جمعیت و تغییرات آب و هوایی، استفاده از منابع آب به یک چالش بزرگ تبدیل شده است. بنابراین، انتخاب بهترین روش آبیاری برای تولید محصولات کشاورزی بسیار مهم و ضروری است. لذا به‌منظور بهره‌گیری بهینه از منابع آب و خاک، بررسی و انتخاب روش‌های مختلف آبیاری ضرورت دارد. عوامل مختلفی در انتخاب نوع سامانه‌های آبیاری وجود دارد که انتخاب سامانهٔ مناسب با شرایط مختلف را به مسئله پیچیده‌ای تبدیل کرده است. در پژوهش حاضر، برای انتخاب بهترین سامانهٔ آبیاری در اراضی کشاورزی حکم‌آباد شهر تبریز، از سامانهٔ امتیازدهی چارلز برت در بین انواع سامانه‌های آبیاری بارانی شامل کلاسیک ثابت، جابه‌جایی دستی، آب‌فشان چرخ‌دار، قرقره‌ای، دوار مرکزی، خطی و سامانه‌های آبیاری موضعی شامل تیپ، قطره‌ای، مه‌پاش و بابلر کم‌فشار و سامانه‌های آبیاری سطحی شامل آبیاری غرقابی، کرتی، نواری، نشتی مکانیزه و نشتی استفاده شد. در این روش برای امتیازدهی از خصوصیاتی هم‌چون نوع محصول، منبع آب، اقلیم، زمین و شرایط اجتماعی–ساختاری منطقه استفاده شد تا بهترین نوع سامانهٔ آبیاری که تناسب بیش‌تری با منطقهٔ مورد مطالعه دارد، انتخاب شود. با استفاده از روش امتیازدهی چارلز برت، نتایج نشان داد که سامانهٔ آبیاری کرتی از نظر محصول، اقلیم، منبع آب و شرایط اجتماعی–ساختاری برای منطقهٔ مورد مطالعه مناسب است. در آبیاری بارانی، سامانهٔ کلاسیک ثابت از نظر زمین، نوع محصول و ساختار اجتماعی–ساختاری امتیاز صفر را دریافت کرد که نشان‌دهندهٔ آن بود که هیچ ارتباطی بین سامانهٔ آبیاری و این عوامل در منطقه وجود ندارد. در بین روش‌های موضعی، سیستم تیپ از نظر محصول، زمین و منبع آب جزء گزینهٔ برتر به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: امتیازدهی، روش چارلز برت، سامانهٔ آبیاری، کمبود آب، محصول

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Mpourgholam6@ut.ac.ir

استناد: نایبی، جاوید، حاجی‌راد، ایمان، پورغلام آمیجی، مسعود، آذری، اردوان، و پناهزاده، سیامک (۱۴۰۳). ارزیابی وضعیت انواع روش‌های آبیاری در اراضی حکم‌آباد شهر تبریز با روش چارلز برت. *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۴(۳)، ۲۵۳–۲۶۸.
DOI: 10.22098/mmws.2023.13078.1301

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۷، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۵/۰۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۳، تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۵/۰۳
مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، سال ۱۴۰۳، دوره ۴، شماره ۳، صفحه ۲۵۳ تا ۲۶۸
ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی

© نویسندگان

۱- مقدمه

کشاورزی، همیشه نیازمند اراضی آبی بوده و عملکردی که از اراضی فاریاب حاصل می‌شود، همیشه بیش‌تر از اراضی دیم بوده است. با توجه به محدودیت منابع آب در کشور، لزوم انتخاب بهترین روش آبیاری برای زراعت محصولات بسیار اهمیت بالایی دارد. این پژوهش نیز با همین هدف انجام شد. آب، یکی از مهم‌ترین عوامل برای تولید محصولات کشاورزی است و به‌عنوان یکی از موارد حیاتی برای زندگی، از اهمیت بسیاری برخوردار است. با وجود این، در بسیاری از مناطق دنیا، منابع آبی محدود هستند و به‌دلیل رشد جمعیت و تغییرات آب و هوایی، استفاده از منابع آبی به یک چالش بزرگ تبدیل شده است. بنابراین، انتخاب بهترین روش آبیاری برای تولید محصولات کشاورزی، بسیار مهم و حائز اهمیت است (Shahzad et al., 2021). امروزه، روش‌های آبیاری مختلفی برای تولید محصولات کشاورزی وجود دارد که هر یک از آن‌ها، ویژگی‌ها و مزایای خود را دارند (Derpsch et al., 2010; Jahantigh, 2021; Nayebi et al., 2023). به‌عنوان مثال، روش‌های آبیاری مانند آبیاری قطره‌ای، قطره‌ای زیرسطحی، بارانی، سطحی و آبیاری با استفاده از سامانه‌های هوشمند، بسیار محبوب و پرکاربرد هستند (Sable et al., 2019; Pourgholam-Amiji et al., 2023). برای انتخاب بهترین روش آبیاری، باید به عوامل مختلفی مانند نوع خاک، نوع محصول، شرایط آب و هوایی و میزان آب مورد نیاز برای محصولات توجه کرد. به‌علاوه، باید از روش‌هایی که از لحاظ اقتصادی به‌صرفه هستند و به محیط زیست آسیب کم‌تری می‌رسانند، استفاده کرد (Dwijendra et al., 2022; Pourgholam-Amiji et al., 2023). روش آبیاری پیشنهادی به‌منظور بهره‌گیری بهینه از منابع آب از یک طرف باید دارای قابلیت‌های کافی در تأمین نیازهای آبی و کاهش هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری باشد و از طرف دیگر با توجه به شرایط فنی، اقتصادی و اجتماعی منطقه، طراحی و انتخاب شود (Veisi et al., 2022). عواملی که در انتخاب روش‌های آبیاری مؤثر است شامل شرایط خاک، توپوگرافی، شیب اراضی، کیفیت آب، شرایط اقلیمی، راندمان آبیاری، مساحت واحدهای زراعی، نظام بهره‌برداری از اراضی، سطح آب زیرزمینی، نیازهای آبی گیاه، هزینه‌های سرمایه‌گذاری و نگهداری و بهره‌برداری، تجارب موجود و ملاحظات اجتماعی–اقتصادی است. در عین حال روش‌های آبیاری می‌تواند از بهبود روش‌های آبیاری موجود تا سامانه‌های کاملاً پیشرفته را شامل شود. لذا، آن‌چه در انتخاب روش آبیاری اهمیت به‌سزایی دارد، انتخاب روش‌هایی است که امکان اجرا را داشته باشد (Burt et al., 1997).

برای انتخاب سامانهٔ آبیاری مناسب روش‌های مختلفی وجود دارد که شامل مجموعه‌ای از روش‌های برنامه‌ریزی چندمعیاره است؛ به‌طور مثال، می‌توان به روش‌هایی هم‌چون، روش برنامه‌ریزی توافقی، برنامه‌ریزی خطی، روش تحلیل سلسه‌مراتبی، روش تصمیم‌گیری چندمعیاره، روش ماتریس امتیاز معیاره و روش امتیازدهی چارلز برت یا Charles Burt's Scoring Method اشاره نمود (Zeleny, 1973; Saaty, 1980; Caswell and Zilberman, 1985; Keller and Bliesner, 1990; Burt et al., 1997; Gavade, 2014). بنابراین، استفاده از این روش‌ها برای پذیرش کشاورزان در خصوص انتخاب انواع روش‌های آبیاری و عوامل مؤثر بر آن به‌صورت گسترده استفاده شده است. روش چارلز برت روشی است که به‌صورت ساده و قابل فهم، به کاربران امکان انتخاب سامانهٔ آبیاری مناسب برای منطقهٔ خود را می‌دهد (Burt et al., 1997). هم‌چنین، این روش از جمله روش‌های مورد استفاده در بسیاری از کشورها برای انتخاب سامانهٔ آبیاری مناسب است (Saaty, 1980). در این مورد مطالعات مختلفی برای استفاده از این روش‌ها به‌عنوان یک ابزار تصمیم‌گیری مهم صورت گرفته است. در پژوهشی که توسط Majnooni Heris et al. (2015) تحت عنوان انتخاب مناسب‌ترین سامانهٔ آبیاری در دشت‌های فامنین، قهاوند و رزن انجام شد. از روش امتیازدهی چارلز برت برای انتخاب مناسب‌ترین سامانهٔ آبیاری در بین انواع سامانه‌های بارانی (کلاسیک ثابت، جابه‌جایی دستی، جابه‌جایی چرخ‌دار، قرقره‌ای، دوار مرکز، سامانهٔ خطی) و سامانهٔ موضعی (تیپ، قطره‌ای و بابلر) و سامانه‌های سطحی (آبیاری کرتی، نواری و جویچه‌ای) در دشت‌های فامنین، قهاوند و رزن در استان همدان استفاده شد. هم‌چنین، برای امتیازدهی از خصوصیاتی مانند نوع محصول، نوع منبع آب، اقلیم، زمین و شرایط اجتماعی و ساختاری منطقه استفاده و نتایج نشان داد که در بین روش‌های آبیاری، در روش بارانی، کلاسیک ثابت، در روش موضعی سیستم تیپ و در روش سطحی، سیستم کرتی بیش‌ترین تناسب را با شرایط منطقه داشت.

از سایر پژوهش‌ها، Naeini et al. (2019) ارزیابی سامانه‌های آبیاری نخلستان‌های بوشهر و تعیین مناسب‌ترین سامانه با استفاده از روش AHP را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه معیارهای فنی–اجرایی مؤثر در انتخاب سامانهٔ آبیاری ۳۹/۱، معیارهای اقتصادی ۸/۹، معیارهای اجتماعی ۲۱، معیارهای بهره‌برداری و نگهداری و ۱۹/۹ و معیارهای محیط زیستی ۱۱ درصد نقش داشتند. نتایج مدل تصمیم‌گیری نشان داد که در استان بوشهر، سامانهٔ آبیاری قطره‌ای بابلر و در مناطقی از استان بوشهر که امکان اجرای آبیاری قطره‌ای بابلر وجود ندارد، اصلاح سامانهٔ آبیاری سنتی غرقابی به سامانهٔ آبیاری جوی و پشته‌ای یکی در میان، به‌عنوان سامانهٔ برتر انتخاب شد. در مطالعهٔ دیگری Moradzadeh et al. (2019) به ارزیابی موقعیت سامانه‌های آبیاری بارانی اجرا شده با استفاده از روش تحلیل سلسه مراتبی

برای دشت زنجان پرداختند. در این پژوهش برای انتخاب سامانهٔ آبیاری بارانی، عوامل اثرگذاری هم‌چون عوامل اقلیمی، خصوصیات کمی و کیفی خاک، خصوصیات کیفی آب، توپوگرافی، عوامل اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در مجموع شامل ۱۵ عامل با استفاده از روش سلسله مراتبی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد، حدود ۱۹/۲۳ درصد از مساحت محدودهٔ مورد مطالعه کاملاً مناسب اجرای سامانه‌های آبیاری بوده و ۲۶/۹۲ درصد در کلاس مناسب و مستعد و ۱۷/۳۱ درصد نیز در کلاس بدون محدودیت طبقه‌بندی شد. هم‌چنین، نتیجهٔ ارزیابی موقعیت طرح‌های اجرا شده نشان داد، ۲۵ درصد از طرح‌های اجرا شده در اراضی با محدودیت کم و ۱۱/۵۴ درصد نیز در اراضی نامناسب اجرا شده است.

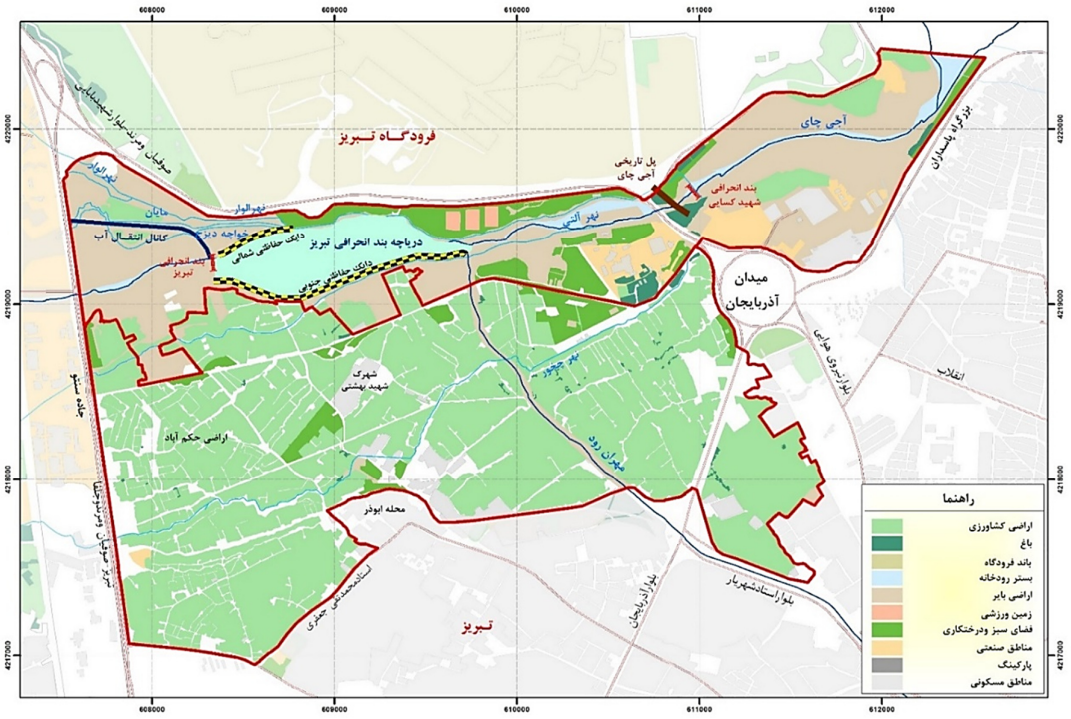
در اندونزی، Pramana and Prajanti (2019) راه‌کارهای حفاظت از مزارع تحت آبیاری را با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مورد بررسی قرار دادند. هدف از این پژوهش، بررسی کاهش اراضی تحت آبیاری در طول دورهٔ ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴ بوده است. راه‌کارهای حفاظت از اراضی تحت آبیاری در منطقهٔ مورد مطالعه، شامل چندین معیار با اولویت‌بندی از اراضی پایدار و بهره‌برداری از آب (با وزن ۰/۳۲۲) بود. نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که ترتیب اهمیت این معیارها شامل بهینه‌سازی عملکرد شبکهٔ آبیاری (با وزن ۰/۲۴۱)، ملاحظات قانونی (با وزن ۰/۱۸۶)، اقتصادی (با وزن ۰/۱۶۰) و اجتماعی (۰/۰۹۱) است. هم‌چنین، Neissi et al. (2019) در دشت ایذه بهترین سامانهٔ آبیاری را با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ارزیابی کردند. در این مطالعه، دو معیار اقتصادی-اجتماعی و فیزیک مزرعه برای سامانه‌های آبیاری سطحی و تحت‌فشار در منطقهٔ دشت ایذه در نظر گرفته شد. معیار اقتصادی-اجتماعی به چهار زیرمعیار تجهیزات موجود در منطقه، هزینه، مهارت کارگران و فرهنگ و معیار فیزیک مزرعه به پنج زیرمعیار آب، اقلیم منطقه، خاک، توپوگرافی و محصول تقسیم‌بندی شدند. نتایج نشان داد که سامانهٔ آبیاری سطحی، رایج‌ترین سامانهٔ آبیاری سطحی مورد استفاده در این دشت است و با شرایط منطقه سازگاری بیش‌تری دارد. هم‌چنین توصیه شد که سیستم آبیاری سطحی در این منطقه هم‌چنان اجرا شود و با افزایش راندمان آبیاری در این سیستم می‌توان استفادهٔ بهینه‌تری از منابع آب موجود در این دشت داشت. در نهایت، Raja et al. (2021) به ارزیابی پتانسیل توسعهٔ آبیاری تحت‌فشار در دشت قزوین با روش تحلیل سلسله مراتبی و الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان پرداختند. در این پژوهش، ساختار سلسله مراتبی با توجه با هدف مورد مطالعه شامل پنج بعد فنی، اقتصادی، اجتماعی-سیاسی، محیط زیستی و مدیریتی بود که هرکدام از بعدها دارای چند زیرمعیار بودند. بررسی وزن‌دهی نهایی هرکدام از زیرمعیارها نشان داد که اولاً بعد فنی مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در توسعهٔ سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار بوده و ثانیاً زیرمعیار تأمین نیاز آبی گیاه با وزن ۰/۱۲۹، امکان تحویل آب با وزن ۰/۰۹۹ و الگوی کشت با وزن ۰/۰۸۸ همگی از بعد فنی از مهم‌ترین عوامی هستند که مورد توجه ویژهٔ کارشناسان و متخصصان بوده است. به‌عبارتی از شش زیرمعیار برتر، پنج معیار از بعد فنی و تنها یک مورد از بعد اقتصادی بود. نتایج تحلیل حساسیت نیز وزن کلی معیارهای فنی، اقتصادی، اجتماعی-سیاسی، مدیریتی و محیط زیستی را به‌ترتیب برابر با ۰/۴۳، ۰/۲، ۰/۱۸، ۰/۱۱ و ۰/۰۸ نشان داد که حاکی از تأثیرگذاری بیش‌تر معیار فنی و اتفاق‌نظر پژوهش‌گران مختلف است.

هدف از پژوهش حاضر، بررسی انواع روش‌های آبیاری برای اراضی کشاورزی حکم‌آباد شهر تبریز بر اساس عوامل فیزیکی مؤثری هم‌چون محصول، منبع آب، زمین، اقلیم و شرایط اجتماعی–ساختاری و انتخاب مناسب‌ترین سامانهٔ آبیاری با استفاده از روش امتیازدهی چارلز برت است. شایان‌ذکر است که این مقاله مستخرج از پروژه‌ای است که در شرکت مهندسین مشاور یکم انجام شده و نویسندگان اذعان دارند که هم خلأ پژوهش‌های قبلی در خصوص این موضوع کم‌تر شناخته شده را پوشش می‌دهد و هم نتایج قابل‌توجهی را ارائه می‌کند. با توجه به محدودیت پژوهش‌ها در خصوص روش چارلز برت، نتایج این مطالعه می‌تواند به‌عنوان راهنما و دستورالعملی برای سایرین باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقهٔ مورد مطالعه

اراضی کشاورزی حکم‌آباد شهر تبریز (پارک بزرگ تبریز) در شمال غرب شهر تبریز و در عرض جغرافیایی "۳۷ '۰۵ °۳۸ تا "۳۰ '۰۷ °۳۸ شمالی و طول جغرافیایی "۳۵ '۱۳ °۴۶ تا "۰۳ '۱۷ °۴۶ شرقی قرار دارد. این محدوده ۸۶۴ هکتار وسعت دارد که ۳۲۸ هکتار آن در محدودهٔ یک (این محدوده به‌صورت گسترش یافته در امتداد بستر سیلابی رود آجی‌چای بخش شمالی پروژه، بالای جادهٔ اتصالی میدان آذربایجان و جادهٔ سنتو با سطحی معادل ۳۲۸ هکتار را شامل می‌شود) و ۵۳۶ هکتار در محدودهٔ دو (این اراضی در ضلع جنوبی محدودهٔ یک واقع شده و عمدتاً شامل اراضی کشاورزی تاریخی حکم‌آباد شهر تبریز است. باقی‌مانده، اراضی وسیع قدیمی و حاصل‌خیز غرب تبریز است که به‌صورت محصور در بین بافت شهری نفوذ یافته و ساختار کشاورزی باستانی منطقه را شامل می‌شود)، قرار دارد. این محدوده، بیش از ۲۰ درصد جمعیت شهر تبریز و بیش‌ترین سهم بافت فرسوده (حدود ۴۴ درصد) را شامل می‌شود و از خدمات شهری محدودی برخوردارند. محدوده طرح از دو پهنهٔ مجزا تشکیل شده است. تفکیک این دو پهنه به‌لحاظ کارکردی و کاربری و از نظر اجتماعی و نوع تعلق‌خاطر جامعه تبریز به آن است. موقعیت محدوده‌های مطالعاتی اراضی حکم‌آباد شهر تبریز در شکل ۱ ارائه شده است..



شکل ۱- موقعیت محدوده‌های مطالعاتی اراضی حکم‌آباد شهر تبریز

Figure 1- The location of the land study areas of Hokmabad, Tabriz city

۲-۲- روش بهره‌برداری از منابع آب

تنها منبع آب موجود در منطقه چاه است (شکل ۲) و منابع آب سطحی (آجی‌چای و مهرانه‌رود) در اراضی کشاورزی پارک تبریز استفاده نمی‌شود. چاه‌ها با مالکیت خصوصی و مشاع است. دور آبیاری رایج در منطقه هشت و ۱۰ روزه است که در هشت روزه، در طول ۶ ماه، ۲۲/۵ ساعت و در حالت ۱۰ روزه، ۱۸ ساعت آب در اختیار کشاورزان خریدار آب خواهد بود. در چاه‌هایی با آب‌دهی کم‌تر و بیش‌تر، قیمت فروش ساعتی آب به‌ترتیب بین ۲۲-۱۸ و ۲۸-۲۲ هزار تومان متغیر خواهد بود. در وضع موجود برای چاه‌های منطقه، نظام نوبت‌بندی خاصی وجود دارد و این نظام نوبت‌بندی توزیع آب در یکی از چاه‌های منطقه به شرح زیر است:

وسعت اراضی آبخور این چاه با لولهٔ آبده چهار اینچی، ۱۵ هکتار و تعداد بهره‌برداران آن نیز ۲۰ نفر هستند. نظام نوبت‌بندی در توزیع آب چاه مذکور بدین‌صورت است: دور آبیاری هشت روزه بوده و هر بهره‌بردار در هر نوبت، هشت ساعت آب در اختیار دارد. با توجه به نیاز آبی بالای سبزیجات در تابستان، بهره‌برداران دور آبیاری را چهار روزه در نظر گرفته؛ بنابراین، در هر چهار روز، هر بهره‌بردار چهار ساعت آب در اختیار دارد. ساعت کارکرد چاه نیز در شبانه روز حدود ۲۰ ساعت بوده و چهار ساعت در شبانه‌روز چاه‌ها خاموش هستند. ساعت آبیاری از چهار صبح شروع شده و تا ۱۲ شب ادامه دارد. بنابراین، اولین بهره‌بردار از ساعت چهار صبح تا هشت صبح نوبت آبیاری دارد بهره‌بردار دوم از ساعت هشت تا ۱۲، تا بهره‌بردار پنجم که از ساعت ۲۰ تا ۲۴ آبیاری می‌کند. چاه کشاورزی از ساعت ۱۲ تا چهار صبح خاموش شده و در روز دوم بهره‌برداران ششم تا دهم به همین ترتیب آبیاری می‌کنند و الی‌آخر. در جدول ۱ نوبت‌بندی توزیع آب برای این چاه ارائه شده است. هم‌چنین، لازم به ذکر است که در دوره‌های کم‌مصرف هم‌چون فصل بهار، ساعات آبیاری تغییر نکرده و فقط دور آبیاری از چهار روز به هفت روز تغییر کرده و در نتیجه زمان استراحت سامانه زیادتر خواهد شد.

شکل ۲- نمایی از یکی از چاه‌های منطقه

Figure 2- A view of one of the wells in the area

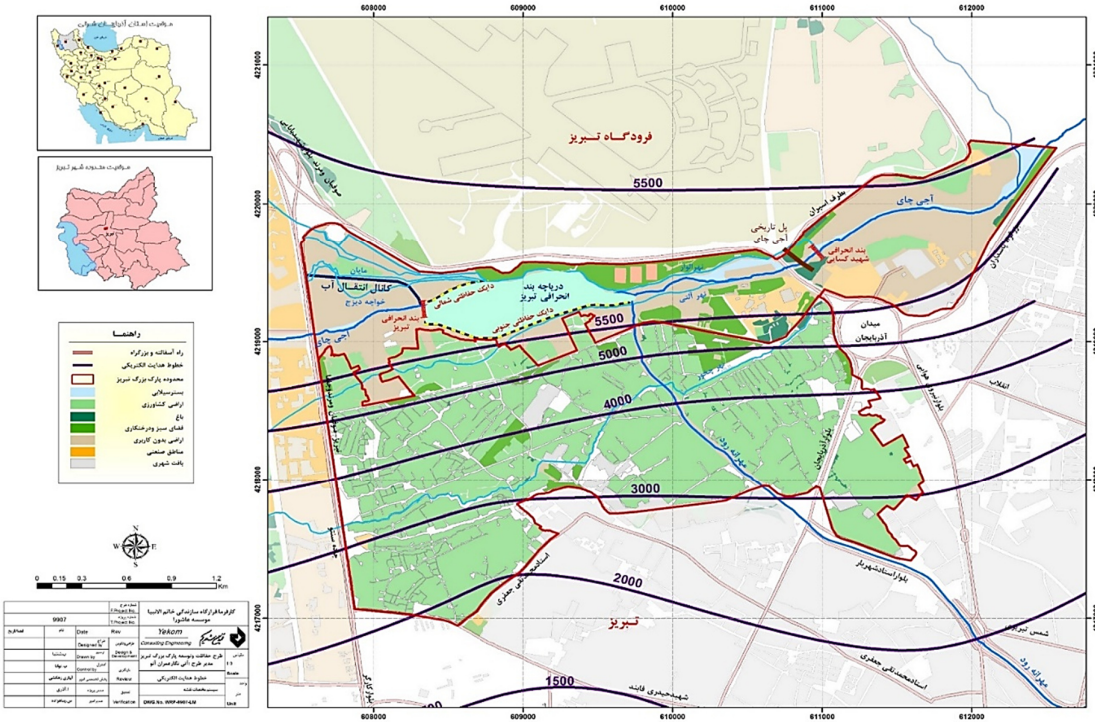
جدول ۱- نظام نوبت‌بندی آب در یکی از چاه‌های اراضی کشاورزی حکم‌آباد شهر تبریز

Table 1- Water scheduling system in one of the wells of agricultural lands of Hokmabad, Tabriz city

روز اول		روز دوم		روز سوم		روز چهارم	
بهره‌بردار	ساعت	بهره‌بردار	ساعت	بهره‌بردار	ساعت	بهره‌بردار	ساعت
1	4-8	6	4-8	11	4-8	16	4-8
2	8-12	7	8-12	12	8-12	17	8-12
3	12-16	8	12-16	13	12-16	18	12-16
4	16-20	9	16-20	14	16-20	19	16-20
5	20-24	10	20-24	15	20-24	20	20-24

۲-۳- کیفیت آب زیرزمینی در پهنهٔ پارک تبریز

تعداد منابع انتخابی کیفی آب زیرزمینی در محدودهٔ اراضی حکم‌آباد شهر تبریز که شامل هفت حلقه چاه (هفت حلقه چاه عمیق و سه حلقه چاه نیمه‌عمیق) بوده که در داخل و یا پیرامون محدوده قرار دارند. روند تغییرات شوری در این پهنه از ناحیهٔ جنوبی به سمت محور آجی‌چای در تغییر است و از مقادیر حدود ۱۵۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر تا کم‌تر از ۶۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر متغیر است. در شکل ۳ تغییرات هدایت الکتریکی به‌عنوان شاخص کیفیت آب ارائه شده است. روند مکانی تغییر هدایت الکتریکی از نواحی جنوبی به سمت رودخانهٔ آجی‌چای ابتدا دارای شیب ملایم بوده و با نزدیک شدن به رودخانه، شیب آن شدید می‌شود. این تغییرات نشان‌دهندهٔ ورود آب با کیفیت نامناسب از رودخانهٔ آجی‌چای به سمت آبخوان سطحی دشت است. از دیدگاه کشاورزی، آب‌های زیرزمینی در دامنهٔ آب‌های کلاس C3-S1 تا C4-S3 تغییر می‌نمایند.

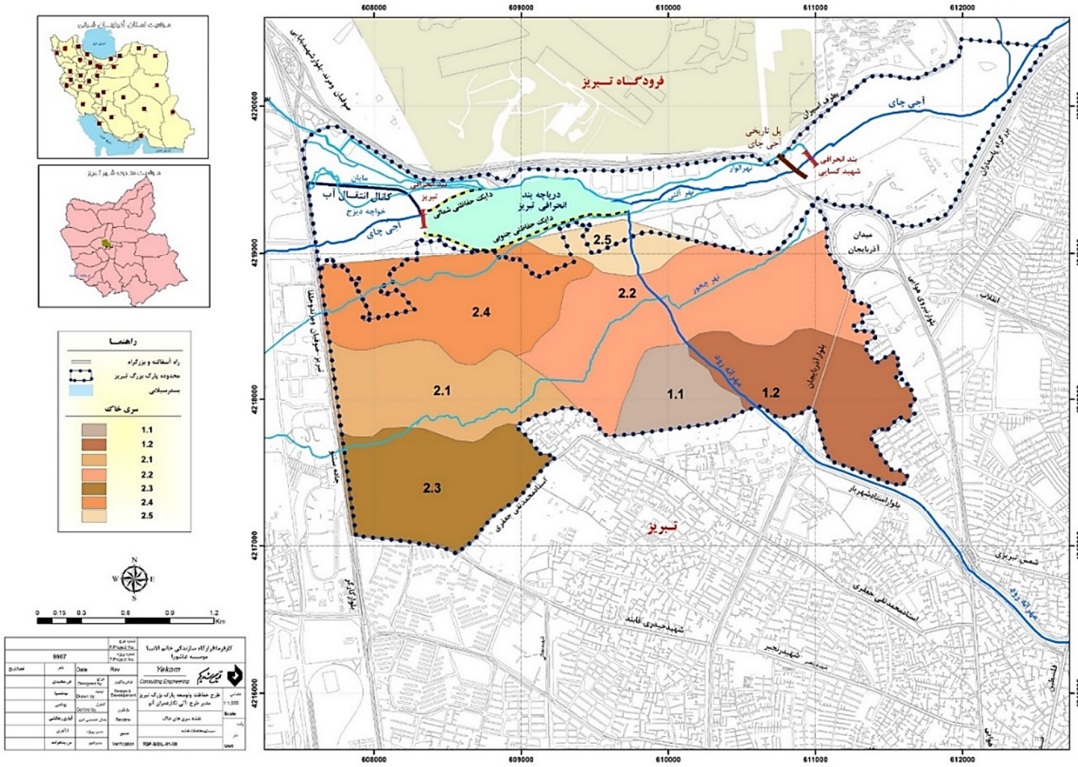


شکل ۳- خطوط هم‌پتانسیل هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در محدودهٔ شهر تبریز، اراضی حکم‌آباد با کاربری‌های مختلف

Figure 3- Equipotential lines of electrical conductivity of groundwater in the area of Tabriz city, Hokmabad lands with different uses

بافت خاک سطحی در منطقه از متوسط (Loam) تا سنگین (Clay Loam) متغیر بوده و قابلیت نفوذ لایه‌های زیرین آهسته است. اراضی مطالعاتی فاقد لایهٔ محدودکنندهٔ ریشه‌ای پارالیتیک و یا لیتیک در محدودهٔ عمق نفوذ ریشه است. ضخامت خاک در تمامی واحدهای خاک خیلی عمیق (بیش از ۱۲۰ سانتی‌متر) است. اراضی مورد مطالعه فاقد محدودیت شوری و قلیاییت بوده ولی استعداد شوری در آن‌ها بالاست. بر اساس نتایج مطالعات خاک‌شناسی نیمه‌تفضیلی دقیق، خاک‌های منطقه به دو سری طبقه‌بندی شده است. واحدهای مجزا شدهٔ سری خاک شمارهٔ یک روی نقشهٔ خاک با علائم ۱/۱ الی ۱/۲ مشخص شده است (شکل ۴). اراضی واقع شده در این سری دارای خاکی است که خیلی عمیق به رنگ قهوه‌ای (7.5YR 4/4) و بافت متوسط Loam تا سنگین Clay loam و ساختمان کلوخه‌ای (Clody) که روی طبقه‌ای به رنگ قهوه‌ای (7.5YR 4/4) و بافت متوسط Loam و

ساختمان مکعبی گوشه‌دار متوسط با کمی گچ و آهک که روی طبقه‌ای به رنگ قهوه‌ای (7.5YR 5/4) و بافت متوسط Loam و ساختمان مکعبی گوشه‌دار متوسط ضعیف همراه با مقادیر کم گچ و نسبتاً زیاد آهک به فرم پودری قرار گرفته است. مساحت سری مربوطه ۱۱۶ هکتار است که ۱۳ درصد از کل اراضی محدودهٔ مطالعاتی را تشکیل می‌دهد. واحدهای مجزا شدهٔ سری خاک شمارهٔ دو روی نقشهٔ خاک با علائم ۲/۱ الی ۲/۵ مشخص شده است. اراضی واقع شده در این سری دارای خاکی است خیلی عمیق به رنگ قهوه‌ای (7.5YR 4/4) و بافت متوسط Loam تا سنگین (Clayloam) و ساختمان کلوخه‌ای (Clody) که روی طبقه‌ای به رنگ قهوه‌ای (7.5YR 4/4) و بافت سنگین Clay Loam تا خیلی سنگین (Clay) و ساختمان مکعبی گوشه‌دار متوسط همراه با مقادیر کم گچ و نسبتاً زیاد آهک به فرم بی‌شکل و مخلوط با خاک قرار گرفته است. مساحت سری مربوطه ۴۳۹ هکتار که ۵۱ درصد از کل اراضی مطالعاتی را تشکیل می‌دهد.



شکل ٤- موقعیت سری‌های خاک محدودهٔ مطالعاتی

Figure 4- Location of soil series in the study area

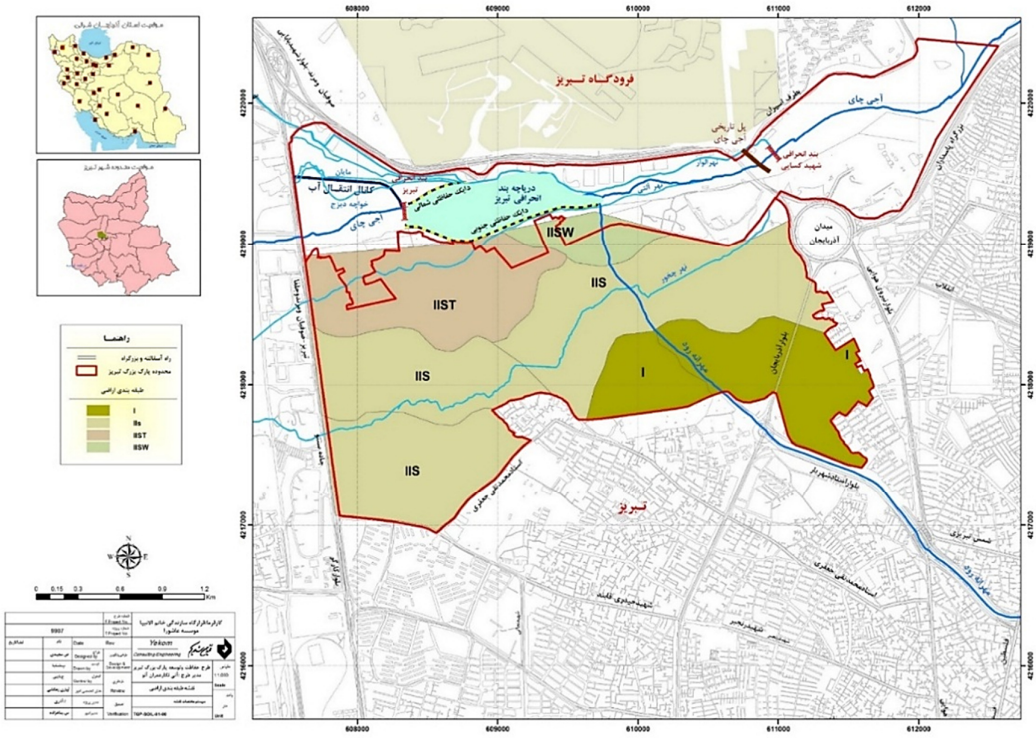
۲-٤- طبقه‌بندی اراضی

هدف از طبقه‌بندی اراضی، تعیین ارزش اراضی از نظر کشاورزی و آبیاری است. در این طبقه‌بندی اراضی به چند کلاس تقسیم می‌شوند. اراضی کلاس I) مناسب برای زراعت آبی بدون اشکالات و محدودیت‌های زراعی است. مساحت این اراضی ۱۱۶ هکتار است که ۱۳ درصد کل اراضی مطالعاتی را تشکیل می‌دهد. اراضی کلاس II) با خطرات و محدودیت‌های جزئی برای زراعت آبی بوده و مساحت آن ۴۳۹ هکتار است که ۵۱ درصد کل اراضی مطالعاتی را تشکیل داده و دارای سه تحت کلاس به شرح زیر است:

IIS: اراضی که یک یا چند عامل محدودکنندهٔ خاک مانند قابلیت نفوذ آهسته را دارند این کلاس را شامل می‌شوند. مساحت این اراضی ۳۰۸ هکتار است که ۳۶ درصد کل اراضی مطالعاتی را تشکیل می‌دهد.

IIST: این اراضی به‌دلیل برخورداری از یک یا چند عامل محدودکنندهٔ خاک نظیر قابلیت نفوذ آهسته همراه با عامل توپوگرافی و پستی و بلندی کم در این کلاس قرار گرفته‌اند. مساحت اراضی مربوطه ۱۰۵ هکتار است که ۱۲ درصد کل اراضی مطالعاتی را تشکیل می‌دهد.

IISW: این اراضی به‌دلیل برخورداری از یک یا چند عامل محدودکنندهٔ خاک نظیر قابلیت نفوذ آهسته همراه با خصوصیات هیدرومورفیکی کم در این کلاس قرار گرفته‌اند. مساحت اراضی مربوطه ۲۶ هکتار است که ۳ درصد کل اراضی مطالعاتی را تشکیل می‌دهد. در شکل ۵ طبقه‌بندی اراضی این محدوده ارائه شده است.



شکل ۵- طبقه‌بندی اراضی محدودهٔ مورد نظر

Figure 5- Land classification of the target area

۲-۵- کاربری اراضی در محدودهٔ طرح

نحوهٔ کاربری اراضی در محدودهٔ پارک بزرگ تبریز در جدول ۲ ارائه شده است. به‌طوری‌که ملاحظه می‌شود مجموع اراضی زراعی و غیرزراعی برابر ۸۶۴ هکتار است که ۴۷۳ هکتار (۵۴/۸ درصد) آن را اراضی کشاورزی (شامل زراعت آبی، باغات و فضای سبز و درختکاری) و ۳۹۱ هکتار آن (۴۵/۲ درصد) اراضی غیرزراعی (شامل اراضی بایر، مسکونی و تأسیسات و سایر) تشکیل می‌دهد.

جدول ۲- وضع موجود کاربری اراضی در محدودهٔ طرح

Table 2- Current status of land use in the target area

کاربری	محدودهٔ یک	محدودهٔ دو	جمع کل (هکتار)
اراضی کشاورزی	23	391	413
باغ	6	2	8
بستر رودخانه	17	0	17
بلوک ساختمانی و مناطق مسکونی	2	25	27
پارکینگ	10	0	10
جاده	4	5	9
زمین بایر	208	13	221
زمین ورزشی	3	0	3
سایر	0	79	80
فضای سبز و درختکاری	32	20	52
مناطق صنعتی	23	1	24
جمع کل (هکتار)	328	536	864

۲-۶- روش‌های متداول آبیاری

روش آبیاری رایج در محدودهٔ اراضی کشاورزی پارک بزرگ تبریز از نوع کرتی است. در محدودهٔ اراضی زراعی حکم‌آباد شهر تبریز عموماً آب از یک نقطه با استفاده از لوله‌های پی‌وی‌سی با قطر هشت یا ۱۰ اینچ و طول ۰/۵ متر که دور تا دور آن با پوشش بتنی تثبیت شده وارد کرت‌های آبیاری می‌شود. در هر یک از نقاط ورودی دریچه‌هایی از سطل پلاستیکی ساخته شده و در زمان آبیاری این دریچه‌ها برداشته و آب به کرت هدایت می‌شود. در شکل ۶ نمونه‌ای از نقاط ورودی کرت‌های آبیاری ارائه شده است.

شکل ٦- نمونه‌ای از نقاط ورودی آب به کرت‌های آبیاری اراضی زراعی حکم‌آباد شهر تبریز

Figure 6- Examples of water entry points to the irrigation plots of agricultural lands of Hokmabad, Tabriz city

در محدودهٔ اراضی زراعی حکم‌آباد شهر تبریز عرض کرت‌ها بین چهار تا پنج متر و طول آن‌ها نیز از ۲۰ متر تا ۵۰ متر متغیر است. مساحت کرت‌ها نیز عمدتاً بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ مترمربع متغیر است. کشاورزان این اراضی مهارت زیادی در تسطیح کرت‌ها دارند و شیب‌بندی مناسب کرت‌ها باعث شده آب به سهولت و با شیب ملایم در کرت‌ها جریان یابد. در شکل ۷ نمونه‌ای از کرت‌های آبیاری در محدودهٔ اراضی حکم‌آباد شهر تبریز نشان داده شده است. برای انتقال آب از سر چاه‌ها تا ابتدای نقاط ورودی کرت‌ها، از انهار خاکی استفاده می‌شود. این انهار عموماً دارای عرض ۰/۵ تا یک متر و عمق ۰/۳ تا ۰/۵ متر است.

شکل ۷- نمونه‌ای از کرت‌های آبیاری در محدودهٔ اراضی حکم‌آباد شهر تبریز

Figure 7- An example of irrigation plots in the area of Hokmabad lands, Tabriz city

۲-۷- روش امتیازدهی چارلز برت

روش امتیازدهی چارلز برت یک روش ساده و کارآمد برای ارزیابی کارایی سامانه‌های آبیاری است. این روش به‌دلیل سادگی و کاربردی بودن، در بسیاری از کشورها استفاده می‌شود. با استفاده از این روش، می‌توان به‌سادگی نقاط ضعف و قوت سامانه‌های آبیاری را شناسایی کرد و بهبود کارایی آن‌ها را بهبود بخشید (Burt et al., 1997). برای استفاده از این روش ابتدا معیارها و ویژگی‌های خاص هر منطقه که در رابطه با سیستم‌های مختلف آبیاری در نظر گرفته شده، تعیین می‌شود. از جمله این ویژگی‌ها که برای امتیازدهی در نظر گرفته شده شامل نوع محصول (ذرت، پنبهٔ منطقهٔ مرطوب، پنبهٔ منطقهٔ خشک، یونجه، غلات دانه‌ریز و غیره)، منبع آب (چاه آب زیرزمینی، توزیع آب سطحی قابل انعطاف، توزیع آب سطحی غیرقابل انعطاف و غیره)، اقلیم (شرایط دمایی، باد، باران، یخبندان و غیره)، زمین (اراضی با شکل نامنظم، موانع موجود در زمین، شیب‌های تند، زمین‌های سنگی شیب‌دار و غیره) و شرایط اجتماعی و ساختاری (دسترسی به قطعات، نوع مدیریت، نیروی کار، مهارت کاربر و غیره) است. برای استفاده از این روش، سامانه‌های آبیاری قابل کاربرد در منطقه بایستی مشخص شود که در این رابطه سامانه‌های آبیاری بارانی شامل سامانهٔ ثابت، جابه‌جایی دستی، آبفشان چرخ‌دار، قرقره‌ای، دوار مرکزی، سامانهٔ خطی و سامانه‌های موضعی شامل تیپ، قطره‌ای، مه‌پاش و بابلر کم‌فشار و سامانه‌های آبیاری سطحی شامل آبیاری کرتی برنج، کرتی، نشتی مکانیزه، نشتی است. هر سامانهٔ آبیاری در رابطه با هر معیار کارایی خاصی دارد که با علامت‌های مثبت، صفر و منفی مشخص می‌شود. علامت مثبت بدین معنی است که این سامانهٔ آبیاری با توجه به این معیار و ویژگی، سامانهٔ مناسبی است. علامت صفر بیان‌گر این است که معیار نقشی در انتخاب سامانه ندارد و علامت منفی نشان می‌دهد که سامانه با توجه به این ویژگی خاص مناسب نیست (Burt et al., 1997). از آن‌جایی‌که هر منطقه بسته به شرایط خاص خود دارای تعدادی از این معیارها و ویژگی‌ها است؛ بنابراین، برای هر مزرعه ماتریسی از معیارهای خاص آن و کارایی کیفی سامانه‌های آبیاری تشکیل می‌شود. در این مرحله هر سامانه‌ای که بیش‌ترین امتیاز را داشته باشد، سامانهٔ مناسب منطقه معرفی خواهد شد و سیستمی که بیش‌ترین امتیاز منفی را دارد، نامناسب‌ترین سامانه خواهد بود. استفاده از این روش در کنار جامع بودن، دارای مزایای راحتی در محاسبه و به‌کارگیری سریع بدون نیاز به محاسبات پیچیده است.

۳- نتایج و بحث

برای انتخاب سامانهٔ مناسب برای منطقه، عوامل فیزیکی مؤثر در انتخاب سامانهٔ آبیاری در شش زمینهٔ محصول، منبع آب، زمین، اقلیم و شرایط اجتماعی–ساختاری بررسی و نتایج به‌صورت زیر ارائه شده است. علائم صفر، مثبت و منفی در جدول ۳، به‌ترتیب بیان‌گر نقشی در انتخاب ندارد، به‌دلایلی بر سایر موارد برتری دارد و به‌دلایلی بهتر است از روش دیگری به‌جای آن استفاده نمود، است.

۳-۱- محصولات و عملیات زراعی

الگوی کشت مورد استفاده و نحوهٔ کشاورزی اثر چشم‌گیری روی انتخاب سامانه دارد. اثر روش آبیاری بر عوامل گیاهی مانند ارتفاع گیاه، جوانه‌زنی، بیماری‌های اندام هوایی و تحولات اقلیمی و بر عملیات زراعی شامل نحوهٔ کشت و کاربرد سم و کود باید بررسی شود. تناوب زراعی، یک مورد بسیار مهم برای بررسی است. برخی روش‌های آبیاری ممکن است برای بعضی از محصولات در تناوب، مناسب بوده، اما برای تمامی آن‌ها مناسب نباشند. در جدول ۳ امتیازدهی به سامانهٔ آبیاری بر اساس نوع محصول کشت شده در اراضی کشاورزی منطقهٔ حکم‌آباد شهر تبریز ارائه شده است. مطابق جدول فوق بین نوع محصول و روش‌های آبیاری هیچ نوع تناسبی مشاهده نشد. هم‌چنین، بر اساس جدول فوق، سامانهٔ آبیاری، بارانی قرقره‌ای با امتیاز ۷–، قطره‌ای، مه‌پاش و بابلر کم‌فشار با امتیاز ۹– و

سامانهٔ آبیاری کرتی برنج با امتیاز ۱۱- بدترین در بین سامانه‌های آبیاری از نظر نوع محصولات کشاورزی ارزیابی شدند. هم‌چنین، سامانهٔ آبیاری کلاسیک ثابت و کرتی با امتیاز صفر بیان‌گر این بودند که در انتخاب این دو نوع سامانهٔ آبیاری، نوع محصول نقشی ندارد.

جدول ۳- راهنمای پیشنهادی برای انتخاب روش‌های آبیاری بر اساس نوع محصول

Table 3- Suggested guide for choosing irrigation methods based on the crop type

نوع محصول	نوع سامانهٔ آبیاری															
	بارانی					موضعی				سطحی						
	سامانهٔ ثابت	جابه‌جایی دستی	آبفشان چرخ‌دار	بارانی قرقره‌ای	دوار مرکزی	بارانی خطی	تیپ	قطره‌ای	مه‌پاش	بابلر کم‌فشار	کرتی برنج	کرتی	نواری	نشتی مکانیزه (a)	نشتی
ذرت	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0
پنبهٔ منطقهٔ مرطوب	0	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	0
پنبهٔ منطقهٔ خشک	0	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	0	0	0
یونجه	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	+	+	-	-
غلات دانه‌ریز	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	0
سیب‌زمینی	-	0	0	-	+	+	0	-	-	-	-	-	-	-	-
برنج	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
سبزیجات	0	0	0	-	0	0	+	-	-	-	-	0	-	0	0
سایر گیاهان ردیفی	0	0	0	-	0	0	0	-	-	-	-	0	-	0	0
باغات/ تاکستان‌ها	+	0	-	0	-	-	-	+	+	+	-	0	0	0	0
تناوب	0	0	0	-	0	+	0	-	-	-	-	+	0	0	0
امتیاز	0	-4	-5	-7	-1	-1	-4	-9	-9	-9	-11	0	-3	-3	-3

۳-۲- زمین

امتیازدهی در سامانه‌های آبیاری بر اساس ویژگی‌های زمین در جدول ۴ ارائه شده است. در انتخاب روش‌های آبیاری باید عواملی مانند بافت، یکنواختی، عمق، سرعت نفوذ، فرسایش‌پذیری، شوری و زهکشی خاک بررسی و اثرات متقابل عملیات زراعی و آبیاری با توجه به این عوامل مطالعه شوند. در انتخاب برخی روش‌های آبیاری، شکل زمین و موانع فیزیکی اثرگذار است. محل استقرار ساختمان‌ها، خطوط هوایی انتقال برق و لوله‌های انتقال دفن شده در زمین، و مرزهای زمین در فرآیند انتخاب روش آبیاری بسیار با اهمیت هستند. خطوط هوایی انتقال برق، اجرای برخی از سامانه‌های بارانی مکانیزه را با مشکل مواجه می‌کنند. ساختمان‌ها و مرز اراضی بر اکثر روش‌های آبیاری اثر می‌گذارند. بر اساس زمین، در روش آبیاری بارانی، سامانهٔ کلاسیک ثابت، جابه‌جایی دستی و قرقره‌ای، در روش موضعی سامانهٔ تیپ، قطره‌ای و بابلر کم‌فشار و در روش آبیاری سطحی، کرتی برنج و کرتی برای زمین منطقهٔ مورد مطالعه داری بیش‌ترین تناسب می‌باشند (جدول ۴). هم‌چنین، در آبیاری موضعی، سامانهٔ مه‌پاش با امتیاز ۱۰- و در آبیاری سطحی، سامانهٔ کرتی و نواری با امتیاز منفی پنج، سامانهٔ نشتی مکانیزه و نشتی با امتیاز منفی شش بدترین سامانهٔ آبیاری از نظر نوع زمین ارزیابی شدند (جدول ۴).

۳-۳- منبع آب

کمیت، کیفیت، قابلیت اطمینان و برنامهٔ توزیع آب باید به‌دقت در انتخاب روش آبیاری بررسی شود. منابع آب غیرقابل اطمینان مانع از سرمایه‌گذاری زیاد در به‌کارگیری تجهیزات پیچیدهٔ آبیاری می‌شوند. در حالی‌که در برخورد با منابع محدود اما قابل اطمینان، روش‌های آبیاری با راندمان بالا توصیه می‌شوند. تناوب، مقدار و مدت توزیع آب در مزرعه اثر زیادی بر انتخاب و طراحی روش آبیاری، هزینه‌های آن، نیاز کارگری و راندمان آن دارد. برای آبیاری بارانی، می‌توان از جریانی دائمی با دبی کم یک چاه یا نهر آبیاری استفاده نمود. اما این منبع آب را نمی‌توان برای روشی که به جریان متناوب ولی با دبی بالا احتیاج دارد به‌کار برد، مگر این‌که مخازنی در مزرعه وجود داشته باشند. در روش سطحی، جریان‌هایی با دبی بالا و فواصل تحویل زیاد، می‌توانند به بهترین نحو به‌کار برده شوند. با این وجود، برنامه‌های ثابت و انعطاف‌ناپذیر توزیع آب، مانعی برای داشتن آبیاری با بازده بالا به‌حساب می‌آیند. ثبات منابع آب به‌دلیل اثرات آن بر اقتصاد پروژه و انتخاب نوع محصول حائز اهمیت است. در مناطق دارای منابع آب متغیر، کشاورزان اغلب زمین‌ها را رها و یا انتخاب محصول را به‌گونه‌ای تنظیم می‌کنند که با منابع آب موجود سازگار باشد. در جدول ۵ انتخاب نوع روش آبیاری بر اساس نوع منبع آب ارائه شده است. با توجه به جدول ۵، در آبیاری موضعی، سامانهٔ بابلر کم‌فشار دارای بیش‌ترین تناسب از نظر منبع آب در منطقهٔ مورد مطالعه است. در آبیاری بارانی، سامانهٔ کلاسیک ثابت، قرقره‌ای، دوار مرکزی و خطی با امتیاز منفی سه و سامانهٔ آبیاری جابه‌جایی دستی و آبفشان چرخ‌دار با امتیاز منفی چهار بدترین نوع سامانهٔ آبیاری از نظر منبع تأمین آب ارزیابی شدند. هم‌چنین، در آبیاری موضعی، سامانهٔ آبیاری مه‌پاش با امتیاز صفر بیان‌گر عدم نقش نوع منبع آب در انتخاب این نوع سامانه است

جدول ٤- راهنمای پیشنهادی برای انتخاب روش‌های آبیاری بر اساس زمین

Table 4- Suggested guide for choosing irrigation methods based on the land

زمین	نوع سامانهٔ آبیاری															
	بارانی					موضعی					سطحی					
	سامانهٔ ثابت	جابه‌جایی دستی	آبفشان چرخ‌دار	بارانی قرقره‌ای	دوار مرکزی	بارانی خطی	تیپ	قطره‌ای	مه‌پاش	بابلر کم‌فشار	کرتی برنج	کرتی	نواری	نشتی مکانیزه (a)	نشتی
اراضی با شکل نامنظم	0	0	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	0	0	0
موانع موجود در زمین	0	0	-	+	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
سطح بالای آب زیرزمینی	0	0	0	0	0	0	+	+	+	+	0	0	-	-	-
شیب‌های موجدار با خاک‌های کم عمق	+	+	0	0	+	+	+	+	+	+	-	-	0	0	0
شیب‌های تند	+	+	0	0	0	0	+	+	+	-	-	-	0	0	0
زمین‌های سنگی شیب‌دار	+	0	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
شنی، خاک‌هایی با نفوذپذیری بالا	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	0	0	0
خاک‌های با نفوذپذیری متوسط	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
رسی، خاک‌هایی با نفوذپذیری کم	0	0	0	0	-	-	+	0	-	0	+	0	0	0	0
خاک‌های به شدت ناهمگن	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	-	-	-	-
خاک‌هایی با ظرفیت نگهداری آب کم	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0	0
خاک‌های شور	-	-	-	0	0	0	+	+	+	0	0	0	-	-	-
خاک‌های با زهکشی ضعیف	0	0	0	0	0	0	+	+	+	+	0	-	-	-	-
خاک‌های با فرسایش زیاد	0	0	0	-	0	0	+	+	+	+	0	0	0	-	-
خاک‌های با ظرفیت باربری کم	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
امتیاز	+5	+5	-1	+1	-2	-1	+12	+11	-10	+6	+3	-5	-5	-6	-6

جدول ٥- راهنمای پیشنهادی برای انتخاب روش‌های آبیاری بر اساس منبع آب

Table 5- Suggested guide for choosing irrigation methods based on the water source

منبع آب	نوع سامانهٔ آبیاری														
	بارانی					موضعی					سطحی				
	سامانهٔ ثابت	جابه‌جایی دستی	آبفشان چرخ‌دار	بارانی قرقره‌ای	دوار مرکزی	بارانی خطی	تیپ	قطره‌ای	مه‌پاش	بابلر کم‌فشار	کرتی برنج	کرتی	نواری	نشتی مکانیزه (a)	نشتی
چاه آب زیرزمینی	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0	0
توزیع آب سطحی قابل انعطاف	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
توزیع آب سطحی–غیرقابل انعطاف	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0	0	0
توزیع آب سطحی– با جریان دائم	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
با میزان و زمان غیرمطمئن	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0
جریان با رسوب زیاد	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0
با مواد آلی زیاد	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0	0
با شوری زیاد	-	-	-	-	-	-	0	+	0	0	0	0	0	0	0
پساب	0	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0	0
دبی بالای جریان آب	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	+	0	0	0
دبی پایین جریان آب	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	-	0	0	0
امتیاز	-3	-4	-4	-3	-3	-3	-2	-1	0	+1	-1	-2	-1	-1	-1

۳-٤- اقلیم

آگاهی از داده‌های اقلیمی در فرآیند انتخاب روش آبیاری ضروری است. الگوی بارندگی در میزان آبیاری مورد نیاز (آبیاری کامل یا تکمیلی) و تناسب روش‌های مختلف آبیاری مؤثر است. دما، شرایط سرما، رطوبت و باد همگی بر فرآیند انتخاب روش آبیاری اثرگذار هستند. آبیاری همراه با بارندگی طبیعی، محیط اقلیمی گیاه را تعدیل می‌کند. برخی روش‌های آبیاری، دارای توانایی اضافی مثل جلوگیری از یخبندان، تأخیر در شکوفه‌زنی و یا تأمین سرما یا گرمای لازم در دورهٔ دماهای بحرانی هستند. در جدول ۶ امتیازدهی به سامانه‌های آبیاری بر اساس عوامل مؤثر اقلیمی ارائه شده است. مطابق جدول، عواملی هم‌چون بارندگی زیاد، بارندگی کم، دمای بالا–مرطوب، دمای بالا–خشک، بادخیز و شرایط یخبندان در انتخاب نوع سامانهٔ آبیاری مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در آبیاری موضعی، سیستم مه‌پاش تناسب بیش‌تری از نظر عوامل اقلیمی با منطقهٔ مورد مطالعه داشت. در آبیاری بارانی، سامانهٔ کلاسیک ثابت با امتیاز صفر و در آبیاری موضعی، سامانه‌های تیپ، قطره‌ای و بابلر کم‌فشار با امتیاز صفر بیان‌گر آن بود که عوامل اقلیمی در انتخاب این نوع سامانه‌ها هیچی نقشی ندارد. هم‌چنین، سایر سامانه‌های آبیاری برای منطقهٔ مورد مطالعه مناسب است.

جدول ٦- راهنمای پیشنهادی برای انتخاب روش‌های آبیاری بر اساس اقلیم

Table 6- Suggested guide for choosing irrigation methods based on the climate

اقلیم	نوع سامانهٔ آبیاری														
	بارانی					موضعی				سطحی					
	سامانهٔ ثابت	جابه‌جایی دستی	آبفشان چرخ‌دار	بارانی قرقره‌ای	دور مرکزی	بارانی خطی	تیپ	قطره‌ای	مه‌پاش	بابلر کم‌فشار	کرتی برنج	کرتی	نواری	نشتی مکانیزه (a)	نشتی
بارندگی زیاد	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0	0	-	0	0	0
بارندگی کم	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
دمای بالا – مرطوب	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
دمای بالا – خشک	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
بادخیز	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
شرایط یخبندان	+	0	0	0	0	0	0	0	+	0	-	0	-	-	-
امتیاز	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	+1	0	-1	-1	-1	-1	-1

۳-۵- شرایط اجتماعی-ساختاری

در انتخاب سامانهٔ آبیاری، ملاحظات اجتماعی-ساختاری شامل مسائلی است که ارتباط مردم با سامانه را نشان می‌دهد. به این بررسی‌ها معمولاً در فرآیند انتخاب به‌ندرت توجه می‌شود زیرا که کمی کردن آن‌ها بسیار پیچیده و دشوار است. برخی از سامانه‌های آبیاری به وسایل با درجهٔ پیچیدگی متوسط تا پیشرفته احتیاج دارند، وجود امکانات لازم برای نگهداری سامانه بسیار حائز اهمیت است، از طرفی به باید توانایی انجام تعمیرات توسط کشاورز و خدمات موجود برای انجام تعمیرات و نگهداری سامانه نیز توج شود. میزان مشارکت و همکاری‌های محلی نیز باید مورد توجه واقع شود. این مورد شامل امکان مشارکت در امکانات توزیع آب، توافق بهره‌برداران در برنامهٔ توزیع آب، همکاری در تأمین نیروی کارگری می‌شود. هزینهٔ کارگری معمولاً به‌عنوان یک مسئلهٔ اقتصادی بررسی می‌شود، اما هنگامی‌که دسترسی به کارگر و قابلیت اتکا به کیفیت کار او مطرح می‌شود، امری ساختاری نیز خواهد بود.

در مواردی که کارگر کافی یا مطمئن نباشد، روش‌هایی که موجب کاهش نیروی کارگری مورد نیاز شوند، مورد توجه قرار خواهند گرفت، هرچند اصول دقیق اقتصادی، تراکم بیش‌تر کارگری را توصیه نمایند. این موضوع نه‌تنها دسترسی و اطمینان از وجود نیروی کار، بلکه میزان مهارت‌ها و آموزش‌های کارگران را نیز شامل می‌شود. جدول ۷، امتیازدهی به سامانه‌های آبیاری بر اساس عوامل اجتماعی-ساختاری حاکم در اراضی کشاورزی منطقه را نشان می‌دهد. مطابق نتایج جدول و بر اساس معیارهای شرایط اجتماعی-ساختاری، در آبیاری بارانی، سامانهٔ کلاسیک ثابت و در آبیاری سطحی، سامانهٔ کرتی بیش‌ترین تناسب را داشتند.

جدول ۷- راهنمای پیشنهادی برای انتخاب روش‌های آبیاری بر اساس شرایط اجتماعی-ساختاری

Table 7- Suggested guide for choosing irrigation methods based on the Socio-structural conditions

شرایط اجتماعی-ساختاری	نوع سامانهٔ آبیاری														
	بارانی					موضعی				سطحی					
	سامانهٔ ثابت	جابه‌جایی دستی	آبفشان چرخ‌دار	بارانی قرقره‌ای	دور مرکزی	بارانی خطی	تیپ	قطره‌ای	مه‌پاش	بابلر کم‌فشار	کرتی برنج	کرتی	نواری	نشتی مکانیزه (a)	نشتی
مهارت کم کارگران	0	0	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	-	0
کمبود قطعات در دسترس	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	-	0
کمبود سرویس فنی در دسترس	0	0	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	-	0
کمبود نیروی کار در دسترس	+	-	-	0	+	+	0	0	0	+	+	+	0	0	0
قابلیت خودکار شدن	+	0	0	0	+	+	+	+	+	0	0	0	-	0	-
قابلیت خرابکاری	0	0	-	-	-	-	-	-	-	0	+	+	+	0	+
سطح پایین مدیریت	0	0	0	-	-	-	-	-	-	0	+	-	0	-	0
امتیاز	+1	-2	-5	-5	-3	-3	-4	-4	-4	0	+3	+1	0	-4	0

۳-٦- انتخاب روش آبیاری در محدودهٔ طرح

در بین روش‌های آبیاری سطحی، سیستم آبیاری کرتی با توجه به الگوی کشت سبزی و صیفی بهترین شرایط را برای منطقه دارا است. کاربرد سیستم آبیاری جوی پشته‌ای با توجه به الگوی کشت منتفی است. با توجه به بسته بودن انتهای کرت‌ها و جلوگیری از رواناب سطحی و افزایش راندمان ناشی از آن، این روش نسبت به

سامانهٔ آبیاری نواری نیز برتری دارد. در بین روش‌های بارانی تنها منتخب سامانهٔ آبیاری بارانی کلاسیک ثابت است و بقیهٔ روش‌های آبیاری بارانی از جمله ماشین‌های آبیاری عملاً به‌دلیل خرد بودن مالکیت‌ها و نظام توزیع آب ساعتی قابلیت فنی و اجرایی ندارند. در بین روش‌های آبیاری موضعی نیز روش آبیاری قطره‌ای و بابلر مناسب باغات بوده و سامانهٔ آبیاری تیپ به‌عنوان نماینده انتخاب شده است. لازم به ذکر است در تعیین پارامترهای مؤثر برای انتخاب روش آبیاری در محدودهٔ مورد مطالعه، به شرایط پروژه توجه شده و پارامترهایی که در شرایط این پروژه موضوعیت نداشتند، حذف شده‌اند. در جدول ۸ امتیازدهی به روش‌های آبیاری منتخب بر اساس نوع محصول، زمین، منبع آب، اقلیم و شرایط اجتماعی–ساختاری ارائه شده است. بر اساس نوع محصول، سامانهٔ آبیاری تیپ و سامانهٔ کرتی، بر اساس زمین، سامانهٔ آبیاری تیپ و سامانهٔ کرتی بیش‌ترین تناسب بر اساس نوع منبع آب، سامانهٔ کلاسیک ثابت و آبیاری تیپ، بر اساس اقلیم، روش آبیاری تیپ و آبیاری کرتی برای اقلیم، بر اساس شرایط اجتماعی–ساختاری، روش آبیاری کرتی برای محصولات منطقه دارای بیش‌ترین تناسب بودند.

جدول ۸- امتیازدهی به روش‌های آبیاری منتخب بر اساس عوامل فیزیکی

Table 8- Scoring the selected irrigation methods based on physical factors

نوع محصول	نوع سیستم آبیاری		
	بارانی	موضعی	سطحی
	سیستم ثابت	تیپ	کرتی
سبزیجات	0	+	0
تناوب	0	0	+
امتیاز	0	+1	+1
زمین			
اراضی با شکل نامنظم	0	+	+
موانع موجود در زمین	0	0	0
خاک‌های با نفوذپذیری متوسط	0	0	0
امتیاز	0	+1	+1
منبع آب			
چاه	+	+	0
امتیاز	+1	+1	0
اقلیم			
بارندگی کم	-	0	0
دمای بالا – خشک	-	0	0
بادخیز	-	0	0
شرایط یخبندان	+	0	0
امتیاز	-2	0	0
شرایط اجتماعی–ساختاری			
قابلیت خرابکاری	0	-	+
امتیاز	0	-1	+1

۳-۷- جمع‌بندی انتخاب روش آبیاری

به‌طور خلاصه، انتخاب نوع سامانه‌های آبیاری بر اساس عواملی هم‌چون محصول، زمین، منبع آب، اقلیم و شرایط اجتماعی-ساختاری در روش‌های مختلف آبیاری مورد ارزیابی قرار گرفت که خلاصهٔ نتایج آن در جدول ۱۰ ارائه شده است. در حالت کلی این عوامل با آبیاری بارانی، سامانهٔ کلاسیک ثابت، با آبیاری موضعی، سامانهٔ تیپ و با آبیاری سطحی، سامانهٔ کرتی مورد ارزیابی قرار گرفتند. با توجه به روش امتیازدهی چارلز برت، در آبیاری بارانی، سامانهٔ کلاسیک ثابت امتیاز منفی یک را دریافت کرد که نشان‌دهندهٔ آن است که سامانه با توجه به این ویژگی‌ها، برای منطقهٔ مورد مطالعه مناسب نیست. هم‌چنین، در آبیاری سطحی و آبیاری موضعی بیش‌ترین امتیاز به‌ترتیب برابر مثبت سه و مثبت دو مشاهده شده و بدین معنی است که این سامانهٔ آبیاری با توجه به این معیار و ویژگی‌ها، سامانهٔ مناسبی برای منطقهٔ مورد مطالعه خواهد بود. نتایج نشان داد که آبیاری کرتی بیش‌ترین تناسب را در اراضی کشاورزی حکم‌آباد شهر تبریز را دارد. نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج سایر پژوهش‌گران در مناطق مختلف کشور نیز مورد مقایسه قرار گرفت. در پژوهشی، Majnooni Heris et al. (2015) گزارش کردند که در بین روش‌های آبیارانی، در روش آبیاری بارانی، کلاسیک ثابت، در روش موضعی سامانهٔ تیپ و در روش سطحی، سامانهٔ کرتی بیش‌ترین تناسب را در دست‌های فامنین، قهاوند و رزن داشتند. در این زمینه پژوهش‌های محدودی در ایران صورت گرفته است. باید توجه داشت که این عوامل برای تمامی نقاط مختلف کشور متفاوت است، لذا نمی‌توان یک منطقه را با منطقه‌ای دیگری که دارای شرایط مختلف است، مقایسه نمود.

جدول ۹- خلاصه نتایج امتیازدهی انتخاب سیستم‌های آبیاری در اراضی زراعی حکم‌آباد شهر تبریز

Table 9- Summary of the scoring results of the selection of irrigation systems in agricultural lands of Hokmabad, Tabriz city

پارامتر	نوع سیستم آبیاری		
	بارانی	موضعی	سطحی
	سیستم ثابت	تیپ	کرتی
محصول	0	1	1
زمین	0	1	1
منبع آب	1	1	0
اقلیم	-2	0	0
اجتماعی– ساختاری	0	-1	0
جمع کل امتیازات	-1	+2	+3

٤- نتیجه‌گیری

روش امتیازدهی چارلز برت در مجموع از بین گزینه‌های آبیاری بارانی سامانهٔ کلاسیک ثابت، از بین روش‌های موضعی سامانهٔ تیپ، از بین روش‌های سطحی سامانهٔ کرتی را مناسب برای اراضی کشاورزی حکم‌آباد شهر تبریز انتخاب کرد. نتایج نشان داد که روش امتیازدهی مورد استفاده علی‌رغم دستورالعمل سادهٔ آن یک روش کاربردی برای گزینش سامانهٔ مناسب آبیاری است. نتایج حاصل

نشان داد که سامانهٔ کرتی از نظر محصول، اقلیم، منبع آب و شرایط اجتماعی–ساختاری مناسب برای منطقهٔ مورد مطالعه است. در آبیاری بارانی، سامانهٔ کلاسیک ثابت از نظر زمین، نوع محصول و ساختار اجتماعی–ساختاری امتیاز ۰ را دریافت کرد که نشان‌دهندهٔ آن بود که هیچ ارتباطی بین سامانهٔ آبیاری این عوامل در منطقه وجود ندارد. در بین روش‌های موضعی، سیستم تیپ از نظر نوع محصول، زمین و منبع آب امتیاز مثبت یک را دریافت کرد که نشان داد که سیستم با توجه با ویژگی‌ها برای منطقه مناسب است، ولی به‌دلیل نیاز به مدیریت و مهارت بالا و امکان خراب‌کاری از نظر اجتماعی–ساختاری دارای مشکل بوده، ولی از دیدگاه محصول، زمین و منبع آب جزو گزینه برتر به حساب می‌آید. هم‌چنین در بین روش‌های آبیاری سطحی، سامانهٔ کرتی از دیدگاه نوع محصول و زمین سامانهٔ مناسب است.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت‌های مادی و معنوی شرکت مهندسین مشاور یکم در طول انجام پژوهش حاضر قدردانی می‌شود.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش وجود ندارند.

دسترسی به داده‌ها

تمام داده‌های استفاده شده برای تحلیل در این مقاله ارائه شده است. مجموعه داده‌های بیش‌تر بر اساس درخواست معقول به نویسندهٔ مسئول در دسترس است.

مشارکت نویسندگان

جاوید نایبی: منابع، گردآوری اطلاعات میدانی، نگارش، تهیهٔ پیش‌نویس اصل؛ **ایمان حاجی‌راد:** روش‌شناسی، تفسیر نتایج، نگارش، بررسی و ویرایش، نرم‌افزار، ویرایش نسخه‌های خطی؛ **مسعود پورغلام آمیجی:** نرم‌افزار، تفسیر نتایج، تحلیل و بررسی، ویرایش دست‌نوشته، بررسی نهایی؛ **اردوان آذری:** مفهوم‌سازی، ویرایش نهایی ؛ **سیامک پناهزاده:** نظارت، بررسی گزارش نهایی.

منابع

پورغلام آمیجی، مسعود، حاجی‌راد، ایمان، نایبی، جاوید، علوی، سید راشد، نوذری، فرناز، و اکبرپور، منصوره (۱۴۰۳). ارتقاء بهره‌وری آبیاری گندم در ایران (بخش اول: از دیدگاه سامانه آبیاری و مدیریت آب). *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۴(۱)، ۱۷۱–۱۹۳. doi: 10.22098/mmws.2023.11937.1189

جهان‌تیغ، منصور (۱۴۰۰). اثرات روش‌های آبیاری زیرسطحی، سفالی و قطره‌ای بر رشد نهال توت در مناطق خشک (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ سیستان). *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۲(۱)، ۲۵–۳۵. doi: 10.22098/mmws.2021.8691

رجا، امید، میرزایی، فرهاد، پورغلام آمیجی، مسعود، هوشمند، محمد، صالح، محمد، و بالوی، فرشته (۱۳۹۹). ارزیابی پتانسیل توسعه آبیاری تحت‌فشار در دشت قزوین با روش تحلیل سلسله مراتبی و الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان. *مدیریت آب در کشاورزی*، ۷(۲)، ۱۵–۳۰. dor:20.1001.1.24764531.1399.7.2.2.1

مجنونی هریس، ابوالفضل، نایبی، مروت، صدرالدینی، علی اشرف (۱۳۹۶). انتخاب مناسب‌ترین سیستم آبیاری در دشت‌های فامنین، قهاوند و رزن. *علوم و مهندسی آبیاری*، ۴۰(۴)، ۱۵۵–۱۶۷. doi: 10.22055/jise.2017.13340

مرادزاده، پیمان، اوجاقلو، حسن، قبائی سوق، محمد (۱۳۹۸). ارزیابی موقعیت سامانه‌های آبیاری بارانی اجرا شده با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: دشت زنجان). *آب و خاک*، ۳۳(۴)، ۵۶۵–۵۷۸. doi:10.22067/jsw.v0i0.81485

نایبی، جاوید، پورغلام آمیجی، مسعود، حاجی‌راد، ایمان، علوی، سید راشد، نوذری، فرناز، و اکبرپور، منصوره (۱۴۰۳). ارتقاء بهره‌وری آبیاری گندم در ایران (بخش دوم: از دیدگاه مکانیزاسیون و مدیریت مزرعه). *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۴(۱)، ۱۹۴–۲۱۳. doi: 10.22098/mmws.2023.11937.1190

نائینی، مهکامه سادات، لیاقت، عبدالمجید، نظری، بیژن (۱۳۹۷). ارزیابی سامانه‌های آبیاری نخلستان‌های بوشهر و تعیین مناسب‌ترین سامانه با استفاده از روش AHP. *مدیریت آب و آبیاری*، ۸(۲)، ۲۱۱–۲۲۵. doi:10.22059/jwim.2018.258737.615

نیسی، لمیا، الباجی، محمد، و برومندنسب، سعید (۱۳۹۸). ارزیابی بهترین سیستم آبیاری با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی دشت ایذه). *پژوهش آب ایران*، ۱۳(۴)، ۱۷–۲۵. https://iwrj.sku.ac.ir/article_10669.html?lang=fa

References

Burt, C.M., Clemmens, A.J., Strelkoff, T.S., Solomon, K.H., Bliesner, R.D., Hardy, L.A., Howell, T.A. Members, A.S.C.F., & Eisenhauer, D.E. (1997). Irrigation performance measures: efficiency and uniformity. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, *123*(6), 423-442. doi:10.1061/(ASCE)07339437(1997)123:6(423)

Caswell, M., & Zilberman, D. (1985). The choices of irrigation technologies in California. *American Journal of Agricultural Economics*, *67*(2), 224-234. doi:10.2307/1240673

Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., & Li, H. (2010). Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*,

3(1), 1-25. doi: 10.3965/j.issn.1934-6344.2010.01.0-0

Dwijendra, N.K.A., Salih, M.S., Opulencia, M.J.C., Morozova, L., Sergushina, E.S., Asnan, M.N., Kadhim, M.M. & Kavitha, M. (2022). The effect of various irrigation technologies and strategies on water resources management. *Journal of Water and Land Development*, (53), 143-147.

Gavade, R.K. (2014). Multi-criteria decision making: an overview of different selection problems and methods. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, *5*(4), 5643-5646. https://www.semanticscholar.org/paper/MultiCriteria-Decision-Making

Jahantigh, M. (2021). Effects of irrigation methods of subsurface, clay pot and drop on Mulberry growth in dry land region (Case study: Sistan area). *Water and Soil Management and Modelling*, *1*(2), 25-35. doi: 10.22098/mmws.2021.8691. [In Persian]

Keller, J., & Bliesner, R.D. (1990). *Sprinkle and trickle irrigation*. New York: Van Nostrand Reinhold. https://www.amazon.in/Sprinkle-Trickle-Irrigation-Jack-Keller/dp/1475714270

Majnooni Heris, A., Nayebi, M., & Sadraddini, A.A. (2018). Selecting the most appropriate irrigation system for famenin, Qahavand and Razan Plains. *Journal of Irrigation Sciences and Engineering, 40*(4), 155-167. dor:20.1001.1.25885952.1396.40.4.11.6.[In Persian]

Moradzadeh, P., Ojaghlou, H., & Ghabaei Sough, M. (2019). Assessment of sprinkler irrigation systems situation using analytical hierarchy process method (Case Study: Zanjan Plain). *Water and Soil*, *33*(4), 565-578. doi:10.22067/jsw.v0i0.81485. [In Persian]

Naeini, M., Liaghat, A., & Nazari, B. (2018). Evaluation of date palm irrigation systems in Bushehr and determination of the best irrigation system using AHP approach. *Water and Irrigation Management*, *8*(2), 211-225. doi:10.22059/jwim.2018.258737.615. [In Persian]

Nayebi, J., Pourgholam-Amiji, M., Hajirad, I., Alavi, S. R., Nozari, F., & Akbarpour, M. (2023). Improving wheat irrigation productivity in Iran (Part two: from the view point of mechanization and farm management). *Water and Soil Management and Modelling*. doi: 10.22098/mmws.2023.11938.1190. [In Persian]

Neissi, L., Albaji, M., & Boroomand Nasab, S. (2019). Evaluation of the best irrigation system by using analytical hierarchy process (Case study: Plain izeh). *Iranian Water Researches Journal*, *13*(4), 17-25. https://iwrj.sku.ac.ir/article_10669.html?lang=fa [In Persian]

Pourgholam-Amiji, M., Hajirad, I., Nayebi, J., Alavi, S.R., Nozari, F., & Akbarpour, M. (2023). Improving Wheat Irrigation Productivity in Iran (Part One: From the View Point of Irrigation System and Water Management). *Water and Soil Management and Modelling*, *4*(1), 171-193. doi: 10.22098/mmws.2023.11937.1189 .[In Persian]

Pramana, N., & Prajanti, S.D.W. (2019). Protection strategies on irrigated farm using analytic hierarchy process. *Jurnal Ekonomi Pembangunan: Kajian Masalah Ekonomi dan Pembangunan*, *19*(2), 207-217. doi:10.23917/jep.v19i2.5998

Raja, O., Mirzaei, F., Pourgholam-Amiji, M., Hooshmand, M., Saleh, M., & Balovi, F. (2021). Evaluation of potential development of pressurized irrigation in Qazvin Plain with analytical hierarchy process and ant colony optimization algorithm. *Water Management in Agriculture*, *7*(2), 15-30. dor:20.1001.1.24764531.1399.7.2.2.1. [In Persian]

Saaty, T.L. (1980). The analytic hierarchy process. Mcgrawhill international. *New York*. doi:10.1007/978-1-4613-2805-6_12

Sable, R., Kolekar, S., Gawde, A., Takle, S., & Pednekar, A. (2019). A review on different irrigation methods. *International Journal of Applied Agricultural Research*, *14*, 49-60. https://journals.pan.pl/dlibra/doccontent?id=123516

Shahzad, A., Ullah, S., Dar, A.A., Sardar, M.F., Mehmood, T., Tufail, M.A., Shakoor, A. & Haris, M. (2021). Nexus on climate change: Agriculture and possible solution to cope future climate change stresses. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*, 14211-14232. doi:10.1007/s11356-021-12649-8

Veisi, H., Deihimfard, R., Shahmohammadi, A., & Hydarzadeh, Y. (2022). Application of the analytic hierarchy process (AHP) in a multi-criteria selection of agricultural irrigation systems. *Agricultural Water Management*, *267*, 107619. doi:10.1016/j.agwat.2022.107619

Zeleny, M. (1973). Compromise programming. *Multiple criteria decision making*. doi:10.1007/978-1-4615-3612-3_4