

## ارزیابی ردپای آب صنعت و کشاورزی در شرایط کمبود

(مطالعه‌ی موردی: دشت نیشابور)

ناصر نیک نیا<sup>۱</sup>، حسن ترابی<sup>۲\*</sup>، حجت الله یونسی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۹/۳۰

### چکیده

در این تحقیق به بررسی و ارزیابی میزان آب مجازی و ردپای آب در بخش کشاورزی صنعت و شرب دشت نیشابور پرداخته شد. با محاسبه میزان آب مجازی در گروه‌های عمده محصولات کشاورزی، متوسط سالانه رد پای آب محصولات زراعی و باغی طی سالهای ۱۳۸۵-۱۳۹۳ ۵۴۴/۵ میلیون متر مکعب برآورد شده است که از این مقدار ۹۱ درصد منابع آب آبی و ۹ درصد منابع آب سبز مصرف شده است. با توجه به جمعیت ۴۳۳۱۰۵ نفر، جمع آبرانه آبی و سبز مورد نیاز برای تامین الگوی غذایی بهینه جمعیت ساکن در منطقه حجمی معادل ۱۲۰۳/۷ میلیون متر مکعب و ۳۵/۲۸ میلیون متر مکعب برای نیاز آب شرب برآورد شده است. متوسط شاخص رد پای آب در منطقه نیشابور ۲۶۳۳/۵ میلیون متر مکعب در سال تخمین زده شده است که ۱۰۷۹/۳۱ میلیون متر مکعب آب از منابع آب آبی و ۱۵۵۴/۲ میلیون متر مکعب آن از منابع آب سبز تامین شده است. آبرانه آبی به ازاء هر نفر ۲۴۹۲ متر مکعب در سال و آبرانه سبز هر نفر ۳۵۸۹ متر مکعب در سال است. حدود ۵۰ درصد از رد پای آب آبی به محصولات دامی، ۴۶ درصد به محصولات کشاورزی، ۳ درصد به مصارف شرب و ۱ درصد به مصارف صنعت مربوط است. کمبود آب آبی در حد متوسط و حدود ۱۴۰ درصد برآورد شده است.

واژه‌های کلیدی: ردپای آب، صنعت، کشاورزی، دشت نیشابور

### مقدمه

صفت مجازی در این تعریف بدان معناست که بخش عمده آب مصرف شده طی فرآیند تولید، در محصول نهایی وجود فیزیکی ندارد و در حقیقت بخش بسیار ناچیزی از آب مصرفی در پایان به عنوان آب واقعی در بافت محصول باقی خواهد ماند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰). آب مجازی موضوعی است که در صنعت کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است.

با توجه به این مهم، در این تحقیق به برآورد رد پای آب در بخش‌های کشاورزی، صنعت و شرب در نیشابور ارزیابی پایداری رد پای آب و امنیت غذایی پرداخته است. با محاسبه میزان آب مجازی در گروه‌های عمده محصولات کشاورزی، متوسط سالانه رد پای آب محصولات زراعی و باغی طی سالهای ۱۳۸۵-۱۳۹۳ برآورد شده است. همچنین با توجه به جمعیت، جمع آبرانه مورد نیاز برای تامین غذا و شرب جمعیت ساکن در منطقه برای تامین الگوی غذایی بهینه برآورد شده است.

از کل آب‌های در دست بهره‌برداری جهان، حدود ۲۰ درصد به صنایع و ۱۰ درصد به مصارف خانگی تخصیص داده می‌شود. براساس برآوردها، حدود ۶۳۹۰ میلیارد مترمکعب آب برای تولیدات کشاورزی در طی یک سال مصرف می‌شود که شامل اراضی فاریاب و دیم می‌باشد. با وجود کمبود منابع آبی، کشاورزی در شهرستان نیشابور مانند سایر نقاط کشور به شدت به آبیاری محصولات زراعی و باغی وابسته است. لازم است از هم اکنون با اتخاذ تدابیر اصولی و معقول، راهکارهایی برای عبور از بحران‌های احتمالی آینده اندیشید. یکی از راهکارهای توصیه شده، پیاده‌سازی نظام بهره‌وری آب کشاورزی در ساختار مدیریت آب کشور می‌باشد. به نحوی که در حوزه مدیریت جدید (تقاضای آب) مفاهیم جدیدی به نام آب مجازی<sup>۴</sup> و رد پای آب<sup>۵</sup> ارائه شده است (عربی‌یزدی و همکاران، ۱۳۹۳).

### معرفی دشت نیشابور

محدوده مطالعاتی نیشابور با کد ۴۷۳۸ به عنوان یکی از محدوده‌های ممنوعه بحرانی استان خراسان رضوی، بخشی از حوضه آبریز کویر مرکزی است. شهرستان نیشابور یکی از شهرستان‌های

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب، دانشگاه لرستان

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه لرستان

۳- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه لرستان

(\* - نویسنده مسئول: Email: torabi1976@gmail.com)

4- Virtual Water

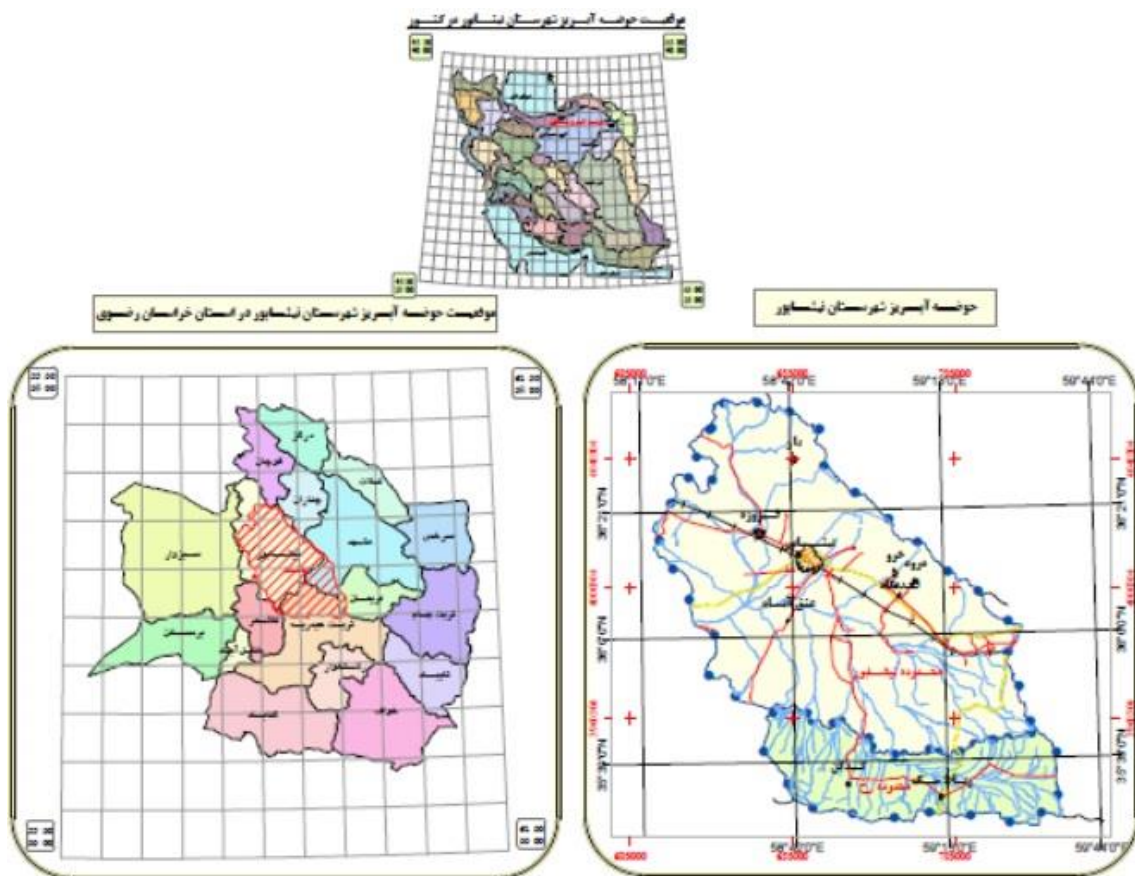
5- Water Foot Print

است. شکل (۱) موقعیت دشت نیشابور در مقیاس کشوری، استانی و شهرستانی می‌دهد.

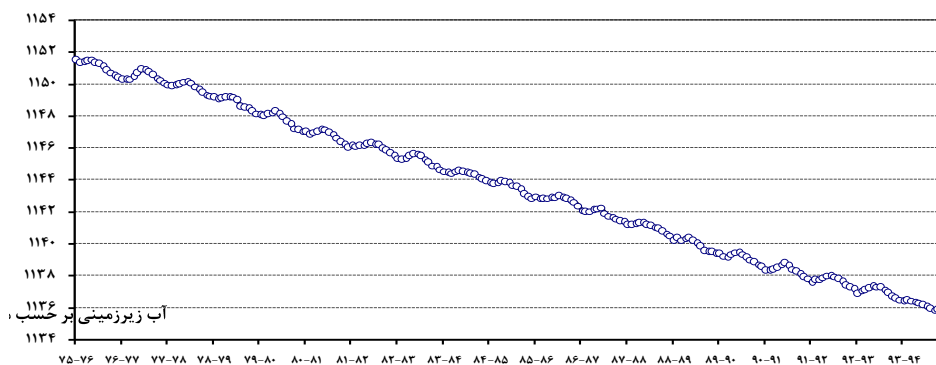
در شهرستان نیشابور افزایش تقاضا برای آب و خدمات وابسته به آن، کاهش کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی، تخریب محیط زیست ناشی از شهرنشینی، صنعتی شدن و تغییر کاربری اراضی، منابع آب موجود را در تنگناها و فشارهای فزاینده‌ای قرار داده و مدیریت آن را با شرایط پیچیده‌ای روبه‌رو نموده است. در این شرایط بحرانی، ایجاد تعادل پایدار و موزون بین عرضه و تقاضا، تولید و مصرف آب به یک معضل اساسی در مسیر توسعه و آبادانی استان مبدل خواهد شد. بر اساس بیان هیدروکلیماتولوژی حجم رواناب ناشی از بارش در دشت و ارتفاعات محدوده مطالعاتی برابر با ۲۱/۷ و ۱۱۲/۶۶ میلیون متر مکعب در سال برآورد شده است. میانگین افت سالانه ۰/۸۴ متر است (شکل ۲). (گزارش بیان منابع آب محدوده مطالعاتی نیشابور (۴۷۳۸) شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی، ۱۳۹۴)

بخش مرکزی استان خراسان رضوی است که در حاشیه شرقی کویر مرکزی ایران واقع شده است. بخش اعظم این شهرستان در دشت نسبتاً وسیعی قرار گرفته که از شمال (به‌وسیله ارتفاعات بینالود) به شهرستان‌های چناران و قوچان، از شرق به شهرستان مشهد، از جنوب به شهرستان‌های تربت حیدریه و کاشمر و از غرب به شهرستان سبزوار و از شمال غربی به شهرستان فاروج در استان خراسان شمالی محدود است. وسعت محدوده مطالعاتی حوضه آبریز از نظر بهره‌برداری ۷۳۸۷،۶ کیلومترمربع، آبخوان ۲۸۹۱،۲ کیلومترمربع و دشت ۳۴۰۳ کیلومترمربع است. (گزارش بهنگام سازی بیان منابع آب محدوده های مطالعاتی حوضه آبریز کویر مرکزی\_منتهی به سال آبی ۹۰-۸۹، جلد پنجم-شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی، ۱۳۹۴)

دشت نیشابور به لحاظ تقسیمات کشوری به ترتیب ۸۱/۳ درصد در محدوده شهرستان نیشابور، ۱۳ درصد در محدوده شهرستان مشهد و ۵/۷ درصد در محدوده شهرستان تربت حیدریه قرار گرفته



شکل ۱- موقعیت دشت نیشابور در مقیاس کشوری، استانی و شهرستانی



شکل ۲ - آب نمود معرف آبخوان آبرفتی محدوده مطالعاتی نیشابور

شهر و کل محدوده محاسبه شده است.

## مواد و روش‌ها

به منظور برآورد میزان آب مجازی (Virtual Water content) و ردپای آب (Water Footprint) در محدوده مورد مطالعه محاسبات زیر انجام شده است:

### نیاز آبی

نیاز خالص آبیاری محصولات زراعی و باغی و بازده آبیاری در دشت نیشابور از سند ملی آب استخراج گردید. کلیه محصولات کشاورزی مورد بررسی تحت کشت آبی هستند (چون قریب ۹۰٪ محصولات خام کشاورزی از زمین‌های فاریاب حاصل می‌شود).

### آب مجازی محصول:

در رابطه ۱، نیاز ویژه آبی (Specific water demand) یا به عبارتی آب مجازی هر محصول، به صورت نسبتی از متوسط نیاز آبی به متوسط عملکرد آن محصول محاسبه می‌شود:

$$SWD_c = \frac{CWR_c}{CY_c}$$

که در آن  $SWD_c$  نیاز ویژه آبی گیاه c (متر مکعب آب به ازاء هر تن محصول) و  $CY_c$  متوسط عملکرد محصول (تن در هکتار) است.

### آب مورد نیاز شرب و صنعت

با بررسی‌های بعمل آمده و لحاظ نمودن آمار جمعیتی در شهرهای واقع در محدوده مورد مطالعه طی سال‌های مختلف، میزان آب مصرفی در بخش شهری شامل، مصرف سرانه خانگی، مصرف سرانه تجاری-صنعتی، مصرف سرانه عمومی، مصرف سرانه فضای سبز عمومی، مصرف سرانه تلفات و متوسط مصرف سرانه کل برای هر

### انواع مصرف آب شهری

بطور کلی سرانه آب در شهرها به پنج گروه عمده تقسیم می‌شود: مصارف خانگی: شامل مصارف شرب، پخت و پز، شستشوها، استحمام، فضای سبز خانگی و غیره  
مصارف عمومی: شامل مصارف مراکز اداری، اماکن عمومی، اماکن مذهبی، گرمابه‌ها، مدارس، هتل‌ها، مراکز ورزشی و هنری، آتش نشانی و غیره  
مصارف تجاری و صنعتی: شامل مصارف تجاری و صنعتی کوچک از قبیل دکان‌ها و کارگاه‌های کوچک  
مصارف فضای سبز عمومی: شامل مصارف پارکها، فضای سبز، حاشیه خیابانها، میادین و غیره  
تلفات آب: تفاوت میزان آب تولیدی و کلیه مصارف ردیف‌های ۴ تا ۱

به منظور تعیین سرانه مصارف مختلف، نشریه ۳-۱۱۷ سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو (سال ۱۳۹۲) با عنوان "ضوابط طراحی سامانه‌های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی" در نظر گرفته شده است. محدوده‌های پیشنهاد شده در این نشریه در جدول ۱ آورده شده است.

### برآورد آبرانه الگوی غذایی بهینه جمعیت

با بهره گیری از الگوی غذایی بهینه مطابق جدول ۲ حجم آبرانه سالانه برای تامین نیاز غذایی جمعیت شهرستان نیشابور در سال ۱۳۹۰ برآورد گردیده است. این شاخص نشان می‌دهد که آیا شرایط اکولوژی منطقه برای تامین نیازهای غذایی ساکنان آن پایدار است یا خیر؟

جدول ۱- محدوده سرانه مصارف آب بر اساس نشریه ۳-۱۱۷ در سال افق طرح

نوع مصرف	جمعیت (هزار نفر)	مصرف سرانه (لیتر نفر در روز)
	روستاها	۷۵-۹۰
	شهرهای کمتر از ۲۰	۷۵-۱۱۰
خانگی	۱۰۰-۲۰	۱۰۰-۱۳۰
	۵۰۰-۱۰۰	۱۲۰-۱۴۰
	>۵۰۰	۱۳۰-۱۵۰
تجاری و صنعتی	۵ تا ۲۰ درصد مصرف سرانه خانگی	
عمومی	۵ تا ۱۵ درصد مصرف سرانه خانگی	
فضای سبز	تا سال ۱۳۹۵ باید به صفر برسد	
تلفات	۱۵ درصد متوسط مجموع مصارف خانگی، عمومی، تجاری و صنعتی	

جدول ۲- الگوی غذایی بهینه پیشنهادی (گرم در روز برای هر نفر)

ماده غذایی	گندم	برنج	حبوبات	قند و شکر	ماست	پسته	زردچوبه	گوشت مرغ	سبزی	سبزی برگی	سبزی غده‌ای	میوه
گرم بر روز برای هر نفر	۲۶۰	۸۵	۳۰	۴۵	۱۰۰	۲۰۰	۲۰	۷۵	۲۵	۳۳۰	۸۰	۳۵۰

ماخذ: طرح امنیت غذایی کشور، ۱۳۸۲

### بهره وری آب کشاورزی

مفهوم دیگری که در مطالعه حاضر مورد بررسی قرار می‌گیرد، بهره وری آب کشاورزی (Crop water productivity) هر محصول می‌باشد که به صورت عکس میزان آب مجازی تعریف می‌شود. ساختار بنیادی مفهوم بهره وری آب کشاورزی استفاده صحیح از آب به همراه افزایش تولید محصولات کشاورزی است که به صورت رابطه ۲ تعریف می‌شود: در واقع، در مبحث بهره‌وری باید به دو مفهوم راندمان که عبارت است از مقدار ظرفیت فعلی به ظرفیت اسمی و اثر بخشی که عبارت است از درجه و میزان نیل به اهداف تعیین شده به صورت همزمان توجه نمود. به طور کلی هر عملی که منجر به استفاده مناسب‌تر از آب در کشاورزی گردد، منجر به افزایش بهره‌وری آب خواهد شد.

$$CWP = \frac{1}{SWD}$$

### داده‌های مورد نیاز

داده‌های مورد استفاده در این مطالعه از منابع مختلفی جمع‌آوری شده است. نیاز آبی گیاهان بر اساس سند ملی آب ایران، اطلاعات مربوط به منابع آبی منطقه مورد مطالعه (۱۳۹۵) از شرکت آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی، داده‌های مربوط به سطح زیر کشت، تولید و عملکرد محصولات کشاورزی از سازمان جهاد

کشاورزی خراسان رضوی گرفته شده است. نیازهای غذایی جمعیت استان مطابق با الگوی پیشنهادی بهینه در طرح امنیت غذایی استان (۱۳۷۹)، محاسبه شده است. داده‌های بارندگی، ذخایر و تخلیه منابع آب زیر زمینی از شرکت آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی گرفته شده است. داده‌های مورد نیاز جهت برآورد آبرانه شرب شهری و روستایی در سال‌های مورد مطالعه از شرکت آب و فاضلاب استان خراسان رضوی اخذ گردیده است.

### ردپای آب کشاورزی محدوده مورد مطالعه

ردپای آب در بخش کشاورزی از رابطه‌ی (۳) محاسبه می‌شود.

$$WF = WU + NVWI \quad ۳$$

که در رابطه (۳)،  $WU$  کل آب مصرفی کشاورزی از منابع آب آبی (مترمکعب در سال) است (هاکسترا و هانگ، ۲۰۰۲).

### آب مجازی صنایع محدوده مورد مطالعه

محاسبه‌ی جریان آب مجازی در محصولات صنعتی و برآورد ردپای آب محصولات عمده صنعتی در سطح محدوده مورد مطالعه، شبیه به محصولات کشاورزی است. بدین منظور، پس از بررسی و انتخاب صنایع آب‌بر در سطح منطقه و انتخاب چند صنعت عمده با توجه به آمار موجود، نسبت میزان آب مصرفی هر واحد صنعتی (بر

بهره‌وری آب بالا می‌توان در نظر گرفت.

### وضع موجود بخش کشاورزی

شهرستان نیشابور در سال ۹۳ دارای بیش از ۸۱۷۸۱٫۶ هکتار سطح زیر کشت آبی و ۱۰۱۵۷ هکتار سطح زیر کشت دیم است. تعداد ۱۵۰۳۵۴۹ واحد دامی با تولید بیش از ۷۶۲۴۰۷٫۲ تن محصولات زراعی، باغی و دامی می‌باشد (سالنامه های آماری جهاد کشاورزی خراسان رضوی، ۱۳۹۳).

در جدول ۳ سطح زیر کشت فاریاب محصولات زراعی و باغی دشت نیشابور طی سالهای آماری ۱۳۸۵-۱۳۹۳ ارائه شده است که قریب به ۵۰ درصد الگوی کشت اختصاص به کشت غلات (مشمول بر گندم و جو) می‌باشد. گزارش سیمای شهرستان نیشابور، ۱۳۹۳.

جدول ۳- وضعیت کشت و عملکرد غلات در دوره آماری ۱۳۸۵-۱۳۹۳

سال آماری	سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی	درصد کشت غلات (%)	متوسط عملکرد غلات (کیلو گرم در هکتار)
۸۵-۸۶	۱۱۲۳۷۶	۵۲	۳۱۳۱
۸۶-۸۷	۷۹۰۷۸	۴۴	۱۴۵۴
۸۷-۸۸	۱۰۰۰۵۰	۵۴	۳۷۷۳
۸۸-۸۹	۹۶۴۱۸	۵۳	۳۴۷۰
۸۹-۹۰	۹۱۹۹۹	۴۹	۱۹۶۱
۹۰-۹۱	۸۹۴۱۸	۵۱	۳۱۰۸
۹۱-۹۲	۷۸۱۷۶	۴۶	۲۳۳۳
۹۲-۹۳	۸۱۷۵۶	۴۸	۲۰۷۲

ماخذ: آمار جهاد کشاورزی و یافته‌های تحقیق

### نیاز آبی و میزان آب مجازی

با توجه به تعداد ۷۷ نوع محصولات کشت شده زراعی فاریاب و باغی در منطقه مورد مطالعه به منظور ارائه نتایج کاربردی تر، محصولات در قالب ۱۴ گروه عمده به شرح غلات، حبوبات، محصولات صنعتی، دانه‌های روغنی، سبزیجات، محصولات جالیزی، نباتات علوفه‌ای، میوه‌های دانه دار، میوه‌های هسته دار، میوه‌های دانه ریز، میوه‌های خشک، میوه‌های نیمه گرمسیری، میوه‌های سردسیری و سایر شامل عناب، زیره سبز، زعفران، گیاهان دارویی، توتستان و گلستان طبقه بندی شده اند.

در این پژوهش با در نظر گرفتن نیاز خالص آبیاری و عملکرد محصولات مختلف، میانگین ۸ ساله آب مجازی محصولات زراعی و باغی در دشت نیشابور در سالهای ۱۳۹۳-۱۳۸۵ محاسبه شده

حسب مترمکعب در سال) به میزان تولیدات آن صنعت (برحسب تن در هر سال)، به راحتی آب مجازی واحد صنعتی (بر حسب مترمکعب بر تن) محاسبه می‌گردد که در رابطه‌ی (۴) قابل مشاهده است

$$(4) \quad \text{میزان آب مصرفی} = \frac{\text{میزان آب مصرفی}}{\text{میزان تولیدات}} = \text{آب مجازی واحد صنعتی}$$

### نتایج و بحث

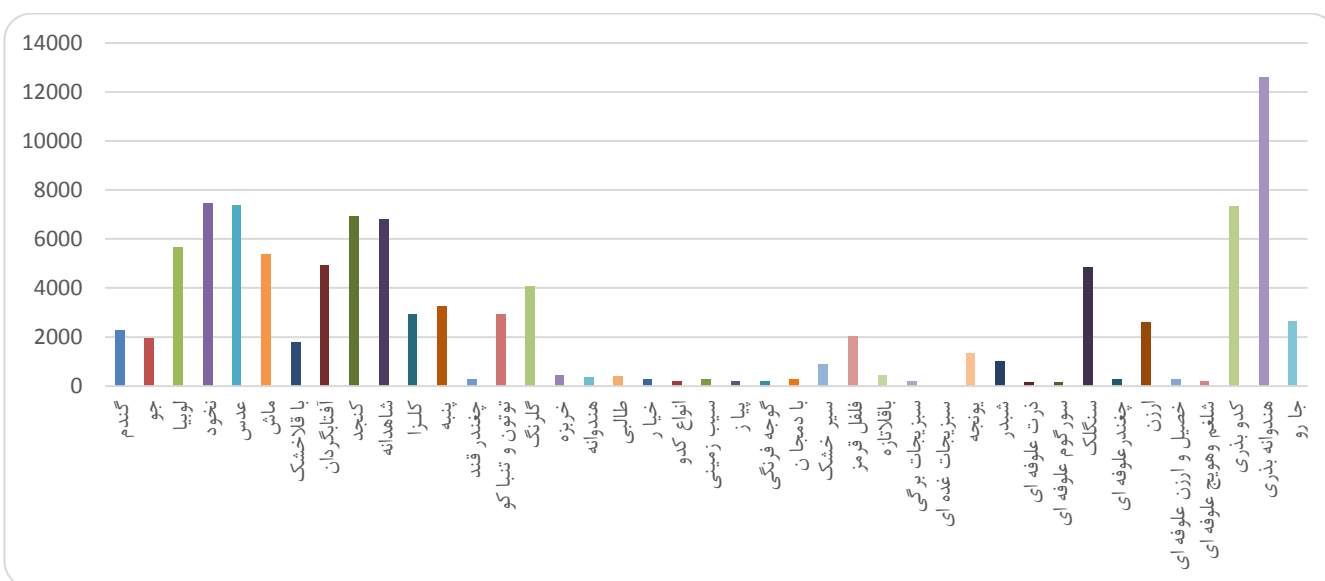
در این تحقیق، با استفاده از روابط ذکر شده و در نظر گرفتن عملکرد محصولات عمده‌ی کشاورزی (زراعی و باغی) و هم‌چنین متوسط نیاز آبی، میزان آب مجازی و بهره‌وری آب کشاورزی محصولات مورد بررسی محدوده مطالعاتی نیشابور محاسبه شد که نتایج آن در جدول (۱) قابل مشاهده است. محصولاتی که میزان آب مجازی آن‌ها کم می‌باشد را به عنوان محصولات کم مصرف با

مجموع حجم برداشت از منابع آب زیرزمینی در بخش کشاورزی دشت نیشابور برابر با ۱۱۰۳/۶ میلیون متر مکعب است. از این مقدار ۹۵۲٫۳ میلیون متر مکعب (۸۶ درصد) توسط چاهها برداشت می‌گردد. سهم بخش شرب و صنعت از آب زیرزمینی در این دشت به ترتیب ۳۳ و ۲/۴ میلیون متر مکعب میباشد. در دشت نیشابور سالانه بیش از ۱۱۰ هزار هکتار زیر کشت محصولات مختلف زراعی و باغی آبی قرار می‌گیرد و حجم زیادی از منابع آب زیرزمینی (بیش از ۹۶ درصد) در بخش کشاورزی به مصرف می‌رسد. افت سطح آب زیرزمینی و کسری مخزن (سالانه بیش از ۲۰۰ میلیون متر مکعب) از چالش‌های اساسی این دشت است (حقایقی مقدم، ۱۳۸۹).

دیدگاه آب مجازی بهتر است محصولاتی در منطقه کشت شوند که میزان آب مجازی پایینی داشته باشند. مقایسه میزان آب مجازی گروه محصولات در منطقه با متوسط جهانی آن‌ها در شکل ۵ نمایش داده شده است.

در شکل ۶ روند تغییرات آب مجازی محصولات عمده که بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده اند در سالهای ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۳ مورد بررسی قرار گرفته است. این نمودار نشان می‌دهد که میزان عملکرد در این سالها دستخوش تغییرات بوده و بیشتریت نوسانات در عملکرد محصولات گندم و جو مشاهده می‌شود. دامنه تغییرات آب مجازی چغندر قند، گوجه فرنگی و ذرت علوفه‌ای در این دوره بسیار ناچیز است.

است (شکل ۳) اگر محصولاتی با میزان آب مجازی بیش از  $1m^3 kg^{-1}$  را به عنوان محصولات پرمصرف در نظر بگیریم، مطابق نتایج این تحقیق به ترتیب گروه‌های جالیزی و سبزیجات در زمره محصولات کم مصرف با بهره‌وری آب بالا، تولیدات علوفه‌ای در حد میانگین و غلات، تولیدات صنعتی، دانه‌های روغنی و حبوبات در گروه محصولات پر مصرف با بهره‌وری آب پایین به شمار می‌روند. در گروه محصولات باغی نیز (شکل ۴) به ترتیب گروه محصولات دانه دار و هسته دار (در حد میانگین) و میوه‌های نیمه گرمسیری، دانه ریز، سردسیری، خشک و سایر درگروه محصولات پر مصرف با بهره‌وری آب پایین محسوب می‌شوند. این احجام بدون در نظر گرفتن راندمان آبیاری کل (۴۶٫۷ درصد بر اساس سند ملی آب) برآورد شده است. از



شکل ۳- میانگین ۸ ساله آب مجازی محصولات زراعی (متر مکعب به ازای هر تن)

سازمان آب منطقه‌ای خراسان رضوی، در سال ۹۳ بیش از  $11036$  میلیون متر مکعب آب از منابع آب‌های زیر زمینی صرف بخش کشاورزی شهرستان می‌شود. با احتساب حجم واقعی مصرفی آب برای تولید این مقدار محصول، میزان بهره‌وری آب کشاورزی به علت تلفات آب در انتقال و کاربرد آب در سطح مزارع فاریاب کاهش می‌یابد.

اگر متوسط آب مجازی محصولات و میزان تولید محصولات کشاورزی را در سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۹۳ در نظر بگیریم، میانگین آب مجازی محصولات کشاورزی در دشت نیشابور حدود  $4000$  متر مکعب برای تولید هر تن محصول است. در بین مجموعه محصولات مورد بررسی، بیش از ۹۳ درصد سطح کشت محصولات زراعی و بیش از ۷۳ درصد سطح زیر کشت کل محصولات زراعی و باغی شامل گندم، جو، پنبه، چغندر قند، گوجه فرنگی، یونجه، ذرت علوفه‌ای

از دیدگاه بهره‌وری آب کشاورزی، هر چه میزان تولید محصول به ازای آب مصرفی بیشتر باشد بهره‌وری بالاتر است. آب مجازی محصولات کشاورزی متأثر از نیاز آبی و عملکرد محصول می‌باشد که خود به شرایط اقلیمی محل کشت وابسته است. مقدار بهره‌وری آب

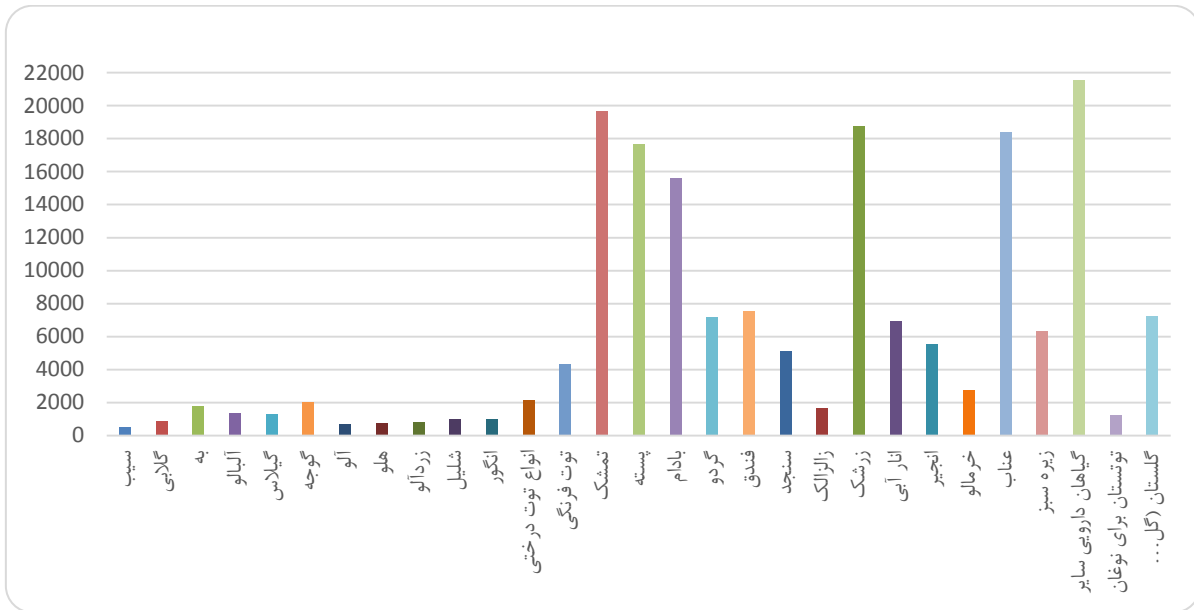
کشاورزی در مجموعه محصولات فوق بین  $0.05 kgm^{-3}$  تا  $7.5 kgm^{-3}$  متغیر است. بیشترین بهره‌وری به ترتیب مربوط به

ذرت علوفه‌ای، سورگوم علوفه‌ای، پیاز، شلغم و هویج علوفه‌ای، گوجه فرنگی، سبزیجات برگی، انواع کدو، ارزن، بادمجان، خیار، چغندر قند، چغندر علوفه‌ای، و سیب‌زمینی است. بقیه محصولات عملکردی پایین‌تر از  $3$  کیلوگرم بر هر متر مکعب آب دارند. جو و گندم عملکردی  $0.64$  تا  $0.51$  کیلوگرم بر متر مکعب دارند. مطابق آمار

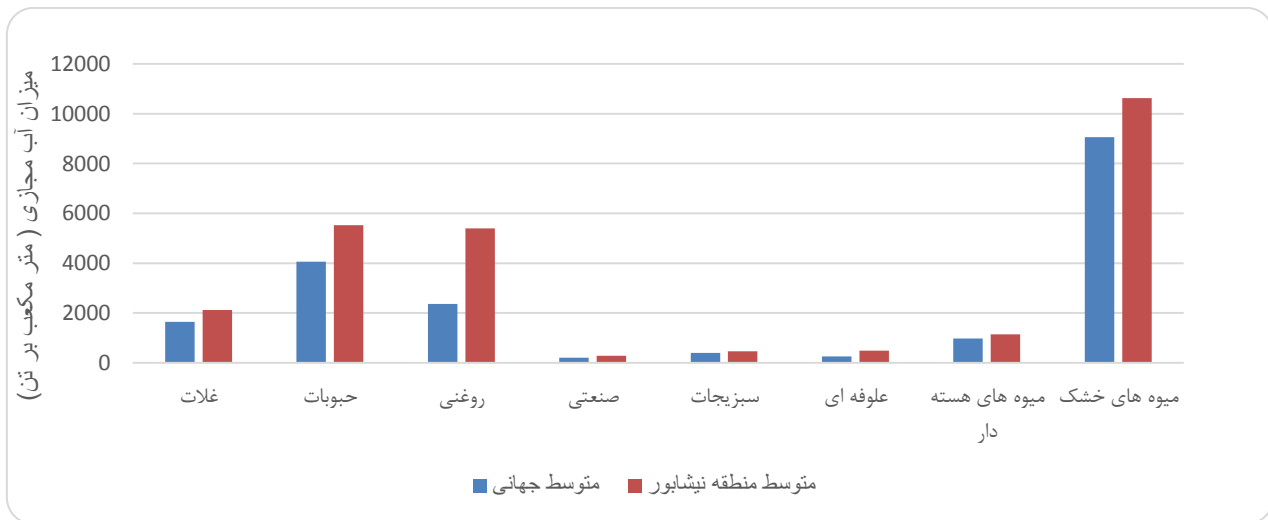
نمودار دیده می‌شود محصولات گندم، جو و زعفران، پسته و انگور با توجه به دوره و فصل رشد از باران‌های پاییزه و زمستانه در تامین بخشی از نیاز آبی خود بهره می‌گیرند که در منابع آب سبز جای می‌گیرد. بقیه محصولات متکی به منابع آب آبی هستند که در قالب نیاز آبیاری باید برای رشد گیاه تامین شود.

و هندوانه بذری است. همچنین محصولات سیب گیلان، آلو، انگور، پسته و زعفران نیز بیش از ۵۰ درصد سطح زیر کشت محصولات باغی و ۷ درصد سطح زیر کشت کل محصولات زراعی و باغی را تشکیل می‌دهد

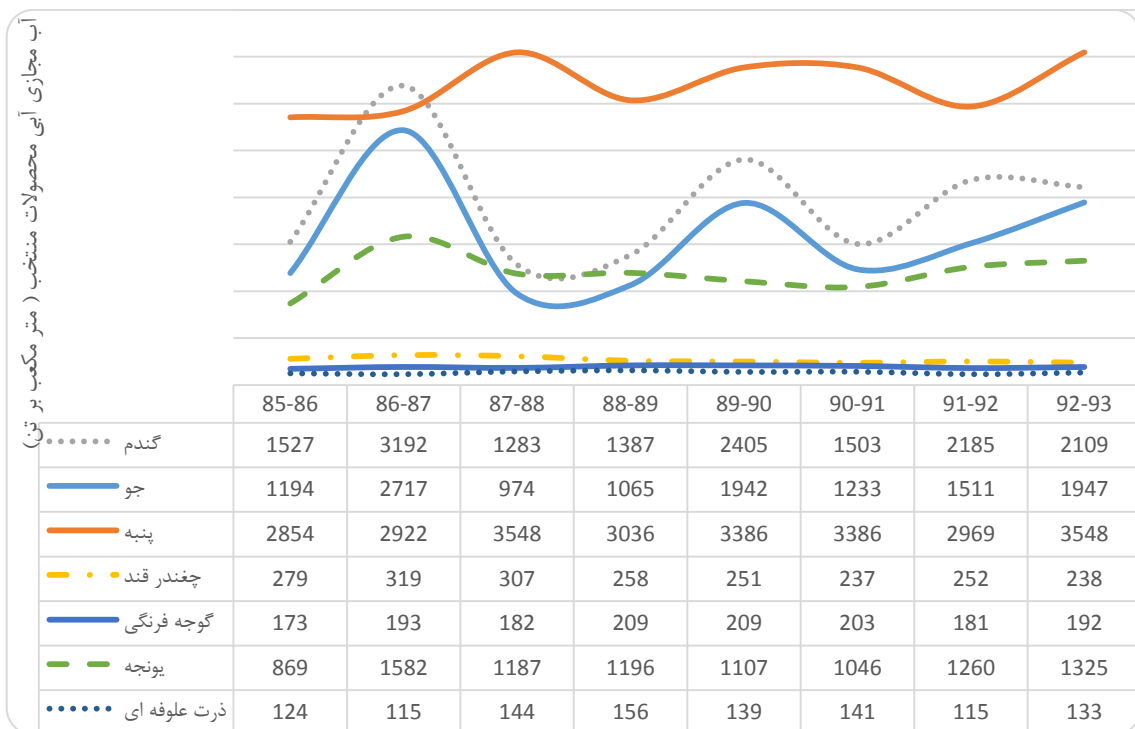
در شکل ۷ میزان آب مجازی محصولات عمده به تفکیک آب سبز و آبی (متر مکعب بر تن) نشان داده شده است. همانطور که در



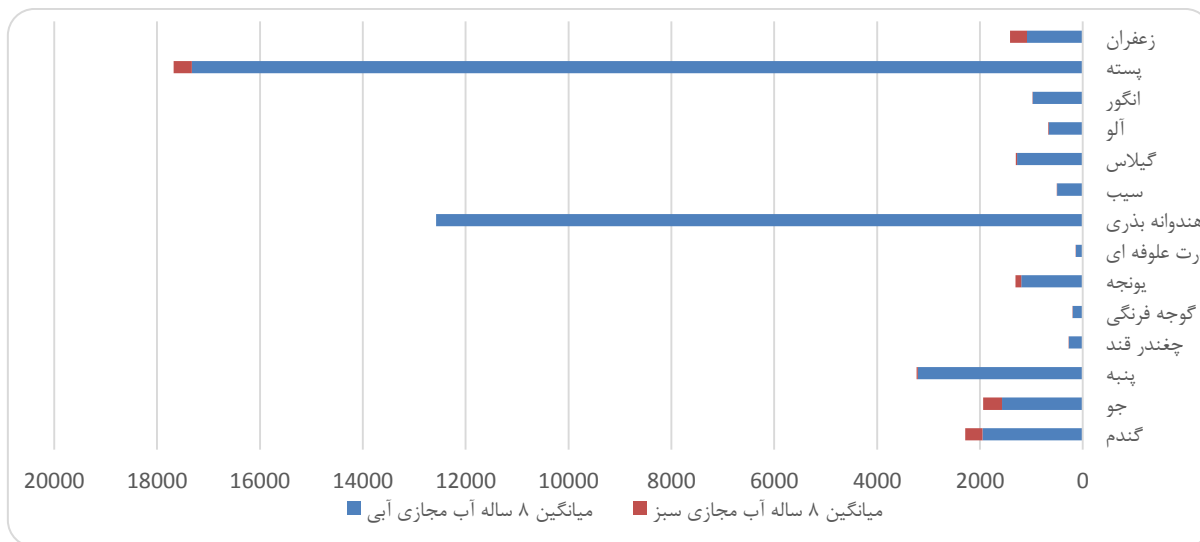
شکل ۴- میانگین ۸ ساله آب مجازی محصولات باغی (متر مکعب به ازای هر تن)



شکل ۵- مقایسه میزان آب مجازی گروه محصولات در منطقه با متوسط جهانی آن‌ها.



شکل ۶ - روند تغییرات آب مجازی محصولات منتخب در دوره ۱۳۹۳-۱۳۸۵ (متر مکعب به ازای هر تن)



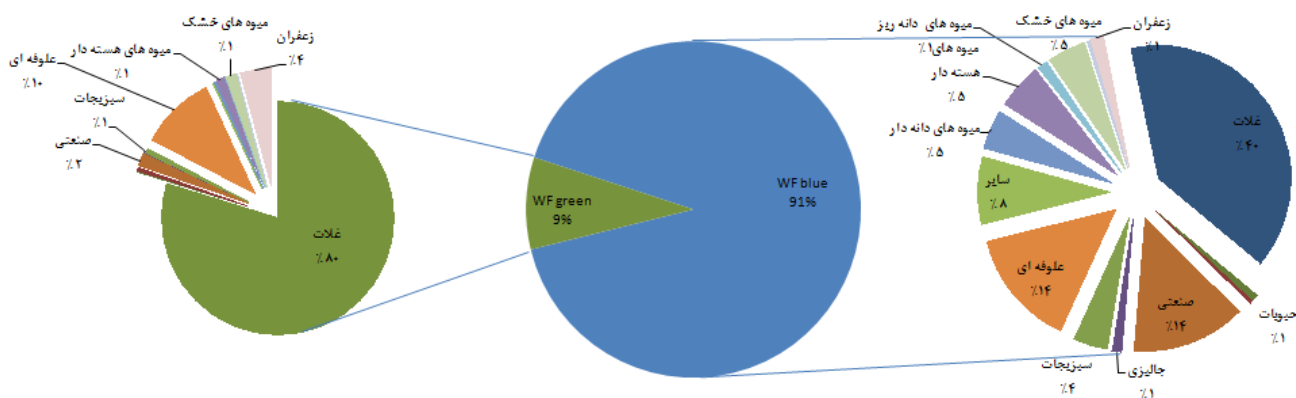
شکل ۷ - میانگین آب مجازی محصولات عمده به تفکیک آب سبز و آبی (متر مکعب بر تن)

گیاه می‌شود) تامین شده است. در شکل ۸ سهم منابع آب سبز و آبی مصرفی در تولیدات کشاورزی دشت نیشابور ارائه شده است. به طور متوسط سالانه، از حدود ۴۸ میلیون متر مکعب منابع آب سبز، حدود ۸۰ درصد آن در تولید محصولات گروه غلات صرف شده و مابقی در تولید محصولات علوفه‌ای، زعفران، صنعتی، میوه‌ها و سبزیجات موثر بوده است.

### رد پای آب سبز و آبی محصولات کشاورزی

از مجموع حجم آبی که برای تولید محصولات زراعی و باغی فاریاب در دشت نیشابور مصرف می‌شود حدود ۵۴۴٫۵ میلیون متر مکعب در سال است که حدود ۹۱ درصد آن از منابع آب آبی (رودخانه‌ها، آب‌های زیرزمینی و مخازن سدها) و ۹ درصد آن از منابع آب سبز ( باران موثر که به صورت رطوبت موجود در خاک صرف رشد

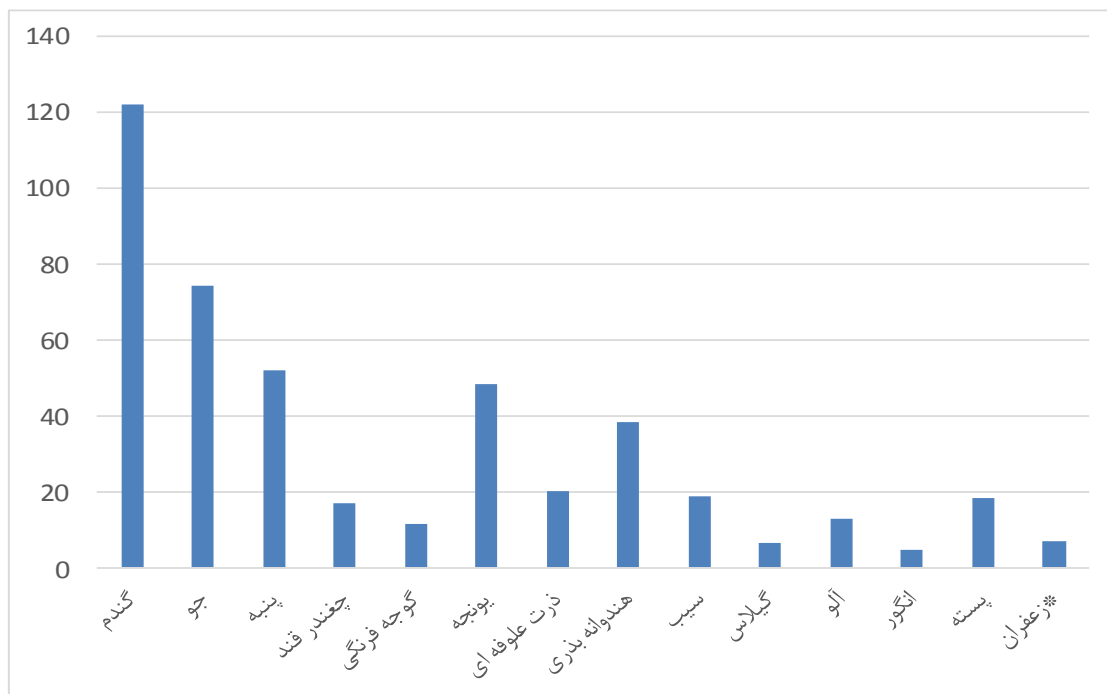




شکل ۸- میانگین ۸ ساله سهم آبرانه سبز و آبی محصولات زراعی و باغی در دشت نیشابور

نکته قابل توجه اینست که تولیدات سالانه شهرستان نیشابور حدود ۷۶۳ هزار تن انواع محصولات زراعی، باغی و دامی است که بیش از نیاز جمعیت ساکن منطقه است. اگر مازاد تولیدات و کمبود تولیدات را برای جمعیت منطقه در نظر بگیریم حجمی معادل ۱۱۴۷ میلیون متر مکعب آب به فرم مجازی از سطح منطقه خارج و حجمی معادل ۵۰ میلیون متر مکعب آب به منطقه وارد می شود. با این تفسیر شهرستان نیشابور صادر کنند آب مجازی با حجمی معادل ۱۱۴۷ میلیون متر مکعب آب در سال است.

در شکل ۹ متوسط ۸ ساله آبرانه آبی محصولات منتخب ارائه شده است. بیشترین آبرانه به محصول گندم اختصاص دارد که حجمی بیش از ۱۲۰ میلیون متر مکعب آب در سال را به خود اختصاص می دهد. پس از آن جو، پنبه و یونجه سهم قابل توجهی را از منابع آب آبی در منطقه با اجمالی معادل ۵۲، ۷۴ و ۴۸ میلیون متر مکعب آب در سال به مصرف می رساند. لزوم توجه به بهینه سازی الگوی کشت در تخصیص منابع آب بخش کشاورزی با توجه به تمامی عوامل موثر در منطقه از اهمیت بسزایی برخوردار است.



شکل ۹- متوسط ۸ ساله آبرانه آبی محصولات منتخب (میلیون متر مکعب در سال)

### آب شرب شهری و روستایی

شهرهای نیشابور، قدمگاه، خرو، درود، عشق آباد، بار، چکنه و تعداد ۴۳۱ روستا در محدوده مورد مطالعه متوسط سالانه مصارف آب شرب در شهرهای فوق الذکر در جدول ۴ ارائه شده است. متوسط سالانه آب مصرفی رقمی حدود ۲۱/۱۴ میلیون متر مکعب برآورد شده است.

به منظور محاسبات جامع مصارف آب در بخش های مختلف و از آنجا که مصارف آب روستا در محاسبات درپای آب نقش دارد، با توجه به آمار موجود از انواع مصارف آب شرب شهری و روستایی از

جدول ۴- متوسط سالانه مصارف آب شرب

نوع مصرف	مصرف سرانه خانگی	مصرف سرانه تجاری-صنعتی	مصرف سرانه عمومی	مصرف سرانه فضای سبز عمومی	مصرف سرانه تلفات	مصرف سرانه کل	جمعیت	متوسط مصرف سالانه
سال			(لیتر در روز)				(نفر)	(متر مکعب)
۸۶	۱۳۴	۴	۱۶	۵	۷۲	۲۳۱	۲۴۷۳۹۷	۲۰۸۹۶۸۳۱
۸۷	۱۳۵	۵	۱۸	۶	۶۲	۲۲۶	۲۴۹۷۱۵	۲۰۵۵۷۴۶۱
۸۸	۱۳۸	۵	۱۶	۵	۶۱	۲۲۵	۲۵۶۳۱۸	۲۱۰۴۳۴۷۱
۸۹	۱۳۳	۵	۱۶	۵	۶۴	۲۲۳	۲۶۷۲۱۱	۲۱۷۶۰۴۶۰
۹۰	۱۲۶	۵	۱۳	۴	۶۷	۲۱۴	۲۷۴۱۷۶	۲۱۴۱۹۸۹۲
								۲۱/۱۴

متوسط مصرف شهری (میلیون متر مکعب در سال)

پلاستیک و ... مصرف می شود. در مجموع میزان آب مصرفی دارای مجوز در تعداد ۲۵۰ کارگاه و کارخانه صنعتی شهرستان نیشابور حجمی معادل ۱۱ میلیون متر مکعب آب در بخش صنایع مصرف می شود. در جدول ۵ فعالیت های عمده صنعتی و کد شناسایی ۴ رقمی هر یک از گروه های فعالیت صنعتی ارائه شده است. در شکل ۱۰ سهم ( درصد) صنایع عمده شهرستان نیشابور در مصرف منابع آب یا به عبارتی ردپای آب محصولات صنعتی ارائه شده است.

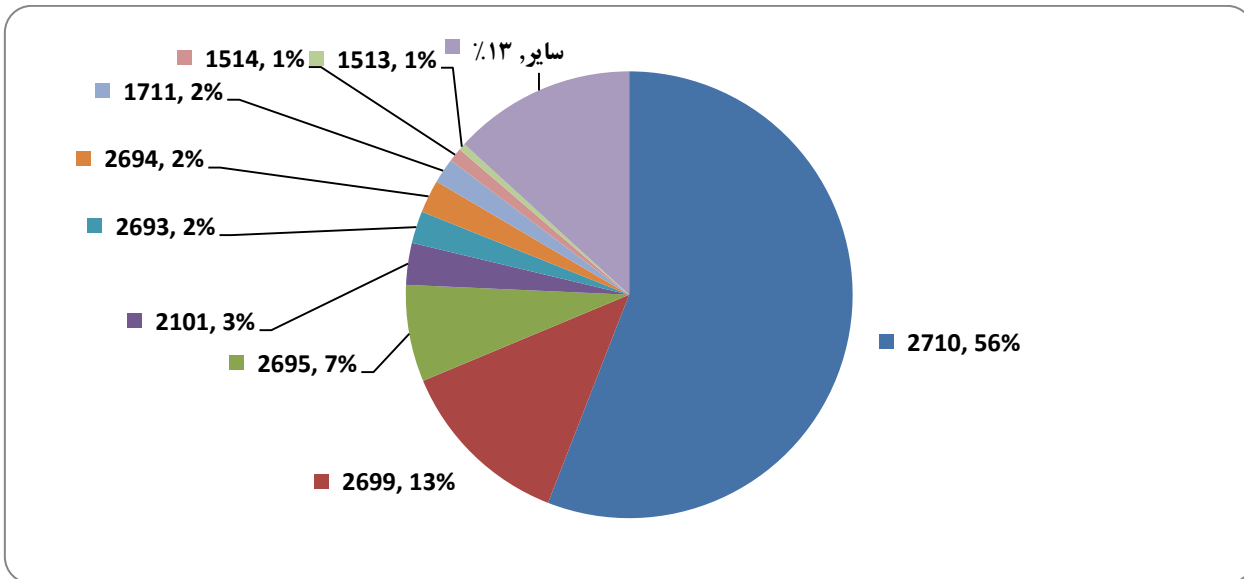
میزان آب شرب روستایی با در نظر گرفتن تعداد ۴۳۱ روستا و دهستان و جمعیت ۱۵۸۹۲۹ نفری در سال ۹۰ رقمی معادل ۱۴/۱۴ میلیون متر مکعب برآورد گردیده است.

### آب مصرفی صنعت

با توجه به آمار موجود بیش از ۶/۲۸ میلیون متر مکعب آب در تعداد ۱۱۸ واحد صنعتی پر مصرف آب نظیر ساخت فلزات اساسی (فولاد)، استخراج کانه های فلزی، محصولات لاستیک و

جدول ۵- فعالیت های عمده صنعتی شهرستان نیشابور و کد شناسایی ۴ رقمی هر گروه

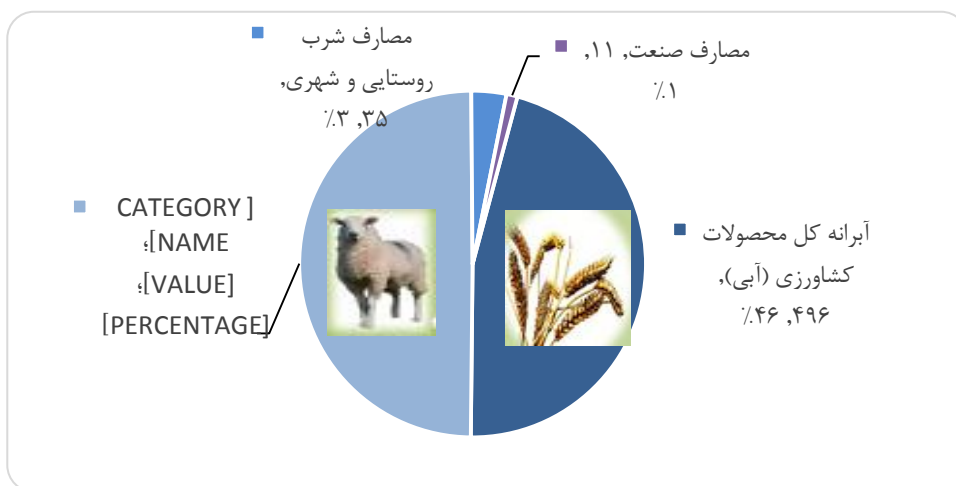
کد چهار رقمی	گروه فعالیت صنعتی
۲۷۱۰	ساخت آهن و فولاد اساسی
۲۶۹۹	ساخت سایر محصولات کانی غیر فلزی طبقه بندی نشده در جای دیگر
۲۶۹۵	ساخت کالاهای بتونی-سیمانی و گچی
۲۱۰۱	ساخت خمیر کاغذ-کاغذومقوا
۲۶۹۳	ساخت محصولات سفالی و سرامیکی ساختمانی غیر نسوز
۲۶۹۴	تولید-سیمان-آهک-گچ
۱۷۱۱	آماده سازی و ریسندهای الیاف نساجی بافندگی منسوجات
۱۵۱۴	تولید انواع روغن های نباتی و حیوانی
۱۵۱۳	عمل آوری و حفاظت از فسادمیوه و سبزیجات نباتات



شکل ۱۰- سهم ( درصد ) صنایع عمده شهرستان نیشابور در مصرف منابع آب

ردپای آب می تواند مقدار و نوع (آبی یا سبز) منابع آب مصرفی را مشخص کند. در حالی که شاخص های سنتی مصرف آب، تنها منابع آب آبی را گزارش می دهند. در منطقه مورد مطالعه سالانه ۱۵۵۴ میلیون متر مکعب منابع آب سبز در تولید محصولات کشاورزی و دامی مصرف می شود. برآورد مصارف آب سبز به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک اهمیت بسزایی دارد. آب سبز در تولیدات غذایی نقش مهمی را ایفا می کند. بهبود مدیریت آب سبز و راندمان مصرف آب سبز در ارتقاء مدیریت آب در سطح حوضه و تامین امنیت غذایی کلیدی است.

در منطقه مورد مطالعه آبرانه آبی کل برای کشاورزی، دامداری شرب و صنعت حدود ۱۰۷۹/۳۱ در سال برآورد شده است (شکل ۱۱). از این حجم حدود ۵۰ درصد برای دامداری، ۴۶ درصد کشاورزی، ۳ درصد شرب و ۱ درصد صنعت مصرف می شود. میزان آب تجدیدپذیر ۷۷۱/۷ میلیون متر مکعب است. متوسط سالانه کمبود آب آبی ۱۴۰ درصد برآورد شده است که طبق طبقه بندی هوکسترا و همکاران (۲۰۱۲) در گروه متوسط قرار می گیرد. این نشان می دهد که مصارف آب ناشی از فعالیت های انسانی بیش از سطح پایداری دسترسی به آب است. در حوضه HRB چین این شاخص بیش از ۱۵۴ درصد برآورد شده است (زنگ و همکاران، ۲۰۱۱). شاخص



شکل ۱۱- سهم بخش های مختلف در آبرانه آبی کل منطقه نیشابور

## نتیجه گیری و پیشنهادات

مطالعه حاضر به برآورد رد پای آب در بخش‌های کشاورزی، صنعت و شرب در نیشابور و ارزیابی پایداری رد پای آب و امنیت غذایی پرداخته است. با محاسبه میزان آب مجازی در گروه‌های عمده محصولات کشاورزی، متوسط سالانه رد پای آب محصولات زراعی و باغی طی سالهای ۱۳۸۵-۱۳۹۳ ۵۴۴/۵ میلیون متر مکعب برآورد شده است که از این مقدار ۹۱ درصد منابع آب آبی و ۹ درصد منابع آب سبز مصرف شده است.

با توجه به جمعیت ۴۳۳۱۰۵ نفر، جمع آبرانه مورد نیاز برای تامین غذا و شرب جمعیت ساکن در منطقه حجمی معادل ۱۲۰۳/۷ میلیون متر مکعب آب سبز و آبی برای تامین الگوی غذایی بهینه و ۳۵/۲۸ میلیون متر مکعب برای نیاز آب شرب برآورد شده است.

متوسط شاخص رد پای آب در منطقه نیشابور ۲۶۳۳/۵ میلیون متر مکعب در سال تخمین زده شده است که ۱۰۷۹/۳۱ میلیون متر مکعب آب از منابع آب آبی و ۱۵۵۴/۲ میلیون متر مکعب آن از منابع آب سبز تامین شده است. آبرانه آبی به ازاء هر نفر ۲۴۹۲ متر مکعب در سال و آبرانه سبز هر نفر ۳۵۸۹ متر مکعب در سال است. حدود ۵۰ درصد از رد پای آب آبی به محصولات دامی، ۴۶ درصد به محصولات کشاورزی، ۳ درصد به مصارف شرب و ۱ درصد به مصارف صنعت مربوط است. کمبود آب آبی در حد متوسط و حدود ۱۴۰ درصد برآورد شده است.

برای حصول امنیت غذایی جمعیت ۴۳۳۱۰۵ نفری شهرستان نیشابور نیاز به تامین حدود ۲۹۲/۵ هزار تن انواع محصولات غذایی است که با در نظر گرفتن شرایط واقعی و راندمان ۴۶ درصد، معادل ۲۶۱۷ میلیون متر مکعب آب به فرم مجازی است. تولیدات سالانه شهرستان نیشابور حدود ۷۶۳ هزار تن انواع محصولات زراعی، باغی و دامی است که بیش از نیاز جمعیت ساکن منطقه است. اگر مازاد تولیدات و کمبود تولیدات را برای جمعیت منطقه در نظر بگیریم حجمی معادل ۱۱۹۷ میلیون متر مکعب آب به فرم مجازی از سطح منطقه خارج و حجمی معادل ۵۰ میلیون متر مکعب آب به منطقه وارد می‌شود. با این تفسیر شهرستان نیشابور صادر کنند آب مجازی با حجمی معادل ۱۱۴۷ میلیون متر مکعب آب در سال است. توجه به این نکته حائز اهمیت است که اگر آبرانه آبی به صورت ماهانه برآورد شود و بامیزان آب در دسترس ماهانه مقایسه شود می‌توان کمبود آب آبی را به صورت ماهانه برآورد نمود و در مدیریت منابع آبی از آن بهره گرفت. در برخی فصول سال میزان آب در دسترس با توجه به خشکی فصل و مصارف بخش‌های صنعتی و خانگی بگونه‌ایست که جریان مورد نیاز زیست محیطی تامین نمی‌شود. این امر منجر به استفاده ناپایدار آب و تخریب شدید محیط زیست می‌شود. از

راهکارهای کاهش آبرانه در سطح حوضه‌ها اینست که تولیدات کشاورزی و دامی منطقه متناسب با نیازهای غذایی جمعیت منطقه و نه برای صادرات محصولات آب بر باشد. همچنین تمامی استراتژی‌های راهکارهای مدیریتی در گله طیور باید در راستای بهبود مصرف خوراک و کاهش هدر روی خوراک باشد. به عبارت بهتر هر گونه ابزار یا برنامه‌ای که باعث کاهش هدر روی خوراک شود میتواند منجر به بهبود ضریب تبدیل خوراک گردد. کاهش ضایعات محصولات مختلف از مرحله تولید تا مصرف و بهره‌گیری از تکنولوژی‌های نوین در بالابردن راندمان تولید محصولات که خود باعث کاهش  $WF$  کشور است.

## منابع

کشاورز، ع و ن، حیدری، ۱۳۸۳. نگرشی بر اسراف و ضایع نمودن منابع آب کشور در مراحل تولید و مصرف محصولات کشاورزی. مجموعه مقالات همایش پیشگیری از اتلاف منابع ملی. فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران.

محمدیان، ف، علیزاده، ا، نی‌ریزی، س. و عربی، ا. ۱۳۸۶. طراحی الگوی پایدار با تاکید بر مبادله آب مجازی. مجله آبیاری و زهکشی ایران. جلد ۲، شماره ۱، سال ۱۳۸۶. صفحات ۱۲۶-۱۰۹.

عربی‌یزدی، ا، نیک‌نیا، ن، مجیدی، ن. و امامی، ح. ۱۳۹۳. بررسی امنیت آبی در اقلیم‌های خشک از دیدگاه شاخص رد پای آب. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۴، جلد ۸، ص ۷۴۶-۷۳۵.

حقایقی مقدم س. ا. ۱۳۸۹. مدیریت پایدار آب زیرزمینی با نگرش مصرف بهینه آب کشاورزی در استان خراسان رضوی - مطالعه موردی حوضه آبریز نیشابور. شماره ثبت ۸۹/۹۹۵. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج.

گزارش سیمای شهرستان نیشابور، ۱۳۹۳. سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی.

سالنامه های آماری جهاد کشاورزی خراسان رضوی، ۱۳۹۳.

مطالعات مدیریت بهم پیوسته منابع آب منطقه نیشابور، جلد یازدهم، گزارش اجتماعی و اقتصادی، مهندسین مشاور سازآب شرق، زمستان ۸۸.

مطالعات بهنگام سازی بیان منابع آب محدوده های مطالعاتی حوزه آبریز کویر مرکزی\_منتهی به سال آبی ۹۰-۸۹، جلد پنجم- پیوست شماره ۳۸- گزارش بیان منابع آب محدوده مطالعاتی نیشابور(۴۷۳۸) شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی

Zhang Z.Y., Yang H., Shi M. J., Zehnder A. J. B and Abbaspour K. C. 2011. Analyses of impacts of China's international trade on its water resources and uses. *Hydrology and Earth System Science*. 15, 181-288.

Hoekstra, A. Y., Mekonnen, M. M., Chapagain, A. K., Mathews, R. E., & Richter, B. D. (2012). Global monthly water scarcity: blue water footprints versus blue water availability. *PLoS One*, 7(2), e32688.

نشریه ۳-۱۱۷ سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو سال ۱۳۹۲ .

Hoekstra, A. Y., and Hung. P.Q., 2002. Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Value of the Water Research Report Series. No. 11, UNESCO-IHE, Delft.

Mekonnen, M. M. and A Y. Hoekstra. 2011. National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption, Volume 1: Main Report, Research Report Series No.

## Evaluation of the Water Footprint of the Industrial and Agricultural Sector in Scarcity Conditions (Case study: Neyshabour plain)

N. Niknia<sup>1</sup>, H. Torabi poodeh<sup>2\*</sup>, H. Yonesi<sup>3</sup>  
Recived: Oct.18, 2018 Accepted: Dec.21, 2018

### Abstract

In this research, we evaluated the virtual water and water footprint in the agricultural and industrial sectors of Neyshabour plain. By calculating the amount of virtual water in the major groups of agricultural products, the average annual water footprint of agricultural and horticultural products is estimated to be 534.5 million cubic meters during the years 1393-1383 that consumed blue and green water footprint of this water resource are 91% and 9%, respectively. According to the population of 433,105 persons, the green and blue water demand for food and drinking water supply in Neyshabour region is 1203.17 million cubic meters and 35.28 million cubic meters respectively. The average index of water footprint in the Neyshabur region is estimated to be 2633.5 million cubic meters per year, which 1079.3 and 1554.2 million cubic meters of water are supplied from blue and green water resources. Blue and green water footprint of each person are 2492 and 3589 cubic meters per year. The water footprint of livestock products, agricultural products, drinking and industry expenditures are about 50%, 46%, 3%, 1%, respectively. Blue water scarcity is moderate and about 140%.

**Keywords:** water footprint, industrial, agriculture, Neyshabour plain

---

1- Ph.D Student of Science and Water Engineering, Lorestan University  
2- Associate Professor, Water Engineering Department, Lorestan University  
3- Assistant Professor, Water Engineering Department, Lorestan University  
(\* - Corresponding Author Email: torabi1976@gmail.com)