

## Optimal Use of Rainwater Harvesting: A Strategy to Deal with Water Short- ages in Arid and Semi-Arid Regions

Z. Noori<sup>1\*</sup>, M.A. Zare Chahouki<sup>2</sup>

1,2- Ph.D. Student of Watershed Science and Engineering, Professor in Natural Resources Faculty, University of Tehran, Iran.

\*(Corresponding Author Email: Zahra.noori@ut.ac.ir)

Received: 28-02-2017

Accepted: 01-08-2017

## استفاده بهینه از آب باران راهکاری برای مقابله با کم آبی در مناطق خشک و نیمه خشک

زهرا نوری<sup>۱</sup>، محمدعلی زارع چاهوکی<sup>۲</sup>

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیز و استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

\*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: Zahra.noori@ut.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۱۰

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۵/۱۰

### Abstract

Low rainfall with poor temporal and spatial distribution, scarcity of water resources, and the increasing demand for water are major problems in arid and semiarid regions. The efficient use of water resources and efforts to achieve new water sources are two main solutions to slightly overcome these problems. Among these, rainwater harvesting is one of the most prominent methods for rainwater management to confront the scarcity of water that is rapidly developing in many areas. Due to the variety and extent of rainwater harvesting methods, characteristics such as the amount of rainfall and its distribution, topography, soil type, soil depth, social and economic factors, as well as the water consumption in each area must be considered when selecting the appropriate method. In this paper, firstly, the factors affecting the selection and design of each rainwater harvesting method is studied that includes natural factors such as weather conditions, topography, runoff, and the technical, economic, social, and organisational factors. Then, the different methods of rainwater harvesting systems including microcatchment, macrocatchment, and rooftop rainwater harvesting systems are expressed in detail.

**Keywords:** Rainwater harvesting, Arid and semi-arid regions, Water resources, Scarcity of water.

### چکیده

بارندگی کم همراه با توزیع نامناسب زمانی و مکانی، کمبود منابع آب و افزایش تقاضا برای آب از مشکلات اساسی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. استفاده بهینه از منابع آبی موجود و نیز تلاش در جهت دستیابی به منابع آبی جدید دو راه حل عمده برای رفع نسبی این مشکلات هستند. از این میان، جمع‌آوری آب باران یکی از شاخص‌ترین روش‌های مدیریت بهره‌برداری از آب باران برای مقابله با کم آبی می‌باشد که در بسیاری از مناطق به سرعت در حال توسعه است. با توجه به تنوع و گستردگی روش‌های جمع‌آوری آب باران، باید در انتخاب روش مناسب به ویژگی‌هایی از قبیل مقدار بارندگی و نحوه توزیع آن، توپوگرافی زمین، نوع خاک، عمق خاک، عوامل اقتصادی و اجتماعی و مصارف آب هر منطقه توجه جدی نمود. در این مقاله، ابتدا عوامل موثر در انتخاب و طراحی روش‌های جمع‌آوری آب باران از جمله عوامل طبیعی مانند شرایط آب و هوایی، توپوگرافی منطقه، رواناب و عوامل فنی، اقتصادی، سازمانی و اجتماعی بررسی شده است. سپس روش‌های مختلف مربوط به سامانه‌های جمع‌آوری آب باران با سطوح آبگیر کوچک، بزرگ و جمع‌آوری آب از پشت بام‌ها به تفصیل بیان شده است.

**واژه‌های کلیدی:** جمع‌آوری آب باران، مناطق خشک و نیمه‌خشک، منابع آب، کم آبی.

در پژوهشی رشیدی مهرآبادی و ثقفیان (۱۳۹۱) سیستم سطوح آبیگر باران و عملکرد مخازن ذخیره‌سازی آب باران را که با هدف تأمین نیاز غیرشرب روزانه ساکنان ساختمان‌های مسکونی شهر قزوین احداث شده، بررسی کردند. با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان بیان داشت که اگر حجم مخازن و نیاز غیرشرب روزانه ساکنان براساس شرایط فیزیکی ساختمان و شرایط هیدرولوژیکی محاسبه شوند، ذخیره‌سازی آب باران در مخازن به حداکثر رسیده و نیاز غیرشرب ساکنان از طریق جمع‌آوری آب باران در تعداد روزهای بیشتری تأمین خواهد شد. حسینی و روغنی (۱۳۹۱) به منظور معرفی مناسب‌ترین روش جمع‌آوری آب باران و حفظ رطوبت و به دنبال آن کاهش تبخیر از سطح خاک، سامانه‌های لوزی شکل با تیمارهای مختلف در دامنه‌های شیب‌دار احداث نمودند. این کار علاوه بر افزایش رطوبت در انتهای سامانه، تأثیر شایان توجهی در افزایش سطح سفره‌های آب زیرزمینی و کاهش فرسایش و رسوب دارد. نتایج این پژوهش نشان داد که این سامانه‌ها منجر به افزایش نگهداشت رطوبت حجمی خاک در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک به میزان ۲۸/۷۶ درصد می‌شود. صادق‌زاده ریحان و همکاران (۱۳۹۲) روش‌های جمع‌آوری آب باران را با هدف افزایش رطوبت خاک و رشد نهال پسته در استان آذربایجان شرقی ارزیابی کردند. نتایج آنها نشان داد که روش‌هایی مانند استفاده از پرلیت، موجب افزایش معنی‌دار ذخیره رطوبتی خاک و رشد نهال‌ها می‌شود.

Mathew و Samuel (۲۰۰۸) روش‌های سازگار کردن و بهبود روش‌های جمع‌آوری آب باران به منظور تغذیه آب زیرزمینی و افزایش تولید در مقیاس حوزه آبخیز را در هند بررسی نمودند. آنها روش‌ها را در دو گروه ذخیره در مخازن مصنوعی و ذخیره در خاک تقسیم کردند که شامل مخازن سیمانی و استخرها می‌باشد. نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از روش‌های جمع‌آوری آب باران و احیاء آنها به کمک روش‌های نوین منجر به ایجاد منبعی مناسب از آب برای کاهش تأثیر خشکسالی و فرسایش خاک در منطقه می‌شود. Derib و همکارانش (۲۰۰۹) تأثیر جمع‌آوری آب باران با حوضچه‌های کوچک مقیاس (تراس ابرویی، تراس نیم دایره و ترانشه) را بر بهبود پوشش گیاهی در منطقه Amhara در شمال شرقی اتیوپی بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که تراس ابرویی، تراس نیم دایره و ترانشه به ترتیب منجر به افزایش ۶۸، ۹۵ و ۵۲ درصد در بیوماس گیاهی شده است. براساس بررسی Oweis و Tavakoli (۲۰۱۱) در طول دوره ۲۰۰۶-۱۹۹۹ در استان آذربایجان شرقی، حدود ۵۵-۳۵ درصد از آب مورد نیاز کشاورزی منطقه را می‌توان با سامانه‌های جمع‌آوری آب باران به شکل حوضچه‌های کوچک و بندهای دایره‌ای (با خاک فشرده) تأمین نمود. مطالعات Zingiro و همکاران (۲۰۱۴) برای ارزیابی اثر فناوری

جمع‌آوری آب باران را می‌توان شیوه مدیریت جمع‌آوری، ذخیره، پخش و توزیع آب باران برای هر استفاده‌ی تولیدی تعریف کرد. در مناطق خشک دنیا و بالطبع کشور ما ایران، به دلیل کم بودن میزان بارش و توزیع نامناسب مکانی و زمانی نزولات جوی، صرفه‌جویی در مصرف آب و مدیریت اصولی و بهره‌وری مناسب از منابع آب ضروری است (طباطبایی یزدی و همکاران، ۱۳۸۵). از سوی دیگر بخش زیادی از بارش به شکل رواناب و تبخیر از دسترس خارج می‌شود و تنها بخش اندکی از نزولات جوی به سفره‌های آب زیرزمینی وارد می‌شود (چکشی و طباطبایی یزدی، ۱۳۹۱). جمع‌آوری آب باران روشی مطمئن و مناسب در راستای افزایش میزان آب قابل دسترس بوده که ضمن تقلیل اثرات نامطلوب خشکی و خشکسالی، در نهایت منجر به حصول مزایای استفاده بهینه از نزولات جوی و رواناب‌های سطحی جهت مصارف مختلف خواهد شد (چکشی و طباطبایی یزدی، ۱۳۹۱). لذا بهینه‌سازی بهره‌برداری از ریزش‌های جوی یکی از راهکارهای اجرایی مدیریت و بهره‌برداری از آب قابل دسترس به‌ویژه برای مقابله با کم‌آبی است. جمع‌آوری آب باران به معنی جمع‌آوری و ذخیره رواناب‌ها از سطح بام‌ها، زمین‌ها و آب‌های فصلی و استفاده از آن برای آبیاری سالانه محصولات، مراتع و درختان، مصارف خانگی و دام و تغذیه آب زیرزمینی می‌باشد (Tuinhof و همکاران، ۲۰۱۲). شیوه‌های مختلف جمع‌آوری و ذخیره‌سازی آب باران با استفاده از احداث سامانه‌های سطوح آبیگر باران از دیرباز روشی برای تأمین آب جهت مصارف مختلف به‌ویژه کشاورزی بوده است (قدوسی، ۱۳۷۶). براساس تحقیقات تاریخی Fraize و Lewis در سال ۱۹۷۴، فن جمع‌آوری آب باران حدود ۴۵۰۰ سال پیش در میان مردم اوزوناتین از ساکنین باستانی خاورمیانه مرسوم بوده و اولین سیستم ذخیره آب در منطقه خاورمیانه ساخته شده است. در منطقه خاورمیانه در کشورهای عراق، عربستان و ایران تأسیسات جمع‌آوری باران در مسیر کاروان‌ها یافت شده است. وجود بندسارها، خوشاب‌ها، هوتک‌ها و آب‌انبارهای قدیمی نشانه قدمت جمع‌آوری آب باران در ایران است. استفاده از سامانه‌های جمع‌آوری آب باران در کشور هند نیز از زمان‌های گذشته متداول بوده و بخش عمده تولید محصولات آنها با استفاده از رواناب حاصل از بارندگی‌ها بوده است. روش‌هایی مانند Johad و ahar برای استفاده از آب باران در بسیاری از روستاهای هند استفاده می‌شده است (Borthakur، ۲۰۰۷). امروزه نیز صرف‌نظر از جنبه‌های تاریخی استفاده از سامانه‌های سطوح آبیگر و گستردگی کاربرد و بهره‌برداری از آنها در مناطق خشک و نیمه‌خشک در جهان قدیم، شیوه‌های نوین مقتضی و سازگار با شرایط اقلیمی به‌منظور بهینه‌سازی بهره‌برداری از نزولات جوی بکار می‌رود.

جمع‌آوری باران (حوضچه‌های جمع‌آوری رواناب) بر زندگی کشاورزان روستاهای جنوب شرقی جمهوری رواندا و تانزانیا نشان داد که جمع‌آوری آب باران افزایش بهره‌وری کشاورزی و افزایش درآمد کشاورزان در بسیاری از مناطقی که در معرض خشکسالی بوده را در پی داشته، همچنین دارای اثرات مثبتی بر خانوارهای کشاورز و کاهش فقر در مناطق روستایی بوده است. Yosef و Asmamaw (۲۰۱۵) برای تأمین آب اراضی کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک اتیوپی، روش‌های مختلف جمع‌آوری آب باران را بررسی کردند. در این پژوهش نشان داده شده است که روش‌های مانند پخش سیلاب و حوضه‌های کوچک تأثیر معنی‌داری بر روی رطوبت خاک و تغذیه آب زیرزمینی دارند؛ همچنین افزایش تولید محصولات کشاورزی، کاهش ریسک و اثر مثبت بر روی اکوسیستم دارند.

جمع‌آوری آب باران می‌تواند در مناطقی که منابع آب بسیار دور یا پرهزینه‌اند، آب را در دسترس قرار دهد تا روستاهای کوچک، دام، حیوانات خانگی و کشاورزی از سیستم جمع‌آوری آب باران بهره‌برند. احداث سامانه‌های جمع‌آوری آب باران هم به صورت

طبیعی و هم به صورت مصنوعی با دخالت انسان در طبیعت امکان‌پذیر است. آب جمع‌آوری شده می‌تواند از سطح سقف تمیز، سطح زمین یا حوضه‌های سنگی باشد. این آب عموماً در يك تانك ذخیره شده یا برای تغذیه آب‌های زیرزمینی هدایت می‌شود. به‌طورکلی سامانه‌های جمع‌آوری آب باران با توجه به نوع مصارف آب به ۳ نوع اصلی تقسیم می‌شود (محمدی نشلی و عزیز، ۱۳۹۰) که عبارتند از:

- ۱- سیستم‌های حفاظت و نگهداری رطوبت برای تولید محصولات زراعی
- ۲- سیستم‌های متمرکز نمودن رواناب برای حیوانات اهلی و وحشی
- ۳- سیستم‌های جمع‌آوری و ذخیره‌سازی رواناب به‌دست آمده از بام‌ها و سطح زمین برای مصارف خانگی و زراعی

در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک که تأمین نیاز آبی با مشکلات زیادی مواجه است، جمع‌آوری آب باران مزایای بسیاری دارد. برخی از این مزیت‌ها در جدول (۱) بیان شده است (Krishna, ۲۰۰۳).

جدول ۱- مزایای جمع‌آوری آب باران

مزایا
<ul style="list-style-type: none"> <li>• آب رایگان بوده و هزینه کمی برای جمع‌آوری و استفاده از آن می‌شود.</li> <li>• باعث هماهنگی بین منافع بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی می‌شود، زیرا با افزایش پوشش گیاهی، به بهبود وضعیت معیشتی و ایجاد مشارکت و همدلی بین مردم می‌انجامد.</li> <li>• انجام این پروژه‌ها به خودکفایی و احیای اقتصاد منجر و باعث تداوم برنامه‌ها و مدیریت بیشتر می‌شود.</li> <li>• نقطه جمع‌آوری و محل ذخیره و استفاده نزدیک منبع است و نیاز به شبکه پیچیده و پرهزینه ندارد.</li> <li>• آب باران منبعی از آب را در شرایطی که منابع آب زیرزمینی یا منبعی با کیفیت مناسب در دسترس نیست مهیا می‌کند.</li> <li>• سختی آب باران در حد صفر بوده و کاربرد وسیعی برای مواردی که نیاز به آب سبک دارد ایجاد می‌کند.</li> <li>• آب باران فاقد سدیم است و برای آبیاری باغچه و مزارع منبعی مناسب است.</li> <li>• برداشت آب باران، جریان‌های سیلابی و همچنین منابع آلاینده غیر نقطه‌ای را کاهش می‌دهد.</li> <li>• هدررفت منابع آب سطحی کاهش یافته، بهره‌وری استفاده از منابع آب و نزولات جوی افزایش می‌یابد.</li> </ul>

با توجه به بیان اهمیت، مزایا و ضرورت جمع‌آوری آب باران به‌عنوان منبعی برای تأمین آب مورد نیاز مصارف مختلف در مناطق روستایی و شهری اهداف جمع‌آوری آب باران شامل موارد زیر است:

- سازگاری با شرایط کم آبی و استفاده بهینه از منابع آب در دسترس و آب باران
- بهبود شرایط زندگی مردم ساکن در مناطق خشک و نیمه‌خشک
- مشارکت گسترده مردم بومی منطقه در مراحل طراحی، اجرا و نگهداری سیستم‌های مذکور
- جایگزین کردن منبعی از آب به جای استفاده از آب‌های

زیرزمینی و تغذیه منابع آب

- تأمین آب برای مناطق دور افتاده و افزایش بهره‌وری کشاورزی در مناطق روستایی
- ایجاد اشتغال در حوزه کشاورزی و منابع طبیعی کشور و تأمین آب مورد نیاز
- کنترل و مهار رواناب‌ها و کاهش ریسک سیلاب و کاهش خسارات وارد شده به اراضی کشاورزی، مناطق مسکونی، ساختمان‌ها، تأسیسات و راه‌ها
- کاهش ریسک خشکسالی و اثرات نامطلوب خشکی و کمبود آب و بهبود عملکرد محصولات کشاورزی

جمع‌آوری آب باران شامل مجموعه‌ای از روش‌های مختلف سنتی و نوین می‌باشد که دارای سابقه‌ای دیرینه است. مطالب زیادی در خصوص بحث جمع‌آوری آب باران با دیدگاه کارشناسی و فنی در مجلات معتبر علمی به چاپ رسیده است؛ اما هر یک از این مقالات تنها دیدگاه‌های خاصی از تکنیک استحصال آب در یک منطقه یا محیط‌زیست ویژه را پوشش می‌دهند و ارزش چندانی برای مجریان و دست‌اندرکاران عرصه‌های اجرایی ندارد. لذا هدف از این پژوهش ارایه چکیده‌ای جامع از روش‌های مختلف جمع‌آوری آب باران و بیان عوامل موثر و شرایط لازم جهت اجرای آنها

### طبقه‌بندی روش‌های جمع‌آوری آب باران

حجم برنامه‌های جمع‌آوری آب باران به بارش منطقه (که شامل متوسط بارش در هر فصل، تغییرات سالانه بارش، توزیع بارش در فصل بارانی، شدت بارش و تعداد وقایع بارش در هر فصل) و ویژگی‌های خاک (مانند عمق خاک منطقه (عمیق بودن)، نوع خاک حوزه آبخیز (نرخ تولید رواناب آن) و کیفیت خاک (ظرفیت

برای استحصال آب در مناطق مختلف می‌باشد. در این مقاله بررسی سازه‌ها و روش‌های مختلف جمع‌آوری آب باران و تأمین آب با روش تحقیق کیفی و مطالعه و بررسی اسناد و مدارک کتابخانه‌ای انجام شده است. بدین ترتیب ابتدا یک طبقه‌بندی از روش‌های جمع‌آوری آب باران براساس سطح حوزه آبخیز و شرایط مناسب جهت اجرای هر روش بیان شده است. سپس عوامل فنی، اقتصادی، سازمانی و اجتماعی موثر در اجرای پروژه‌های جمع‌آوری آب باران ذکر شده و در آخر روش‌های مختلف مختص به هر گروه براساس طبقه‌بندی انجام شده آورده شده است.

نگهداری بالا)) بستگی دارد. طبقه‌بندی سامانه‌های جمع‌آوری آب باران به روش‌های متفاوتی صورت می‌گیرد که رایج‌ترین نوع طبقه‌بندی براساس سطح آبخیز شامل چهار گروه اصلی جمع‌آوری سیلاب، سطوح آبخیز بزرگ، سطوح آبخیز کوچک و جمع‌آوری آب باران از پشت بام‌ها می‌باشد. طبقه‌بندی سامانه‌های جمع‌آوری آب باران براساس سطح حوزه آبخیز و عوامل موثر در اجرای هر گروه در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲- طبقه‌بندی روش‌های جمع‌آوری آب باران براساس سطح حوزه آبخیز و عوامل موثر در هر گروه (Munguambe و Ibraimo, ۲۰۰۷)

گروه	سیلاب جمع‌آوری سیلاب	رواناب باران سطوح آبخیز کوچک	رواناب باران سطوح آبخیز بزرگ	پشت بام‌ها
استراتژی	اخذ مازاد آب سیلاب‌ها	دریافت آب در خارج یا در منطقه	اخذ رواناب محلی در منطقه	اخذ رواناب از مناطق مسکونی
آب و هوا	نیمه‌مرطوب خشک، خشک و نیمه‌خشک، مناطق خشک با رودخانه‌های فصلی و بارش‌های نامنظم و شدید	نیمه‌مرطوب خشک، خشک و نیمه‌خشک،	نیمه‌مرطوب خشک، نیمه‌خشک، در مناطقی که بارش قابل اعتمادتر است، اما پراکنده و کم، با توزیع فصلی	در همه اقلیم‌ها
حوزه	حوزه‌های بزرگ، حدفاصل بین تپه و اراضی زراعی در دشت	حوزه‌های کوچک	در منطقه، حوزه آبخیز و منطقه هدف در یکجا قرار دارد	مسکونی و سازمان‌ها
رواناب	کانال جریان	جریان ورقه‌ای و شیاری، جریان فصلی	جریان ورقه‌ای و شیاری	جریان ورقه‌ای از پشت بام‌ها
ذخیره	ذخیره رطوبت در منطقه ریشه، تغذیه آب زیرزمینی	ذخیره رطوبت در منطقه ریشه، تغذیه آب زیرزمینی، تالاب‌ها، سد و مخزن و تانک	ذخیره رطوبت در منطقه ریشه، چاله‌ها، تراس‌ها	تانک‌ها (سطحی و زیرزمینی)
مصارف آب	تولید محصول، آبیاری، بهبود رطوبت خاک	مصارف مختلف مانند مصارف خانگی، برای شرب دام‌ها، تولید محصول، تغذیه آب زیرزمینی، آبیاری	برای گیاهان زراعی، علوفه‌ای و درختان، بهبود رطوبت خاک و تغذیه آب زیرزمینی	مصارف مختلف مصارف خانگی، برای شرب دام‌ها، باغ‌ها، تغذیه آب زیرزمینی، آبیاری تکمیلی باغچه‌ها
مدیریت	جوامع بزرگ و جوامع محلی	جوامع محلی یا فردی	جوامع محلی یا فردی	جوامع محلی یا فردی

سامانه‌های جمع‌آوری آب باران در مقیاس‌های مختلف برای یک مزرعه تا یک چشم‌انداز بزرگ مانند حوزه آبخیز قابل برنامه‌ریزی و اجرا است. در انتخاب روش جمع‌آوری آب باران قبل از هر چیز جنبه‌های فرهنگی و اجتماعی منطقه باید مورد توجه قرار گیرد، زیرا در موفقیت و شکست این روش‌ها تأثیر دارد. پس باید به خواست و علایق مردم و همچنین هزینه‌های لازم توجه خاصی

معطوف شود. علاوه بر ملاحظات اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در یک برنامه جمع‌آوری آب باران، رعایت جنبه‌های فنی که باعث پایداری می‌شود اهمیت بالایی دارد و باید مورد توجه قرار گیرد. جهت برنامه‌ریزی برای اجرای پروژه‌های جمع‌آوری آب باران باید عوامل فنی، اقتصادی، سازمانی و اجتماعی را در نظر گرفت که در جدول (۳) بیان شده‌اند (IFAD، ۲۰۱۱).

جدول ۳- عوامل فنی، اقتصادی، سازمانی و اجتماعی موثر در پروژه‌های جمع‌آوری آب باران (IFAD، ۲۰۱۱)

امکان‌سنجی اجرا و معیارهای فنی	موارد عمومی و اجتماعی
<ul style="list-style-type: none"> <li>بارش: مقدار، شدت، طول مدت، توزیع، تولید رواناب، نرخ تبخیر و تعرق</li> <li>توپوگرافی زمین: شیب، طول شیب، اندازه و شکل حوزه آبخیز</li> <li>نوع خاک: سرعت نفوذ، ظرفیت نگهداری آب، حاصلخیزی، عمق و بافت خاک</li> <li>جمع‌آوری و ضریب رواناب برای تولید رواناب</li> <li>کاربری اراضی حوزه: زراعی، غیرزراعی، مرتع، جنگل و ...</li> <li>نیاز آبی گیاهان</li> <li>سطح مکانیزاسیون: برای ایجاد و نگهداری سامانه جمع‌آوری آب باران</li> <li>در دسترس بودن منابع محلی: مانند سنگ، زمین و ...</li> <li>منابع آب در دسترس و اندازه خانواده‌ها به ویژه در جمع‌آوری آب باران از پشت‌بام‌ها</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>شناسایی و درک مشکلات و نیازهای مردم منطقه</li> <li>طراحی پروژه به صورت انعطاف‌پذیر و در مدت زمان واقع بینانه</li> <li>شناسایی مقیاس پروژه و اینکه کدام روش اجرا شود</li> <li>شناسایی و ساخت و اجرای پروژه براساس تکنولوژی موجود و به کمک ذی‌نفعان</li> <li>اجرای روش‌های ساده و قابل مدیریت</li> <li>تخصیص آب جمع‌آوری شده برای مصارف مختلف</li> <li>توسعه فعالیت‌های معیشتی جدید و تولید منابع جدید جهت افزایش درآمد در میان استفاده‌کننده‌گان</li> <li><b>معیارهای اجتماعی و فرهنگی</b></li> <li>در نظر گرفتن اختلافات فرهنگی و علایق محلی</li> <li>گروه‌های مخالف اقتصادی و اجتماعی (زنان و خرده مالکان)</li> <li>سطح فرهنگ و آگاهی‌های عمومی مردم</li> </ul>
عوامل سازمانی و معیارهای قانونی	امکان‌سنجی اقتصادی و معیارهای اقتصادی و مالی
<ul style="list-style-type: none"> <li>نقش جمع‌آوری آب باران در پروژه‌های توسعه و استراتژی‌های ملی</li> <li>تشویق کردن ذی‌نفعان به همکاری و مشارکت</li> <li>رعایت حقوق قانونی و حقوق مالکیت اراضی و حقایقه‌ها</li> <li>رعایت الزامات زیست‌محیطی و سازگاری با منطقه</li> <li>توسعه همکاری‌های مشترک دولت با سازمان‌های مردم‌نهاد</li> <li>آموزش و ظرفیت‌سازی مردم در مدیریت و ذخیره آب‌های استحصال شده</li> <li>مدیریت پروژه، هماهنگی، نظارت و ارزیابی</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ارزیابی و تجزیه و تحلیل اثربخشی، هزینه‌ها و نسبت سود به هزینه</li> <li>در نظر گرفتن مزایا و معایب روش‌ها</li> <li>ارزیابی در دسترس بودن نیروی کار و مصالح مورد نیاز</li> <li>در نظر گرفتن هزینه‌های نگهداری و تعمیرات سالانه سامانه‌ها</li> <li>در نظر گرفتن حداقل و حداکثر درآمدهای حاصل از جمع‌آوری آب باران در فعالیت‌های مختلف</li> </ul>

است که در حال حاضر نیز استفاده می‌شود. آبیاری سیلابی به معنی مهار، پخش و بهره‌برداری از سیلاب در آبیاری می‌باشد که به دو دسته زیر تقسیم می‌شوند:

**الف) استحصال در داخل بستر سیلابی:** در این روش از سیلاب در بستر رودخانه برای ذخیره در پروفیل خاک و گسترش در سطح اراضی با کاهش سرعت جریان آب و افزایش زمان نفوذ در خاک استفاده می‌شود. این روش به‌طور طبیعی یا توسط ساخت سدهای کوچک یا دایک<sup>۲</sup> در بستر رودخانه باعث کاهش سرعت جریان آب و افزایش ته‌نشینی رسوب شده، بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش رشد گونه‌های گیاهی و درختان میوه را به دنبال دارد. سازه خوشاب نمونه‌ای از این دسته است.

**ب) با انحراف آب از مسیر طبیعی:** خارج از بستر رودخانه‌ها آب را به اراضی مجاور منتقل و به مصرف کشت انواع محصولات مناسب می‌رسانند مانند بندسار و پخش سیلاب.

**۱- سیستم‌های جمع‌آوری آب باران با سطوح آبیگر کوچک**  
سیستم‌های آبیگر درون مزرعه‌ای طراحی نسبتاً ساده با صرف هزینه اندک داشته، به آسانی قابل اجرا بوده و سازگاری نسبتاً زیادی دارند. توانایی بیشتری در تولید رواناب نسبت به سطوح بزرگ دارند و فرسایش خاک را کنترل می‌کنند. سطوح آبیگر کوچک در هر شیبی و برای هر نوع محصولی قابل اجراست، اما نیاز به نگهداری مداوم و تحمل زحمات نسبتاً زیاد دارد. مهمترین سیستم‌های درون مزرعه‌ای شامل پشته‌های تراز، پشته‌های هلالی شکل، چاله‌های کوچک، حوضچه‌های کوچک رواناب، سطوح نواری، بندسار، تراس‌بندی روی خطوط تراز و ... است (جدول ۴).

**۲- سیستم‌های سطوح آبیگر بزرگ (سیلابی)**  
استفاده از سیلاب‌های تولیدی ناشی از ریزش‌های جوی کوتاه مدت با انحراف سیلاب‌ها از مسیل‌ها و آبراهه‌ها و پخش آنها در اراضی کم شیب به منظور ذخیره رطوبت در پروفیل خاک برای زراعت دیم

جدول ۴- طبقه‌بندی روش‌های جمع‌آوری آب باران

گروه	سیلاب	رواناب باران	پشت بام‌ها
	سطوح آبیگر بزرگ	سطوح آبیگر کوچک	پشت بام‌ها
	الف) استحصال در داخل بستر سیلابی	بانکت یا تراس‌بندی روی خطوط تراز	سیستم‌های جمع‌آوری آب باران از پشت‌بام‌ها شامل الف) سطح آبریز جهت جمع‌آوری آب باران ب) سیستم انتقال شامل لوله‌ها و ناودان‌ها ج) مخزن ذخیره آب باران
			
	ب) استحصال با انحراف آب	پشته‌های هلالی شکل (نیم دایره‌ای)	سیستم انتقال شامل لوله‌ها و ناودان‌ها
			
	سدهای سنگی نفوذپذیر	پیتینگ (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، ۱۳۸۷)	سیستم‌های جمع‌آوری آب باران شده از سطوح پشت‌بام‌ها است که به تعیین ظرفیت تانک ذخیره کمک می‌کند.
			$S = R \times A \times Cr$ S متوسط عرضه آب باران ( $M^3$ ) R میانگین بارش سالیانه (mm/year) Cr ضریب رواناب A مساحت پشت بام
	سیستم‌های جسور (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، ۱۳۸۷)	حوضچه‌های کوچک جمع‌آوری رواناب	سامانه‌های آبیگر لوزی شکل
			
	بندسار	سامانه‌های آبیگر ابرویی	سیستم خوشاب
			
		با در نظر گرفتن طول متوسط دوره خشک می‌توان میزان مصرف حجم مخزن را از رابطه زیر محاسبه نمود (Machiwal, ۲۰۰۴): $V = (tx \times n \times q) + ET$ V حجم مخزن (لیتر) t طول فصل خشک (روز) n تعداد افرادی که از تانک استفاده می‌کنند q میزان مصرف در واحد روز (لیتر) ET میزان هدررفت از طریق تبخیر/تعرق در دوره خشک	

یکی از عمده‌ترین عوامل مهم در موفقیت پروژه‌های جمع‌آوری آب باران جلب مشارکت مردم و همسو نمودن آنها با سازمان‌های ذی‌ربط در جهت اجرای پروژه می‌باشد. محدودیت منابع مالی و اعتبارات دولت نیز از یک سو یکی از چالش‌های مهم در این زمینه می‌باشد؛ زیرا اجرای روش‌های استحصال آب باران معمولاً نیاز به نیروی کار زیادی دارد. یکی دیگر از چالش‌های مهم اجرای پایدار سامانه‌های استحصال آب باران مشکلات سازمانی و نهادی می‌باشد؛ عدم هماهنگی بین سازمان‌های ذی‌ربط و متولی، عدم

برنامه‌ریزی مدون و همچنین کمبود زیرساخت‌ها و اقدامات برای تسهیل مشارکت مردم می‌تواند عملکرد اجرای این پروژه‌ها را مختل نماید. در این میان ضرورت حضور نیروهای متخصص مختلف کمک شایانی در جلب مشارکت مردم و موفقیت اجرای این پروژه‌ها خواهد نمود.

استفاده از شیوه‌های نادرست استحصال آب، عدم تناسب طرح با پتانسیل‌های موجود و لحاظ نشدن شرایط منطقه‌ای و بومی، فردگرایی و عدم هماهنگی با تشکلهای گروهی، اختلافات محلی ناشی از چالش‌های قومی از مهمترین عوامل محدودکننده طرح‌های مشارکتی می‌باشد.

### جمع‌بندی

با توجه به ذاتی بودن پدیده خشکی در ایران استفاده بهینه از آب موجود و کنترل رواناب و استفاده از آنها برای اهداف خاص، راهبردی اساسی برای رفع کم آبی در کشور است. افزایش روز افزون تقاضا برای آب نه فقط برای کشاورزی بلکه برای سایر اهداف با توجه به تغییرات و پراکندگی بارش در فصول مختلف و لزوم آب در فصل کشاورزی، اهمیت استحصال آب را در مناطق خشک و نیمه خشک از جمله ایران به خوبی نشان می‌دهد. مرور سوابق و پژوهش‌های انجام شده نیز نشان دهنده این است که جمع‌آوری و ذخیره آب باران به منظور مصارف مختلف در سراسر دنیا از جمله اقداماتی است که برای مدیریت منابع آب و تأمین آب مورد نیاز برای اهداف مختلف از جمله کشاورزی، تغذیه آب زیرزمینی، مصارف خانگی و ... انجام می‌شود. بدین منظور روش‌های مختلف سنتی و نوینی توسعه داده شده‌اند که بسته به سطح حوزه آبرگیر و حجم آب مورد استحصال به دو دسته سطوح آبرگیر کوچک و بزرگ تقسیم‌بندی شده‌اند. در این مقاله طبقه‌بندی براساس سطح آبرگیر شامل چهار گروه اصلی جمع‌آوری سیلاب، سطوح آبرگیر بزرگ، سطوح آبرگیر کوچک و جمع‌آوری آب باران از پشت بام‌ها به تفصیل بیان شد. از طرفی انتخاب روش اجرای پروژه‌های جمع‌آوری آب باران باید با توجه به شرایط طبیعی و آب و هوایی منطقه، عوامل فنی، اقتصادی، سازمانی و اجتماعی در هر منطقه صورت گیرد تا علاوه بر حصول مزایا و استفاده بهینه از آب باران به عنوان یک منبع آب اضافی در مناطق شهری و غیرشهری، پایداری سامانه نیز تأمین شود. لحاظ نمودن این عوامل در هنگام طراحی و اجرای هر یک از روش‌ها بسیار با اهمیت و متضمن موفقیت یا شکست اجرای پروژه می‌باشد. بنابراین با توجه به اهمیت جمع‌آوری آب باران، انجام تحقیقاتی جدید برای تعیین کمیت ارزش‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی استحصال آب باران و نحوه تخصیص آن برای مصارف مختلف نیاز است.

### پی‌نوشت

- ۱- خوشاب سازه‌ای است که با کمک سنگ و خاک و با دانش بومی بنا می‌شود که به کمک آنها می‌توانند سیل را مهار کنند و جهت استقرار خوشاب نیاز به دو شرط اساسی سیلاب و رسوب می‌باشد.
- ۲- در روستاهای سیستان و بلوچستان، در منطقه دشتیاری و اطراف آن، آب باران را در برکه‌ها و گودال‌هایی به نام هوتک جمع‌آوری می‌کنند که عمق آنها معمولاً از ۱ تا ۳ متر و حجم آنها از هزار تا ۳ هزار متر مکعب است.
- ۳- برای محافظت از سیلاب دشت‌ها و تأسیسات از سیلاب، می‌توان از خاکریزهایی موازی با رودخانه به نام دایک استفاده نمود که منجر به کاهش سرعت جریان و افزایش نفوذ می‌شوند.

### منابع

- طباطبایی یزدی، ج.، قدسی، م.، سید حقایقی، س.ا. و رهنورد، م.ر. ۱۳۸۵. استحصال آب باران، روشی برای مدیریت بارندگی در مناطق خشک. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، ۳-۴ بهمن، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- حسینی، م. و روغنی، م. ۱۳۹۱. مقایسه روش‌های جمع‌آوری آب باران در سامانه‌های آبرگیر لوزی شکل. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۶(۱۹): ۷-۱۸.
- چکشی، ب. و طباطبایی یزدی، ج. ۱۳۹۱. استحصال آب باران شیوه‌ای جهت استفاده از دانش بومی به منظور تأمین آب در مناطق خشک. اولین همایش ملی سامانه‌های سطوح آبرگیر باران، آذر، مشهد.
- صادق‌زاده ریحان، م.ا.، زارع حقی، د. و نیشابوری، م.ر. ۱۳۹۲. ارزیابی روش‌های استحصال آب باران در افزایش رطوبت خاک و رشد نهال پسته. نشریه دانش آب و خاک، ۲۳(۴): ۲۰۳-۲۱۴.

- Engineering, University Eduardo Mondlane. 37pp.
- Machiwal D. 2004. Water Harvesting Structures Planning, Design and Construction. *Water Resources Management*, 18(3): 219-235.
- Krishna H. 2003. An overview of rainwater harvesting systems and guidelines in the United States. *Proceedings of the First American Rainwater Harvesting Conference*, Aug 21-23, Austin (TX).
- Samuel M.P. and Mathew A.C. 2008. Rejuvenation of water bodies by adopting rainwater harvesting and groundwater recharging practices in catchment area. *The 12 th World Lake Conference*, 766-776.
- Tuinhof A., van Steenberg F., Vos P. and Tolck L. 2012. Profit from Storage: The Costs and Benefits of Water Buffering. *3R Water Secretariat*. Wageningen, The Netherlands.
- Tavakoli A.R. and Oweis Th. 2011. Improving rain water productivity by micro catchment water harvesting system at Northwest of Iran. *ICID 21st International Congress on Irrigation and Drainage*, 15-23 October, Tehran, Iran.
- Yosef B.A. and Asmamaw D. K. 2015. Rainwater harvesting: An option for dry land agriculture in arid and semi-arid Ethiopia. *Water Resources and Environmental Engineering*, 7(2): 17-28.
- Zingiro A., Okello J.J. and Guthiga P.M. 2014. Assessment of adoption and impact of rainwater harvesting technologies on rural farm household income: the case of rainwater harvesting ponds in Rwanda. *Environment, Development and Sustainability*, 16: 1281-1298.
- سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری. ۱۳۸۷. دستورالعمل اصلاح مراتع با استفاده از روش‌های ذخیره نزولات آسمانی. ۶۰ صفحه.
- رشیدی مهرآبادی، م.ج. و ثقفیان، ب. ۱۳۹۱. معرفی سیستم سطوح آبگیر پشت بام ساختمان‌های مسکونی در شهرها. اولین کنفرانس ملی سامانه‌های سطوح آبگیر باران، ۲۲-۲۳ آذر ماه، مشهد.
- محمدی نشلی، ی. و عزیزی، ع. ۱۳۹۰. طراحی و ساخت سیستمی جهت جمع‌آوری آب باران در باغات و مزارع کشاورزی. اولین همایش ملی چالش‌های منابع آب و کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان.
- قدوسی، ج. ۱۳۷۶. در جستجوی آب: نگاهی به سیستم‌های سطوح آبگیر باران در ایران. وزارت جهاد سازندگی با همکاری شهرداری تهران، ۱۰۸ صفحه.
- Borthakur S. 2007. Traditional rain water harvesting techniques and its applicability. *Traditiona Knowledge*, 8(4): 525-530.
- Derib S.D., AC, Assefa T., Berhanu B. and Zeleke G. 2009. Impacts of micro-basin water harvesting structures in improving vegetative cover in degraded hillslope areas of north-east Ethiopia. *The Rangeland Journal*, 31(2): 259-265.
- Fraize W. and Lewis J. 1974. Rainwater harvesting: model-based design evaluation. Memorial University of Newfoundland. 55 pp. International Fund for Agricultural Development (IFAD). 2011. Rural Enterprises Project – Phase II. 220 pp.
- Mungambe P. and Ibraimo N. 2007. Rainwater harvesting technologies for small scale rainfed agriculture in arid and semi-arid areas. Department of Rural Engineering, Faculty of Agronomy and Forestry