ASPI | Afarand Scholarly Publishing Institute; Turkey
ISSN: 2538-4384; Geographical Research. 2023;38(4):491-498 10.58209/geores.38.4.491

Physical and Social Feasibility Study of the Use of Rainwater Harvesting System in the Housing of Mazandaran Cities Based on Geographical Differences

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Salarian H.[1] *MSc*
Memarian Gh.[1]* *PhD*
Mohammad Moradi A.[1] *PhD*

How to cite this article
Salarian H, Memarian Gh, Mohammad Moradi A. Physical and Social Feasibility Study of the Use of Rainwater Harvesting System in the Housing of Mazandaran Cities Based on Geographical Differences. Geographical Research. 2023;-38(4):491-498.

ABSTRACT

Aims In contrast to commonly held beliefs in the province of Mazandaran, , alterations in climate have exposed this particular region to the issue of water scarcity. This predicament has rendered it crucial to direct attention to the various methods of managing water, such as the collection of rainwater, within this province. From this vantage point, the objective of this publication is to meticulously scrutinize and evaluate the feasibility of implementing a comprehensive plan for rainwater collection in the residential areas of Larijan, Amol, and Noor, which are situated within the Mazandaran province, based on both physical and social capabilities.

Methodology This is an applied study carried out from 2017 to 2021 in three cities of Mazandaran. The research process is segmented into three distinct stages in accordance with the nature of the data. The researcher employed indirect observation to extract physical (architectural) data, which were subsequently prioritized by experts utilizing the Delphi method. As for the technical data pertaining to the various components of the rainwater harvesting system, they were derived from the statistical analysis of rainfall and catchment levels observed during the study period, in addition to the optimal capacity of the tank. In terms of the social dimension, the requisite data were gathered through a questionnaire devised by the researcher, followed by an analysis conducted using a one-sample T test.

Findings The primary physical factors that have a significant impact on water management in housing within the Mazandaran province encompass various variables such as "Roof area," "Roof slope," "Area and yard dimensions," "Area slope," "Gutter," "Dimensions and proportions," and "Insulation details." Regarding the quantity of water, the optimal volume stands at 5981 liters in Larijan city, 8632 liters in Amol city, and 7533 liters in Nur city. Furthermore, from a social perspective, the findings indicate an above-average level of citizen participation across all three cities, which is attributed to the implementation of rainwater extraction systems.

Conclusion In conclusion, the cities within the Mazandaran province exhibit both physical and social capacities for the implementation of rainwater harvesting systems in residential settings. However, it is important to acknowledge that the main hindrance in this endeavor is the limited institutional (management) capacity.

Keywords Housing; Rainwater; Water Management; Mazandaran Province

CITATION LINKS

[Abedzadeh *et al.*, 2015] Comparison of water supply ...; [Akter & Ahmed, 2015] Potentiality of rainwater harvesting ..; [Amos *et al.*, 2015] Economic analysis of rainwater ...; [Angrill *et al.*, 2017] Environmental performance of ...; [Bailey *et al.*, 2018] Sustainability of rainwater ...; [Bashar *et al.*, 2018] Reliability and economic analysis of ...; [Campisano *et al.*, 2017] Urban rainwater harvesting ...; [Che-Ani & Shaari, 2009] Rainwater harvesting as an alternative ...; [Diba & Yaghini, 1993] Analysis and study of the native architecture ...; [Elliott, 2014] Integration of water into ...; [Fonseca *et al.*, 2017] Design of optimal tank size for rainwater ...; [Hakimdost *et al.*, 2015] Analysis of the climate drought and its effects ...; [Komeh *et al.*, 2015] Investigation performance of rooftop ...; [Kuntz Maykot & Ghisi, 2020] Assessment of a rainwater harvesting system ...; [Lamera *et al.*, 2014] Green roofs effects on the urban water ...; [Lee *et al.*, 2016] Rainwater harvesting as an alternative water ...; [Masoudi, 2022] Sociological analysis of social ...; [McMillan *et al.*, 2016] How to use the nominal group and ...; [Mehrabadi *et al.*, 2013] Performance evaluation of rainwater ...; [Mendez *et al.*, 2011] The effect of roofing material ...; [Mohammadpour & Bozorgmehr, 2014] Evaluation of drought climate ...; [Mollaei *et al.*, 2020] Reliability and storage analysis ...; [Narin *et al.*, 2005] Potential for water conservation ...; [Noori *et al.*, 2018] Optimal use of rainwater ...; [Pahlavani *et al.*, 2016] Evaluation and comparison of ...; [Polinsky, 2009] Evaluating the effects of ...; [Qobadian, 1993] Adaptation of housing to ... [Şahin & Manioğlu , 2019] Water conservation through ...; [Sheikh, 2021] Assessing the status and ... [Sheikh, 2020] Perception of domestic rainwater ...; [Shokati *et al.*, 2022] Optimization and feasibility of ...; [Silva *et al.*, 2015] Evaluation of rainwater harvesting ...; [Soler *et al.*, 2018] Rain and the city: Pathways ...; [Taran & Mahtabi, 2016] Investigation of supplying water ...;

[1]Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

***Correspondence**
Address: Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Iran University of Science and Technology, Narmak, Tehran, Iran. Postal Code: 1684613114
Phone: +98 (21) 77240467
Fax: +98 (21)77240468
memarian@iust.ac.ir

Article History
Received: October 10, 2023
Accepted: December 8, 2023
ePublished: December 16, 2023

Copyright© 2023, the Authors | Publishing Rights, ASPI. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

مطالعه امکان‌سنجی کالبدی و اجتماعی کاربرد سامانه استحصال آب باران در مسکن شهرهای استان مازندران مبتنی بر تفاوت‌های جغرافیایی

حسین سالاریان MSc
گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
غلامحسین معماریان* PhD
گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
اصغر محمدمرادی PhD
گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

چکیده
اهداف و زمینه‌ها: در استان مازندران برخلاف تصور رایج، تغییرات آب‌وهوایی این منطقه را نیز در معرض کم‌آبی قرار داده است. این موضوع توجه به روش‌های مدیریت آب از جمله استحصال آب باران را در این استان ضروری کرده است. با این نگاه، هدف مقاله تحلیل و امکان‌سنجی پیاده‌سازی طرح سامانه استحصال آب باران در مسکن سه شهر لاریجان، آمل و نور در استان مازندارن براساس پتانسیل کالبدی و اجتماعی است.
روش‌شناسی: پژوهش حاضر از نوع کاربردی بوده و در سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ در سه شهر استان مازندران انجام شد. فرآیند پژوهش براساس نوع داده‌ها به سه مرحله تقسیم شد. داده‌های کالبدی (معماری) به وسیله مشاهده غیرمستقیم پژوهشگر استخراج و با استفاده از روش دلفی توسط خبرگان اولیت‌دهی شدند. داده‌های فنی اجزای سامانه استحصال آب باران براساس آمار میزان بارش و سطوح آبگیر در سال‌های مطالعه محاسبه و حجم بهینه مخزن محاسبه شد. در بُعد اجتماعی نیز داده‌های لازم از طریق پرسش‌نامه محقق‌ساخت گردآوری و با آزمون T تک نمونه‌ای تحلیل شد.
یافته‌ها: مهم‌ترین متغیرهای کالبدی موثر بر مدیریت آب در مسکن استان مازندران «مساحت سقف»، «شیب سقف»، «ابعاد محوطه و حیاط»، «شیب محوطه»، «ناودان»، «ابعاد و تناسبات» و «جزییات عایق» بود. میانگین حجم بهینه در شهر لاریجان ۵۹۸۱ لیتر، در شهر آمل ۸۶۳۲ لیتر و در شهر نور برابر ۷۵۳۳ لیتر بود. در بُعد اجتماعی یافته‌ها گویای میزان بالاتر از متوسط مشارکت شهروندان در هر سه شهر با توسعه سامانه‌های استحصال آب باران بود.
نتیجه‌گیری: در شهرهای استان مازندران ظرفیت کالبدی و اجتماعی برای توسعه سامانه استحصال آب باران در بافت مسکونی وجود دارد. ظرفیت نهادی (مدیریتی) پایین مهم‌ترین مانع در این موضوع شناخته شد.

کلیدواژگان: مسکن، آب باران، مدیریت آب، استان مازندارن

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۷
*نویسنده مسئول: memarian@iust.ac.ir

مقدمه
تغییرات آب‌وهوایی در چند دهه گذشته از جمله خشک‌سالی، کاهش منابع آب و سیل اهمیت توجه به موضوع آب در حوزه‌های مختلف از جمله جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری را افزایش داده است. در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک ایران، توجه به روش‌های صرفه‌جویی و مدیریت مصرف آب در بخش مسکونی به عنوان یک موضوع مهم توسط متخصصان و کارشناسان شناخته شده است. با این حال، این ملاحظات به دلیل تصوری که در جامعه از مناطق مرطوب، به‌ویژه مناطق حاشیه دریای خزر وجود دارد مورد توجه قرار نمی‌گیرد. برخلاف تصور رایج مبنی بر وجود منابع آب فراوان در استان مازندران، تغییرات آب‌وهوایی این منطقه را نیز در معرض کم‌آبی و خشک‌سالی قرار داده است. مطالعات پهنه‌بندی کم‌آبی و خشک‌سالی در کشور نشان می‌دهد که کمی بیش از ۵۰٪ مساحت استان مازندران در پهنه‌های خیلی‌خشک تا نرمال‌خشک قرار دارد [Hakimdost *et al.*, 2015]. در چند سال اخیر این روند به طور بی‌سابقه‌ای در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه در سراسر استان گسترش پیدا کرده که نشان از روند فوقِ خشک در سراسر استان مازندران است [Mohammadpour & Bozorgmehr, 2014]. شرایط اقلیمی ویژه حاشیه دریای خزر، تیپولوژی مسکن در این سرزمین را همگام با عوامل فرهنگی و اجتماعی شکل داده است. فراهم‌نمودن شرایط آسایش در این منطقه پُرباران و مرطوب، از جمله معضلاتی بوده که ساختمان‌های سنتی توانسته بودند تا حد زیادی پاسخ‌گوی آن باشند [Qobadian, 1993]. با نگاهی به کالبد بومی منطقه می‌توان دریافت که تمامی اجزا و روابط موجود در این پهنه جغرافیایی به صورت مستقیم یا غیرمستقیم تحت تاثیر آب قرار دارند [Diba & Yaghini, 1993]. بخش‌های مختلف شهرها از ساختارهای کلان تا اجزای خُرد همه متاثر از نقش آب شکل گرفته‌اند. این اهمیت و تاثیر در شهرسازی معاصر مازندران نیز به‌خوبی قابل مشاهده است. نقش پُررنگ موضوع آب در این پهنه اهمیت مطالعه روی این موضوع را نمایان می‌کند.
طی چند دهه گذشته روند تغییر الگوی مسکن در مازندران شدت گرفته است. این موضوع باعث تغییر در زیرساخت‌های شهری و افزایش سطوح غیرقابل نفوذ مانند پشت بام‌ها، جاده‌ها، پارکینگ‌ها و پیاده‌روها شده است. در این فرآیند عملکرد فیلتراسیون پوشش گیاهی، نفوذ و ظرفیت ذخیره‌سازی آب در خاک، با خاک فشرده و سطوح غیرقابل نفوذ جایگزین می‌شود. این شرایط باعث به وجودآمدن حجم بیشتری از آب اضافی می‌شود که با سرعت بیشتری به سمت منابع پذیرنده آب‌های سطحی جریان می‌یابد [Lamera *et al.*, 2014]. از سوی دیگر در مطالعات جدید اثبات شده است که حجم آب قابل استحصال از سطوح عایق پشت‌بام‌ها و غیره قابل توجه است و چنانچه این نتایج به کل مناطق شهری استان تعمیم داده شود، راه حل عملی در کاهش بحران فزاینده تامین آب است [Pahlavani *et al.*, 2016].
روش‌های مختلفی برای مدیریت آب مسکونی در سطوح مختلف وجود دارد. از این میان تمرکز این مقاله بر سامانه استحصال آب باران است. مفهوم کلی استحصال آب باران، جمع‌آوری و ذخیره آب باران برای استفاده از آن است. این عمل در قدیم برای تامین آب شرب و آبیاری انجام می‌شد. نتیجه‌بخش‌بودن استفاده از روش‌های استحصال آب به‌ویژه در ابنیه مسکونی در مطالعات مختلف داخلی

و خارجی به اثبات رسیده است [Fonseca *et al.*, 2017; Amos *et al.*, 2018; Noori, 2018].

در این مطالعات بررسی سیستم‌های استحصال آب باران دارای توجیه فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی ارزیابی شده است [Akter & Ahmed, 2015; Bailey *et al.*, 2018; Taran & Mahtabi, 2016]. به عنوان مثال، به تاثیر مثبت استفاده از بام سبز در مدیریت آب باران در مطالعات مختلفی تاکید شده است [Lamera *et al.*, 2014; Polinsky, 2009]. سامانه استحصال آب باران را می‌توان به سه دسته سطوح آبگیر وسیع، سیستم‌های پشت بام ساختمان‌ها و سیستم‌های محوطه تفکیک کرد.

مطالعات *سیلوا* و همکاران [Silva *et al.*, 2015]، *فونستا* و همکاران [Fonseca *et al.*, 2017]، *کومه* و همکاران [Komeh *et al.*, 2015] نشان داد استفاده از سیستم‌های استحصال آب باران در ساختمان‌های مسکونی کارآمد است و این موضوع در مناطق با بارش متوسط به بالا دارای امتیاز بیشتری است. این موضوع در مطالعه *عابدزاده* و همکاران [Abedzadeh *et al.*, 2015] به‌روشنی بیان شده است که کاربرد سیستم استحصال آب باران در استان مازندران علاوه بر امکان اجرا، دارای توجیه اقتصادی نیز هست.

در مطالعات صورت‌گرفته با موضوع سیستم‌های استحصال آب، آنچه بسیار نمود دارد شناخت اجزا و ویژگی‌های کالبدی آنها است؛ زیرا ارایه طرح یا ضوابط در هر سطح مستلزم سازگاری با این تجهیزات است. به عنوان مثال در مطالعات *آموس* و همکاران و *سیلوا* و همکاران، اجزای اصلی سیستم‌ها «سطح آبگیر»، «ناودان»، «فیلترکردن»، «مخزن»، «سیستم تحویل» و «تصفیه» بوده است. فارغ از عملکرد مکانیکی این اجزا، شکل و ابعاد آن می‌تواند در فرآیند طراحی و اصلاح کالبد مسکن موثر باشد. از این رو لازم است تا ملاحظات لازم در آن صورت گیرد [Silva *et al.*, 2015; Amos *et al.*, 2018].

در شهرهای استان مازندران، تغییر مصالح از سنتی به مصالح صنعتی باعث تغییرات جدی در میزان و نوع رواناب‌ها شده است. افزایش سطوح عایق موجود از جمله آسفالت باعث افزایش رواناب شهری می‌شود. این افزایش رواناب نیاز به توسعه ساختارها را در زمینه مدیریت آب افزایش داده است. از سوی دیگر نوع مصالح در کیفیت آب جذب‌شده دارای تاثیر اندکی است، مثلاً *مندز* بیان کرده است «بام‌های فلزی کیفیت آب باران بهتری در مقایسه با سایر مواد بام نشان می‌دهند.» اما این موضوع نیاز به تصفیه دقیق آب را از بین نمی‌برد [Mendez *et al.*, 2011]. در جمع‌بندی کلی می‌توان گفت، تغییر مصالح از نوع جاذب آب به عایق دارای فرصت و تهدیدی است. تهدید، افزایش تبخیر آب سطحی و جذب کم آب به صورت زیرزمینی است [Narin *et al.*, 2005]. از سوی دیگر افزایش میزان رواناب ظرفیت استحصال آب را افزایش می‌دهد که امکان استحصال آن وجود دارد.

در جمع‌بندی می‌توان گفت در مسکن بومی مازندران، مواجهه با آب بیشتر به صورت دفاعی بوده است. به این معنا که در گذشته، به دلیل بارش‌های فراوان، سازندگان مسکن بومی، ملاحظاتی برای دفع آب و جلوگیری از آسیب‌های فیزیکی به بنا در نظر می‌گرفتند. اما با بروز تغییرات اقلیمی لازم است که سایر ابعاد مدیریت منابع آب، مانند مدیریت و جمع‌آوری آب‌های سطحی و دفع فاضلاب نیز لحاظ شود. در این راستا، پژوهش حاضر به دنبال شناخت رابطه میان کالبد مسکن، شرایط اقلیمی و جغرافیایی با امکان توسعه سامانه‌های استحصال مسکونی آب باران در شهرهای استان مازندران است. هدف مقاله تحلیل و تطبیق کالبدی و اجتماعی سه شهر در استان مازندارن به تفکیک شرایط جغرافیایی براساس پتانسیل کالبدی برای پیاده‌سازی طرح سامانه استحصال آب باران بود.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر در حوزه مطالعات کاربردی قرار داشته و در سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ در شهرهای نور، آمل و لاریجان انجام شد. داده‌های پژوهش به سه گروه تقسیم می‌شوند:

۱- داده‌های کالبدی مسکن شهرهای نور، آمل و لاریجان که به وسیله مشاهده غیرمستقیم پژوهشگر استخراج و با استفاده از روش دلفی اولیت‌دهی شدند.

۲- داده‌های فنی که براساس آمار میزان بارش در سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ محاسبه شد.

۳- داده‌های امکان‌سنجی ایجاد سامانه‌های استحصال آب باران که شامل پرسش‌نامه اجتماعی است.

برای طبقه‌بندی شاخص‌های کالبدی مسکن مازندران از روش دلفی استفاده شد [McMillan *et al.*, 2016]. پانل شامل ۱۴ نفر از خبرگان جغرافیا و شهرسازی بودند که طی چهار مرحله در قالب ۳ گویه اصلی و ۱۴ گویه فرعی برای اولویت‌بندی و تعیین میزان موافقت هر یک از اعضای پانل با مقوله مورد نظر در اختیار آنها قرار گرفت. بر این اساس پاسخ‌گویان با ۷ گویه از میان ۱۴ گویه شناسایی‌شده خیلی موافق بودند (میانگین بالاتر از ۴).

روش کلی مطالعه برای ارزیابی قابلیت جمع‌آوری آب باران، شناسایی سه مولفه اصلی یعنی منبع (بارندگی)، تقاضا (میزان نیاز شرب، غیرشرب یا آبیاری) و سیستم جمع‌آوری و توزیع آب بود. داده‌های این سه مولفه از طریق زیر محاسبه شد:

الف- مقادیر بارش سالیانه در منطقه: آمار میانگین بارندگی در هر یک از مناطق شهرها تهیه شد.

ب- حجم آب باران استحصال‌شده: از طریق ضرب بارش سالانه، مساحت حوضه و ضریب رواناب مطابق رابطه ۱ محاسبه شد.

رابطه ۱)

$$S=Cr*A*R$$

S: حجم آب باران استحصال‌شده برحسب متر مکعب در سال

Cr: ضریب رواناب

R: مقدار بارندگی برحسب mm

A: سطح استحصال آب برحسب متر مکعب

ج- تعیین حجم بهینه مخزن: با استفاده از منحنی جرمی جریان براساس رابطه ۲ حجم مفید مخزن محاسبه شد.

رابطه ۲)

$$S=Maximum\ (\Sigma Vd-\Sigma Vs)$$

S: حجم آب برداشتی یا مورد نیاز (متر مکعب)
Vd: حجم آب ورودی به سد (متر مکعب)
s: حجم مفید مخزن (متر مکعب)

برای گردآوری داده‌های امکان‌سنجی توسعه سامانه‌های استحصال آب از پرسش‌نامه محقق‌ساخت استفاده شد. پرسش‌نامه شامل دو بخش بود که متغیرهای کالبدی و اجتماعی در آن سنجیده شد. پرسش‌نامه کالبدی براساس جدول هدف و محتوا تنظیم شده و شامل ۶۰ گویه است. در این پرسش‌نامه دو شاخص "محوطه و نما" و "جزییات و تاسیسات" با ۱۰ زیرمعیار در بخش محتوا و سه شاخص "عینی"، "ذهنی" و "مدیریت آب" به عنوان هدف ارزیابی پرسش‌نامه قرار گرفتند. پرسش‌نامه اجتماعی نیز معطوف به ظرفیت‌های مردمی و نهادی بوده و شامل ۱۰ گویه بود. هر دو پرسش‌نامه از طریق طیف لیکرت ۵ طبقه‌ای کمّی‌سازی شدند.

به منظور مقایسه توزیع داده‌ها با توزیع نرمال، از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. برای آزمودن فرضیات از آزمون‌های پارامتریک مانند t (نمونه‌ای) و برای تحلیل داده‌ها از آزمون‌های ناپارامتری مانند ویلکاکسون وکروسکال-والیس استفاده و فرآیند تحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام شد. به منظور اطمینان از روایی پرسش‌نامه، پس از تنظیم نسخه پیش‌نویس، پرسش‌نامه توسط اساتید و خبرگان معماری و مسکن تکمیل و نظرات اصلاحی ایشان اعمال شد. در نهایت، سوالات مربوط به محورهای پژوهش تدوین شد. برای بررسی پایایی کلی پرسش‌نامه، از آزمون آلفای کرونباخ استفاده شد و میزان آلفای تمامی بخش‌ها بزرگ‌تر از ۰/۷ بود.

محدوده مطالعه شامل سه شهر نور، آمل و لاریجان از استان مازندران بود. دلیل این انتخاب تنوع جغرافیایی این سه شهر به تفکیک جلگه‌ای (ساحلی)، کوهپایه‌ای و کوهستانی در محدوده جغرافیایی نسبتاً کوچک در استان مازندران بود. در سه شهر منتخب به منظور امکان‌سنجی استحصال آب باران، پرسش‌نامه محقق‌ساخت توزیع شد. حجم نمونه از طریق جدول مورگان در هر شهر ۳۸۴ نفر مشخص شد.

یافته‌ها

یافته‌ها را می‌توان براساس سه گروه داده به یافته‌های کالبدی، فنی و اجتماعی دسته‌بندی کرد. در فرآیند رتبه‌بندی متغیرهای کالبدی با استفاده از روش دلفی مطابق جدول ۱ بر روی ۷ گویه توافق خبرگان وجود داشت و اعضای پانل به اجماع بر معیارهای معماری موثر در استحصال آب باران رسیدند.

جدول ۱) اولویت معیارها و میزان توافق متخصصان با معیارهای معماری مدیریت آب در مسکن استان مازندران

گویه	زیرمعیار	میانگین	انحراف‌معیار	درصد موافقت
فضاهای داخلی	ارتفاع سقف	۲/۸۴	۰/۵۱	مردود
	پوشش داخلی	۲/۵۶	۰/۴۴	مردود
	ارتباط فضایی	۳/۲۸	۰/۴۳	مردود
	مبلمان	۲/۵۴	۰/۰۹	مردود
محوطه و نما	مساحت سقف	۴/۳۶	۰/۱۲	۹۳/۷۵
	شیب سقف	۴/۵۸	۰/۳۸	۸۱/۲۵
	ابعاد محوطه و حیاط	۴/۷۲	۰/۲۵	۱۰۰
	شیب محوطه	۴/۶۶	۰/۳۰	۱۰۰
	مصالح نما	۳/۸۴	۰/۳۶	مردود
	ارتفاع بنا نسبت به محوطه	۳/۴۶	۰/۲۴	مردود
جزییات و تاسیسات	ناودان	۴/۶۱	۰/۲۸	۸۱/۲۵
	ابعاد و تناسبات	۴/۲۸	۰/۱۹	۸۷/۵
	جزییات عایق	۴/۳۹	۰/۲۱	۸۷/۵
	تاسیسات الکتریکی	۲/۱۶	۰/۳۱	مردود

محاسبات مربوط به داده‌ها بر اساس مساحت کاربری‌های شهری انجام شد. این مساحت‌ها از نقشه‌های جغرافیایی شهری استخراج شد؛ اما با توجه به اینکه مساحت کاربری مسکونی شامل سطح حیاط و پشت بام بوده برای تفکیک و تعیین درصد پشت بام به حیاط منازل مسکونی از عکس هوایی استفاده شد. با استفاده از تصویر گوگل‌ارث تعدادی از خانه‌ها انتخاب و مساحت حیاط و خانه تفکیک شد و پس از آن میزان درصد پشت بام منازل مسکونی نسبت به حیاط تعیین شد. هر شهر به سه پهنه تقسیم شد و متوسط مساحت به تفکیک پهنه‌های شهری در هر محدوده مشخص شد (جدول ۲).

جدول ۲) تعیین سطوح قابل استحصال مسکونی در شهرهای لاریجان، آمل و نور

الگوی معماری مسکن	مساحت	لاریجان			آمل			نور		
		پهنه شمالی	پهنه مرکزی	پهنه جنوبی	پهنه شمالی	پهنه مرکزی	پهنه جنوبی	پهنه شمالی	پهنه مرکزی	پهنه جنوبی
ویلایی	میانگین مساحت	۴۲۱۰۲	۳۹۲۱۶	۳۸۱۲۶	۲۹۵۸۱	۳۴۲۰۴	۳۷۱۲۰	۵۰۲۱۰	۴۱۰۱۹	۴۴۱۲۸
	انحراف‌معیار	۰/۲۴	۰/۰۹	۰/۱۸	۰/۵۴	۰/۰۸	۰/۳۰	۰/۴۳	۰/۱۹	۰/۲۵
آپارتمانی	میانگین مساحت	۴۳۹۰۸	۴۲۱۱۰	۴۳۲۵۸	۳۹۲۰۵	۳۲۱۲۸	۳۴۱۸۳	۵۲۷۲۵	۵۹۴۳۰	۶۱۲۵۷
	انحراف‌معیار	۰/۰۲	۰/۵۴	۰/۱۵	۰/۲۱	۰/۳۹	۰/۶۲	۰/۰۹	۰/۴۳	۰/۱۱
ترکیبی	میانگین مساحت	۵۵۷۲۳	۴۸۱۰۴	۴۲۱۱۸	۴۸۷۲۴	۴۲۵۱۲	۵۱۰۱۹	۸۴۲۱۹	۷۳۹۳۰	۹۱۲۰۶
	انحراف‌معیار	۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۱۳	۰/۳۳	۰/۲۴	۰/۲۸	۰/۴۰	۰/۵۱	۰/۱۷

پس از محاسبه میانگین مساحت در هر یک از محدوده‌های مورد مطالعه، میزان آب قابل استحصال که بستگی به مقدار بارش و مساحت پشت بام دارد، برای هر ماه از سال‌های مورد مطالعه محاسبه شد و مقادیر سالانه حجم آب قابل استحصال برحسب متر مکعب ارایه شد (جدول ۳).

جدول ۳) مقادیر محاسبه‌شده حجم آب قابل استحصال از پشت بام مسکونی برحسب متر مکعب

شهر		۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰
لاریجان	پهنه شمالی	۲۸۰۵۵	۲۸۷۹۳	٤٥٠١٩	۳۱۷٤۰	۲٥٥۰۸
	پهنه مرکزی	۲٦٦٥۳	۲۷۳٥۳	٤۲۷٦۸	۳۰۱٥۳	۲٤۲۳۳
	پهنه جنوبی	۲۷۰۸٦	۲۷۷۸۷	٤۳۲۰۱	۳۰٥۸۷	۲٤٦٦۷
آمل	پهنه شمالی	۲۱٤٥۳	۳٦۳٤۷	۳۳٤٦۳	۲۹۰۰۳	٤۱٥٤۸
	پهنه مرکزی	۲۱٦۱۱	۳٦٥۰٥	۳۳٦۲۱	۲۹۱٦۱	٤۱۷۰٦
	پهنه جنوبی	۲۱٥۷۷	۳٦٤۷۱	۳۳٥۸۷	۲۹۱۲۷	٤۱٦۷۲
نور	پهنه شمالی	۷۲۹٤٥	۹۳۱۷٥	۹٤۲٤۲	۱۱۱۷۸٤	۸۹۲۹۷
	پهنه مرکزی	٦۱۲۷٤	۷۸۲٦۷	۷۹۱٦۳	۹۳۸۹۹	۷٥۰۰۹
	پهنه جنوبی	٦٤۹۲۱	۸۲۹۲٦	۸۳۸۷٥	۹۹٤۸۸	۷۹٤۷٤

به منظور تعیین حجم مناسب مخزن در سیستم استحصال آب باران، بهینه‌سازی حجم مخازن با روش منحنی جرم صورت گرفت تا براساس حداکثر تفاوت بین جریان ورودی تجمعی و میزان نیاز تجمعی در دوره فعال‌بودن مخزن، که خود تحت تاثیر فاکتورهایی از قبیل مساحت ساختمان، تعداد ساکنین و میزان مصرف آنهاست، بهینه‌سازی حجم مخزن صورت گیرد. با توجه به اهمیت حجم مخازن، میزان بهینه این حجم به ازای تامین صددرصد مصرف و همچنین به‌ازای کاهش ۲۵درصدی میزان مصرف در فصول پُرباران محاسبه شد (جدول ۴).

براساس تحلیل داده‌های جدول ۴، میانگین حجم بهینه مخزن در شهر لاریجان برای پهنه‌های شمالی، مرکزی و جنوبی به‌ترتیب برابر ۶۳۷۸، ۵۴۲۶ و ۶۱۳۸ لیتر بود. این مقدار برای شهر آمل در سه پهنه مذکور به‌ترتیب ۹۲۵۰، ۸۱۹۳ و ۸۴۵۴ لیتر و برای شهر نور به‌ترتیب ۷۹۰۰، ۶۲۴۷ و ۸۴۵۳ لیتر محاسبه شد.

نظر به یافته‌های پژوهش، استحصال آب باران راه حل قابل قبول و سازگار با کالبد مسکن مازندران در راستای مدیریت بهینه و صرفه‌جویی مصرف آب بود.

در سنجش بُعد اجتماعی، متغیرهای پژوهش شامل بیش از یک گویه بود و نظر به قضیه حد مرکزی، میانگین داده‌ها توزیع نرمال داشت و از عدد ۳ به عنوان میانگین استفاده شد. مقدار آزمون در سه متغیر کمتر از ۰/۰۵ بوده و نتایج معنادار بود. در تمام مناطق شهرها با میانگین ۳/۵۲۹ مشارکت ساکنان بالاتر از حد متوسط بود. اما ظرفیت‌های مدیریتی کمتر از متوسط و سازگاری کالبدی نیز با ۳/۳۹۴ بالاتر از متوسط بود. این نسبت در شهرهای لاریجان، آمل و نور نیز تکرار شد. در جدول ۵ میانگین متغیرهای پژوهش به تفکیک الگوی جغرافیایی ارایه شد.

جدول ۴) میزان حجم بهینه مخزن (لیتر) در شهرهای لاریجان، آمل و نور

شهر		۱۳۹۶		۱۳۹۷		۱۳۹۸		۱۳۹۹		۱۴۰۰	
		%۱۰۰	%۷۵	%۱۰۰	%۷۵	%۱۰۰	%۷۵	%۱۰۰	%۷۵	%۱۰۰	%۷۵
لاریجان	شمال	٦۳٤۳	٤۷٥۷	٦٦۸٦	٥۰۱٤	٥۸۷۰	٤٤۰۲	۷۰۲٥	٥۲٦۹	٥۹٦۸	٤٤۷٦
	مرکز	٥۳۹۲	٤۰٤٤	٥۷۱٦	٤۲۸۷	٤۹۹٥	۳۷٤٦	٥۹٦۰	٤٤۷۰	٥۰٦٦	۳۸۰۰
	جنوب	٦۱۰٥	٤٥۷۹	٦٤٤۳	٤۸۳۲	٥٦٥۱	٤۲۳۸	٦۷٥۹	٥۰٦۹	٥۷۳۱	٤۲۹۸
آمل	شمال	۹۲۱٦	٦۹۱۲	۹٦۱٦	۷۲۱۲	۸٥۱۳	٦۳۸٥	۱۰۲٤۳	۷٦۸۲	۸٦٦۱	٦٤۹٦
	مرکز	۸۱٥۹	٦۱۱۹	۸٥۳۸	٦٤۰٤	۷٥٤۰	٥٦٥٥	۹۰٥۹	٦۷۹٤	۷٦٦۹	٥۷٥۲
	جنوب	۸٤۲۰	٦۳۱٥	۸۸۰٤	٦٦۰۳	۷۷۸۰	٥۸۳٥	۹۳٥۱	۷۰۱٤	۷۹۱۳	٥۹۳٥
نور	شمال	۷۸٦٥	٥۸۹۹	۸۲۳۸	٦۱۷۹	۷۲۷۰	٥٤٥۲	۸۷۳۰	٦٥٤۷	۷۳۹٥	٥٥٤٦
	مرکز	٦۲۱۳	٤٦٦۰	٦٥٥۳	٤۹۱٥	٥۷٥۰	٤۳۱۲	٦۸۸۰	٥۱٦۰	٥۸۳۸	٤۳۷۹
	جنوب	۸٤۱۹	٦۳۱٤	۸۸۰۳	٦٦۰۳	۷۷۷۹	٥۸۳٥	۹۳٥۰	۷۰۱۳	۷۹۱۳	٥۹۳٥

جدول ۵) میانگین متغیرهای امکان‌سنجی توسعه استحصال آب باران در مسکن شهرهای مازندران به تفکیک الگوی جغرافیایی

شهر	متغیر	میانگین	انحراف‌معیار	آماره t	درجه آزادی	مقدار p	نتیجه
لاریجان	مشارکت شهروندی	۳/۸۰۲	۰/۷۰	۱/۲٥۰	۳۸۴	۰/۰۰۴	بیش از میانه
	سازگاری کالبدی	۳/۸۹۰	۰/٤٤	۳/٤۱۱	۳۸۴	۰/۰۲۱	بیش از میانه
	ظرفیت‌های مدیریتی	۲/٥۳۲	۰/٥۹	-۸/۰۲٥	۳۸٥	۰/۰۰۱	کمتر از میانه
آمل	مشارکت شهروندی	۳/٥٦۱	۰/٥۲	۱/۲٥۰	۳۸٦	۰/۰۰۳	بیش از میانه
	سازگاری کالبدی	۳/۲٤۱	۰/۲۳	۳/٤۱۱	۳۸۴	۰/۰۰۱	بیش از میانه
	ظرفیت‌های مدیریتی	۲/۹۲۰	۰/٦۳	۰/۹٥٤	۳۸۷	۰/۰۱۷	میانه
نور	مشارکت شهروندی	۲/۸۹٤	۰/۲۱	۲/۳۹۱	۳۸۴	۰/۰۰۸	میانه
	سازگاری کالبدی	۳/٤۱۳	۰/٤۳	۱/۷۷۷	۳۸۴	۰/۰۰۱	بیش از میانه
	ظرفیت‌های مدیریتی	۲/٦٦۸	۰/٤۹	-۳/۷٥۷	۳۸٥	۰/۰۲۹	کمتر از میانه
میانگین هر سه شهر	مشارکت شهروندی	۳/٤۱۹	۰/۳۸	۱/۹٥٤	۳۸۴	۰/۰۱۲	بیش از میانه
	سازگاری کالبدی	۳/٥۱٥	۰/٥۹	۳/۰۰۲	۳۸۴	۰/۰۲۰	بیش از میانه
	ظرفیت‌های مدیریتی	۲/۷۰۷	۰/٤۱	-٥/۲۱٦	۳۸٥	۰/۰۰٥	کمتر از میانه

طبق اطلاعات جدول ۵، در امکان‌سنجی اجتماعی، شهروندان با طرح استحصال آب باران همکاری و مشارکت داشتند. میزان سازگاری کالبدی نیز بالاتر از متوسط و برای توسعه سامانه فوق مناسب بود. در این میان، فقدان ظرفیت‌های مدیریت شهری مهم‌ترین مانع در توسعه این سامانه‌ها در مسکن مازندران بود.

با توجه به شرایط موجود و وجود ظرفیت اجتماعی و کالبدی در استفاده از سامانه استحصال آب باران در پژوهش، یافته‌های فنی در زمینه میانگین سطوح آبگیر و حجم مخزن به عنوان دو عنصر کالبدی کلیدی در مسکن محدوده مطالعه شناسایی شدند.

بحث

هدف مقاله تحلیل و امکان‌سنجی پیاده‌سازی طرح سامانه استحصال آب باران در مسکن سه شهر لاریجان، آمل و نور در استان مازندارن براساس پتانسیل کالبدی، اجتماعی و مدیریتی بود. از این رو یافته‌های اصلی پژوهش در سه گروه ارایه شدند که شامل یافته‌های کالبدی، فنی و اجتماعی بود.

یافته کلی این پژوهش در اثربخشی سامانه‌های استحصال آب باران در مدیریت آب، کاهش آلودگی زیست‌محیطی با مطالعات *کونتز* و *قیسی* [Kuntz & Ghisi, 2020] و *تاران* و *مهتابی* [Taran & Mahtabi, 2016] و *بایلی* و همکاران [Bailey *et al.*, 2018] سازگار است.

مهم‌ترین متغیرهای کالبدی موثر بر مدیریت آب در مسکن استان مازندران شامل «مساحت سقف»، «شیب سقف»، «ابعاد محوطه و حیاط»، «شیب محوطه»، «ناودان»، «ابعاد و تناسبات» و «جزییات عایق» بود. این متغیرها به صورت مجزا در برخی از پژوهش‌های مرتبط دیگر نیز شناسایی شده‌اند. از جمله *چی-آنی* و همکاران [Che-Ani *et al.*, 2009] به سطح آبگیر و ناودان اشاره کرده‌اند. به این دو متغیر در مطالعات *فونستا* و همکاران [Fonseca *et al.*, 2017] و *سیلوا* و همکاران [Silva *et al.*, 2015] نیز اشاره شده است. اما در متغیرهای دیگر تشابه اندک بود. این موضوع می‌تواند به دلیل تفاوت دیدگاه به موضوع باشد، به این صورت که این مقاله با نگاه شهرسازی تدوین شد و اکثر مطالعات موجود به مدیریت آب در مسکن در حوزه‌های فنی بوده‌اند. این موضوع با مقایسه رویکرد این مقاله با مطالعه *الیوت* [Elliot, 2014] که با نگاه مسکن روستایی در کشور غنا تدوین شده است، بیشتر روشن می‌شود.

از سوی دیگر، در بُعد کالبدی مطالعه *آنگریل* و همکاران [Angrill *et al.*, 2017] نشان داده است که راهکارهای مخزن سقفی تاثیرات کمتری نسبت به مخزن‌های زیرزمینی داشته‌اند؛ زیرا صرفه‌جویی در مصرف انرژی و مواد را افزایش می‌دهند اما نیازهای تقویتی آنها را می‌توان در فاکتورهای ایمنی ساختمان بدون مخزن در نظر گرفت. در پژوهش *ساهین* و *مانیگلو* [Şahin & Manioğlu, 2019] رابطه میزان آب باران به‌دست‌آمده با استفاده از اشکال مختلف ساختمانی در مناطق مختلف اقلیمی به صورت مقایسه‌ای مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. این دو موضوع در مقاله حاضر مغفول ماند که می‌توان در بُعد کالبدی نیز آن را در پژوهش مستقلی بررسی کرد.

میانگین حجم بهینه مخزن برای فصول گرم در شهر لاریجان ۵۹۸۱ لیتر، در شهر آمل ۸۶۳۲ لیتر و در شهر نور برابر ۷۵۳۳ لیتر بود. این میزان برای فصول سرد که مصرف آب در آن کمتر است به‌ترتیب برابر ۴۴۸۶، ۶۴۷۴ و ۵۶۵۰ لیتر بود. این یافته محاسباتی به علت وابسته‌بودن به میزان بارش و کالبد مسکن محدوده مطالعه چندان قابل مقایسه با یافته‌های دیگر پژوهش‌ها نیست. اما *ملایی* و همکاران [Mollaei *et al.*, 2020] در مطالعه خود در مورد تهران با روشی مشابه، به احجام مختلفی در مناطق مختلف رسیده‌اند که از نظر ایشان به علت تفاوت در شرایط تغییرات بارندگی و توپوگرافی بوده است. این یافته دلیل تفاوت در ابعاد مختلف محاسبه‌شده را نشان می‌دهد. این موضوع در مطالعه *شوکتی* و همکاران [Shokati *et al.*, 2022] و *پهلوانی* و همکاران [Pahlavani *et al.*, 2016] نیز مشاهده شده است.

یافته‌ها نشان داد که درصد قابلیت اطمینان سامانه با افزایش حجم مخزن به طور مستقیم افزایش می‌یابد. با این حال، با افزایش حجم مخزن، شیب این روند افزایشی به‌تدریج کاهش یافته و درنهایت به صفر رسید. این یافته با مطالعه *مهرآبادی* و همکاران [Mehrabadi *et al.*, 2013] و *بشار* و همکاران [Bashar *et al.*, 2018] سازگار است.

درمورد بُعد اجتماعی و نهادی یافته‌های پژوهش گویای میزان بالاتر از متوسط مشارکت شهروندان در هر سه شهر با توسعه سامانه‌های استحصال آب باران بود. ارتباط این موضوع با مشارکت مردمی در پروژه‌های دیگر مربوط به مدیریت آب در مطالعه *مسعودی* [Masoudi, 2022] تایید شده است. البته *شیخ* در دو مطالعه [Sheikh, 2020; Sheikh, 2021] علی‌رغم پذیرش عمومی این سامانه دلیل اصلی عدم توسعه آن را در کمبود اطلاعات و دانش فنی شهروندان نسبت به این موضوع دانسته است.

درمورد رابطه مدیریت شهری و توسعه سامانه‌های استحصال آب باران مطالعه مرتبطی در داخل صورت نگرفته است. البته در خصوص ظرفیت‌های اجتماعی و نهادی *سولر* و همکاران [Soler *et al.*, 2018] در مطالعه خود در برلین به ظرفیت‌های مشارکت اجتماعی در مدیریت شهری به عنوان عامل اصلی اشاره کرده‌اند که این موضوع در مدیریت شهری ایران مشاهده نمی‌شود. علاوه بر این *لی* و همکاران [Lee *et al.*, 2016] و *کامپاسیانو* و همکاران [Campisano *et al.*, 2017] تدوین سیاست‌های مناسب حمایتی، آموزش شهروندی و ایجاد زیرساخت‌های لازم را در مدیریت شهری برای توسعه سامانه‌های استحصال آب باران ضروری دانسته‌اند که در پژوهش حاضر به آن اشاره‌ای نشد.

مهم‌ترین محدودیت پژوهشگر دسترسی به حوزه‌های جغرافیایی مختلف در استان مازندران بود، از این رو، مطالعات تکمیلی بعدی می‌تواند با استفاده از روش این پژوهش در دیگر شهرهای استان مازندران و یا گیلان نتایج را برای این پهنه اقلیمی ارایه نمایند.

نتیجه‌گیری

مشارکت شهروندان و سازگاری کالبدی مسکن بالاتر از متوسط ارزیابی شد. ساختار کالبدی مسکن شهرهای مازندران امکان توسعه سامانه‌های استحصال آب باران را دارد. اما از از آنجا که ظرفیت‌های مدیریت شهری در شهرهای مورد مطالعه ضعیف است، مانع از توسعه سامانه‌های استحصال آب باران می‌شود.

تشکر و قدردانی: موردی از طرف نویسندگان گزارش نشده است.

تاییدیه اخلاقی: اصول و ضوابط اخلاق علمی همچون امانت‌داری، رازداری، صداقت و غیره مورد توجه نویسندگان قرار گرفته است.

تعارض منافع: مقاله برگرفته از رساله دکترای نویسنده اول با عنوان «بازشناسی و تحلیل عناصر معماری بومی مازندران با هدف ارایه راهکارهای معماری جهت مدیریت و بهره‌گیری از منابع آب در مسکن معاصر» به راهنمایی نویسنده دوم و نویسنده سوم در دانشگاه علم و صنعت ایران است.

سهم نویسندگان: حسین سالاریان (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی (۵۰%)؛ غلامحسین معماریان (نویسنده دوم)، روش‌شناس/پژوهشگر کمکی (۲۵%)؛ اصغر محمدمرادی (نویسنده سوم)، نگارنده مقدمه/نگارنده بحث (۲۵%)

منابع مالی: موردی از طرف نویسندگان گزارش نشده است.

منابع

- Abedzadeh S, Khashei Seyuki A, Abparvar A (2015). Comparison of water supply required for domestic green space with rainwater harvesting in different climates. Proceedings of the 3rd international conference on rain catchment surface systems. Birjand: University of Birjand. [Persian]
- Akter A, Ahmed S (2015). Potentiality of rainwater harvesting for an urban community in Bangladesh. Journal of Hydrology. 528:84-93.
- Amos CC, Rahman A, Gathenya JM (2018). Economic analysis of rainwater harvesting systems comparing developing and developed countries: A case study of Australia and Kenya. Journal of Cleaner Production. 172:196-207.
- Angrill S, Segura-Castillo L, Petit-Boix A, Rieradevall J, Gabarrell X, Josa A (2017). Environmental performance of rainwater harvesting strategies in Mediterranean buildings. The International Journal of Life Cycle Assessment. 22:398-409.
- Bailey RT, Beikmann A, Kottermair M, Taboroši D, Jenson JW (2018). Sustainability of rainwater catchment systems for small island communities. Journal of Hydrology. 557:137-146.
- Bashar MZI, Karim MR, Imteaz MA (2018). Reliability and economic analysis of urban rainwater harvesting: A comparative study within six major cities of Bangladesh. Resources, Conservation and Recycling. 133:146-154.
- Campisano A, Butler D, Ward S, Burns MJ, Friedler E, DeBusk K, et al (2017). Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. Water Research. 115:195-209.
- Che-Ani IA, Shaari N (2009). Rainwater harvesting as an alternative water supply in the future. European Journal of Scientific Research. 34(1):132-140.
- Diba D, Yaghini S (1993). Analysis and study of the native architecture of Gilan. Architecture and Urban Planning. 24(Special for Gilan):6-16. [Persian]
- Elliott PJ (2014). Integration of water into an architectural design-Tamale city expansion. Netherlands: Delft University of Technology, Architecture and The Built Environment.
- Fonseca CR, Hidalgo V, Díaz-Delgado C, Vilchis-Francés AY, Gallego I (2017). Design of optimal tank size for rainwater harvesting systems through use of a web application and geo-referenced rainfall patterns. Journal of Cleaner Production. 145:323-335.
- Hakimdost Y, Rastegar M, Pourzeidi A, Hatami H (2015). Analysis of the climate drought and its effects on spatial patterns of location in rural settlement (case study villages in Mazandaran province). Journal of Geography and Environmental Hazards. 3(3):61-76. [Persian]
- Komeh Z, Memarian H, Tajbakhsh SM (2015). Investigation performance of rooftop water harvesting systems and reservoir volume optimization (case study: Birjand, Iran). Journal of Rainwater Catchment Systems. 3(2):23-32. [Persian]
- Kuntz Maykot J, Ghisi E (2020). Assessment of a rainwater harvesting system in a multi-storey residential building in Brazil. Water. 12(2):546.
- Lamera C, Becciua G, Rullia MC, Rossoa R (2014). Green roofs effects on the urban water cycle components. Procedia Engineering. 70:988-997.
- Lee KE, Mokhtar M, Hanafiah MM, Halim AA, Badusah J (2016). Rainwater harvesting as an alternative water resource in Malaysia: Potential, policies and development. Journal of Cleaner Production. 126:218-222.
- Masoudi H (2022). Sociological analysis of social participation in the design and implementation of municipal wastewater collection and treatment network. Journal of Water and Sustainable Development. 9(1):105-116. [Persian]
- McMillan SS, King M, Tully MP (2016). How to use the nominal group and Delphi techniques. International Journal of Clinical Pharmacy. 38(3):655-662.
- Mehrabadi MHR, Saghafian B, Sadeghian MS (2013). Performance evaluation of rainwater harvesting on the rooftops of residential buildings to enhance non-potable water demand in the coastal cities of Iran. Water Resources Engineering. 6(19):1-16. [Persian]
- Mendez CB, Klenzendorf JB, Afshar BR, Simmons MT, Barrett ME, Kinney KA, et al. (2011). The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater. Water Research. 45(5):2049-2059.
- Mohammadpour A, Bozorgmehr K (2014). Evaluation of drought climate space based on the standardized precipitation (SPI) case study (Mazandaran province). Geographical Planning of Space. 4(14):179-194. [Persian]
- Mollaei O, Kouchakzadeh M, Haghighi Feshi F (2020). Reliability and storage analysis of rainwater reservoirs: Comparison between north, center, and west of Tehran. Iranian Water Research Journal. 14(3):1-9. [Persian]
- Narin P, Khan MA, Singh G (2005). Potential for water conservation and harvesting against drought in Rajasthan, India. Working Paper 104 (Drought Series: Paper 7). Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute(IWMI).
- Noori Z, Zare Chahouki MA (2018). Optimal use of rainwater harvesting: A strategy to deal with water shortages in arid and semi-arid regions. Journal of Water and Sustainable Development. 5(1):115-122. [Persian]

- Pahlavani P, Dastorani MT, Tabatabaee J, Vafakhah M (2016). Evaluation and comparison of rainwater harvesting potential from roof catchments in different climatic conditions (case study: Mashhad and Noor in Iran). Journal of Rainwater Catchment Systems. 4(3):1-10. [Persian]
- Polinsky RR (2009). Evaluating the effects of green roofs as tools for stormwater management in an urban metropolis [dissertation]. Atlanta: Georgia State University.
- Qobadian V (1993). Adaptation of housing to the climate. Architecture and Urban Planning. 24(Special for Gilan):17-21. [Persian]
- Şahin NI, Manioğlu G (2019). Water conservation through rainwater harvesting using different building forms in different climatic regions. Sustainable Cities and Society. 44:367-377.
- Sheikh V (2021). Assessing the status and importance of rainwater harvesting from public perceptions (case study: Six regional capital cities of Iran). Water Harvesting Research. 4(1):40-53.
- Sheikh V (2020). Perception of domestic rainwater harvesting by Iranian citizens. Sustainable Cities and Society. 60:102278.
- Shokati H, Sojoodi Z, Mashal M (2022). Optimization and feasibility of using rainwater harvesting systems in Ardabil. Water and Soil. 36(3):351-363. [Persian]
- Silva CM, Sousa V, Carvalho NV (2015). Evaluation of rainwater harvesting in Portugal: Application to single-family residences. Resources, Conservation and Recycling. 94:21-34.
- Soler NG, Moss T, Papasozomenou O (2018). Rain and the city: Pathways to mainstreaming rainwater harvesting in Berlin. Geoforum. 89:96-106.
- Taran F, Mahtabi G (2016). Investigation of supplying water requirements in different parts of a city through rainwater harvesting; A case study Bonab, Iran. Irrigation and Water Engineering. 7(1):40-53. [Persian]