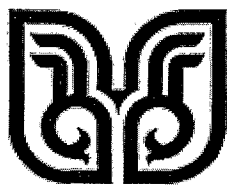


17/11/79  
MUNA



1.9.173

۸۶/۱۰۴۹۹۰  
۸۸-۱۱۸



دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده کشاورزی

گروه اقتصاد کشاورزی

پایان نامه جهت دریافت مدرک کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی

عنوان

بررسی تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی ایران

استاد راهنما

دکتر حسین مهربانی بشرآبادی

استاد مشاور

دکتر محمدرضا زارع مهرجردی

مؤلف

علی اکبر باغستانی

شهریورماه ۱۳۸۷

۱۰۹۱۸۳

کتابخانه مرکزی  
دانشگاه شهید باهنر کرمان

۱۳۸۷ / ۱۲ / ۲۷



دانشگاه شهید باهنر کرمان

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد به

گروه اقتصاد کشاورزی

دانشکده کشاورزی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو: علی اکبر باغستانی

استاد راهنما: دکتر حسین مهربانی بشرآبادی

استاد مشاور: دکتر محمدرضا زارع مهرجردی

داور: دکتر حمیدرضا میرزایی خلیل آبادی

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده: دکتر محمدحسن فولادی

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه است.

تقدیم بہ آنانی کہ قلم ہموارہ بہ عشقان می تد

پدر نزر کو اور مادر کرامی و ہمسر نہر بانم

## مشکر و قدردانی

دقتر ما هم به نامت باز شد

ای که بانامت جهان آغاز شد

کار آن از چرخ هم، بالا گرفت

دقتری کز نام تو زیور گرفت

سپاس و ستایش کردگاری را سزا است که جهان را بر پیوستگی ذرات بنیان نهاد و انسان را اندیشیدن آموخت تا آن را به نور ایمان بیاراید و جهان هستی را به اندیشه و ایمان خویش تدبیر نماید و درود بیکران بر خاتم پیامبران و خاندان پاک و مطهرش. در آغاز از اساتید که تقدیر و فرزانه جناب آقای دکتر حسین مهربانی و جناب آقای دکتر محمد رضا زارع که انجام این کار بی راهبانی و هدایتشان میسر نبود، مشکر و قدردانی می‌کنم. از اساتید فرزانه، جناب آقای دکتر شاهنوشی که زحمات بسیاری را در دوران کارشناسی اینجانب متحمل شده اند نیز مشکر می‌کنم. صمیمانه ترین سپاس ها را به خانواده صبور و گرامیم که طی این سال ها همواره پشتیبانم بوده اند، تقدیم می‌کنم. از همسر مهربان و بزرگوارم نیز که در تمامی مراحل انجام این کار صبورانه در کنارم بود و یاریم می‌کرد مشکر و قدردانی می‌نمایم. در خاتمه از تمامی دوستان و همراهان گرامی که طی این سال ها همواره در کنارم بوده اند، مشکر می‌کنم. برای همگان از درگاه خداوند متعال سعادت و سلامتی مسئلت می‌کنم.

## چکیده

طی سال‌های اخیر بحران آب در ایران به دلیل آب و هوای خشک و نیمه خشک این کشور افزایش یافته است. الگوی مصرف آب و الگوی تجارت، دو جزء مهم از امنیت غذایی در ایران را تشکیل می‌دهد. آبی که در فرآیند تولید کالاها به کار می‌رود، آب مجازی نامیده می‌شود که بخشی از آن نیز در محصول نگه داشته شده است. وقتی کالاها به بازارهای جهانی وارد می‌شوند، تجارت آب مجازی اتفاق می‌افتد. انتظار می‌رود که تجارت آب مجازی، مصرف آب را در سطح ملی و بین‌المللی به دلیل استفاده کارا تر و تخصصی‌تر از آب، کاهش دهد. امروزه مفهوم آب مجازی یکی از موضوعات مهم در مدیریت منابع آب به شمار می‌رود. در این مطالعه روشی برای کمی‌سازی و ارزیابی آب نهفته در صادرات و واردات محصولات کشاورزی طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۷۵ در ایران معرفی شده است. نتایج نشان می‌دهد که واردات آب مجازی روند نوسانی داشته است. با توجه به تجارت گیاهان زراعی و باغی، واردات آب مجازی ایران از صادرات آن بیشتر بوده است، همچنین به طور میانگین، صادرات آب مجازی از سال ۱۳۷۵ تا سال ۱۳۸۵ افزایش یافته است. به دلیل هزینه فرصت بالای آب در کشورهای خشک و نیمه‌خشک نظیر ایران، در پایان مطالعه، اثرات زیست محیطی تجارت آب مجازی بررسی شده است.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
<b>فصل اول</b>	
۱	۱- مقدمه
۲	۱-۱- کلیات و مفاهیم
۳	۲-۱- وضعیت موازنه آبی در جهان
۴	۳-۱- آب آبی و آب سبز
۵	۴-۱- حفظ آب ملی و جهانی
۶	۵-۱- ملاحظات اقتصادی و اجتماعی، تجارت آب مجازی
۷	۶-۱- تجارت آب مجازی و امنیت غذایی
۹	۷-۱- ظرفیت‌ها و کاربرد تجارت آب مجازی در ایران
۱۱	۸-۱- موازنه منابع آب ایران
۱۱	۹-۱- بررسی وضعیت بحران آب در ایران
۱۴	۱۰-۱- ضرورت انجام تحقیق
۱۵	۱۱-۱- اهداف تحقیق
۱۵	۱۲-۱- فرضیه‌های تحقیق
۱۵	۱۳-۱- ساختار پایان نامه
<b>فصل دوم</b>	
۱۶	۱-۲- مقدمه
۱۶	۲-۲- مروری بر مطالعات انجام گرفته در داخل کشور
۱۷	۳-۲- مروری بر مطالعات انجام گرفته در خارج کشور
۱۷	۱-۳-۲- بررسی مطالعات منطقه‌ای آب مجازی
۳۷	۲-۳-۲- بررسی مطالعات جهانی آب مجازی
۵۶	۳-۳-۲- مطالعات انجام گرفته در خارج در مورد ایران

## فصل سوم

- ۱-۳- مقدمه ..... ۵۹
- ۲-۳- روش محاسبه آب مجازی محصولات زراعی و باغی ..... ۵۹
- ۱-۲-۳- محاسبه تقاضای آب ویژه برای هر نوع محصول زراعی و باغی ..... ۵۹
- ۲-۲-۳- محاسبه جریان آب مجازی و تراز آب مجازی ملی ..... ۶۳
- ۳-۳- محاسبه آب مجازی دام زنده ..... ۶۴
- ۱-۳-۳- سه جزء از محتویات آب مجازی دام زنده ..... ۶۴
- ۲-۳-۳- محتویات آب مجازی خوراک مصرف شده ..... ۶۵
- ۳-۳-۳- محتویات آب مجازی نوشیدنی ..... ۶۵
- ۴-۳-۳- محتویات آب مجازی خدمات ..... ۶۵
- ۴-۳- محاسبه آب مجازی تولیدات دامی ..... ۶۶
- ۱-۴-۳- سطوح تولید ..... ۶۶
- ۲-۴-۳- سطح اول فرآوری (محصولات اولیه دام زنده) ..... ۶۶
- ۳-۴-۳- سطح دوم فرآوری (محصولات ثانویه از محصولات اولیه) ..... ۶۸
- ۵-۳- معرفی برخی شاخص های آب مجازی ..... ۷۰
- ۱-۵-۳- شاخص جای پای آب ..... ۷۰
- ۲-۵-۳- شاخص جای پای آب داخلی و خارجی ..... ۷۰
- ۳-۵-۳- شاخص کمیابی آب- وابستگی آب وارداتی ..... ۷۰
- ۴-۵-۳- شاخص خود بسندگی آب ..... ۷۱
- ۶-۳- معرفی شاخص های تخمین سازگاری یک کشور با تجارت آب مجازی ..... ۷۲
- ۱-۶-۳- دیدگاه تحلیلی ..... ۷۲
- ۲-۶-۳- دیدگاه استراتژیک ..... ۷۳
- ۳-۶-۳- قابلیت سازگاری ..... ۷۴
- ۴-۶-۳- شاخص هایی برای ارزیابی قابلیت سازگاری ..... ۷۶
- ۵-۶-۳- شاخص بین الملل فقر آب ..... ۷۷
- ۷-۳- منابع آماری ..... ۸۲



## فصل چهارم

۸۴	۱-۴-۱- مقدمه
۸۴	۲-۴-۲- بررسی وضعیت پارامترهای هواشناسی
۸۴	۱-۲-۴-۱- بررسی وضعیت متوسط حداقل دمای هوا
۸۵	۲-۲-۴-۲- بررسی وضعیت متوسط حداکثر دمای هوا
۸۶	۳-۲-۴-۳- بررسی وضعیت رطوبت نسبی هوا
۸۸	۵-۲-۴-۵- بررسی وضعیت سرعت باد
۸۹	۶-۲-۴-۶- بررسی وضعیت تعداد ساعات آفتابی در روز
۹۰	۷-۲-۴-۷- بررسی وضعیت میزان بارش
۹۱	۳-۴-۳- محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه (ET)
۹۲	۴-۴-۴-۱- بررسی وضعیت تجارت خارجی بخش کشاورزی
۹۲	۱-۴-۴-۱- صادرات محصولات کشاورزی
۹۹	۲-۴-۴-۲- واردات محصولات کشاورزی
۱۰۹	۵-۴-۵-۵- بررسی وضعیت عملکرد زراعی محصولات منتخب
۱۱۰	۶-۴-۶-۶- بررسی ضرائب گیاهی و طول رشد محصولات عمده صادراتی و وارداتی
۱۱۲	۷-۴-۷-۷- محاسبه نیاز آبی محصولات عمده صادراتی و وارداتی
۱۱۳	۸-۴-۸-۸- محاسبه تقاضای ویژه آب محصولات عمده صادراتی و وارداتی بخش کشاورزی
۱۱۴	۹-۴-۹-۹- محاسبه جریان تجارت آب مجازی
۱۱۴	۱-۹-۴-۱- صادرات آب مجازی محصولات کشاورزی
۱۱۷	۲-۹-۴-۲- واردات آب مجازی محصولات کشاورزی
۱۱۹	۳-۹-۴-۳- بررسی خالص واردات آب مجازی محصولات کشاورزی
۱۲۰	۱۰-۴-۱۰-۱۰- شاخص‌های آب مجازی
۱۲۳	۱۱-۴-۱۱-۱۱- بررسی قابلیت سازگاری کشور ایران با تجارت آب مجازی
۱۲۷	۱۲-۴-۱۲-۱۲- بررسی وضعیت شاخص فقر منابع آب
۱۲۹	۱۳-۴-۱۳-۱۳- اثرات خارجی جای پای آب
۱۳۰	۱۴-۴-۱۴-۱۴- اثرات زیست محیطی
۱۳۲	۱۵-۴-۱۵-۱۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۱۳۹	۵- منابع و مآخذ
	پیوست‌ها
I	۶- واژه‌نامه
IX	۷- فهرست تعاریف و مفاهیم

## فهرست جداول

- جدول شماره ۱-۱ بررسی شاخص‌های بخش کشاورزی و منابع آب ایران طی سال‌های ۲۰۰۷-۱۹۹۳..... ۱۳
- جدول شماره ۳-۱: اجزای شاخص فقر آب به همراه داده‌های مورد نیاز..... ۸۱
- جدول شماره ۳-۲: همبستگی میان اجزای تشکیل دهنده WPI..... ۸۲
- جدول شماره ۳-۳: محصولاتی که پارامترهای گیاهی آن در بسته نرم‌افزاری CROPWAT موجود است..... ۸۳
- جدول شماره ۴-۱: بررسی وضعیت متوسط ماهانه حداقل دمای هوا..... ۸۵
- جدول شماره ۴-۲: بررسی وضعیت متوسط ماهانه حداکثر دمای هوا..... ۸۶
- جدول شماره ۴-۳: بررسی وضعیت متوسط رطوبت نسبی هوا..... ۸۷
- جدول شماره ۴-۴: بررسی وضعیت سرعت وزش باد..... ۸۸
- جدول شماره ۴-۵: بررسی وضعیت تعداد ساعات آفتابی در روز..... ۸۹
- جدول شماره ۴-۶: بررسی وضعیت میزان بارش..... ۹۰
- جدول شماره ۴-۷: بررسی وضعیت تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه..... ۹۱
- جدول شماره ۴-۸: سهم ارزش صادرات قسمت‌های مختلف از کل ارزش صادرات کالاها و خدمات کشور طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۵..... ۹۴
- جدول شماره ۴-۹: سهم صادرات قسمت‌های مختلف از کل ارزش صادرات محصولات کشاورزی..... ۹۵
- جدول شماره ۴-۱۰: سهم ارزش صادرات میوه‌ها و مرکبات از کل ارزش صادرات محصولات نباتی طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۵..... ۹۵
- جدول شماره ۴-۱۱: بررسی وضعیت اقلام عمده صادراتی بخش کشاورزی طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۵..... ۹۶
- جدول شماره ۴-۱۲: بررسی وضعیت کل صادرات محصولات کشاورزی ایران طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۵..... ۹۹
- جدول شماره ۴-۱۳: بررسی وضعیت کل واردات محصولات کشاورزی ایران طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۵..... ۱۰۰
- جدول شماره ۴-۱۴: سهم ارزش واردات قسمت‌های مختلف از کل ارزش واردات کالاها و خدمات کشور طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۵..... ۱۰۲
- جدول شماره ۴-۱۵: سهم صادرات قسمت‌های مختلف از کل ارزش واردات محصولات کشاورزی طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۵..... ۱۰۲

## فهرست جداول

- جدول شماره ۴-۱۶: بررسی سهم گروه های عمده محصولات کشاورزی از واردات کالاها و واردات محصولات کشاورزی طی سال های ۸۵-۱۳۷۵ ..... ۱۰۳
- جدول شماره ۴-۱۷: بررسی وضعیت اقلام عمده وارداتی بخش کشاورزی طی سال های ۸۵-۱۳۷۵ .... ۱۰۳
- جدول شماره ۴-۱۸: بررسی وضعیت عملکرد زراعی محصولات منتخب بخش کشاورزی طی سال های ۸۵-۱۳۷۵ ..... ۱۱۰
- جدول شماره ۴-۱۹: بررسی طول مراحل رشد و پارامترهای محصولات منتخب بخش کشاورزی ..... ۱۱۱
- جدول شماره ۴-۲۰: بررسی نیاز آبی محصولات منتخب بخش کشاورزی ..... ۱۱۲
- جدول شماره ۴-۲۱: بررسی تقاضای ویژه آب محصولات منتخب بخش کشاورزی ..... ۱۱۳
- جدول شماره ۴-۲۲: سهم محصولی و سهم ارزشی محصولات عمده صادراتی بخش کشاورزی ..... ۱۱۵
- جدول شماره ۴-۲۳: محتویات آب مجازی محصولات منتخب صادراتی کشاورزی طی سال های ۸۵-۱۳۷۵. ۱۱۶
- جدول شماره ۴-۲۴: سهم محصولی و سهم ارزشی محصولات عمده وارداتی بخش کشاورزی ..... ۱۱۷
- جدول شماره ۴-۲۵: محتویات آب مجازی محصولات منتخب وارداتی کشاورزی طی سال های ۱۳۸۵-۱۳۷۵ ..... ۱۱۷
- جدول شماره ۴-۲۶: حجم خالص واردات آب مجازی در طی سال های ۸۵-۱۳۷۵ ..... ۱۲۰
- جدول شماره ۴-۲۷: شاخص های آب مجازی ..... ۱۲۰
- جدول شماره ۴-۲۸: ضرائب همبستگی میان متغیرهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی با تجارت آب مجازی ..... ۱۲۷
- جدول شماره ۴-۲۹: بررسی وضعیت شاخص فقر آب در سال ۲۰۰۱ ..... ۱۲۸
- جدول شماره ۴-۳۰: میزان راندمان آبیاری در برخی از کشورهای در حال توسعه ..... ۱۳۲

## فهرست نمودارها

- نمودار ۱-۱: بررسی وضعیت موازنه جهانی آب..... ۴
- نمودار ۱-۲: بررسی روند افزایش جمعیت طی سال‌های ۸۲-۱۳۰۰..... ۱۲
- نمودار ۱-۳: بررسی روند کاهش سرانه منابع آب تجدیدپذیر ایران..... ۱۲
- نمودار شماره ۱-۳: مراحل رشد گیاه برای انواع مختلف گیاهان..... ۶۱
- نمودار شماره ۲-۳: توسعه ضریب گیاهی (K<sub>c</sub>) طی فصل رشد گیاه..... ۶۲
- نمودار شماره ۳-۳: مراحل محاسبه جریان آب مجازی جهانی..... ۶۳
- نمودار شماره ۳-۴: مراحل محاسبه جریان تجارت آب مجازی جهانی با توجه به تجارت بین‌المللی دام و تولیدات دامی..... ۶۹
- نمودار شماره ۳-۵: اثرات اکولوژیکی-اجتماعی..... ۷۳
- نمودار شماره ۳-۶: نوع‌شناسی کشورها و مناطق..... ۷۵
- نمودار شماره ۳-۷: معرفی برخی شاخص‌های پیشنهادی برای بررسی وضعیت سازگاری با تجارت آب مجازی..... ۷۷
- نمودار شماره ۴-۱: روند تغییرات متوسط سالانه و رطوبت نسبی هوا طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۵..... ۸۷
- نمودار شماره ۴-۲: بررسی روند تغییرات سرعت وزش باد طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۵..... ۸۹
- نمودار شماره ۴-۳: بررسی روند تغییرات تعداد ساعات آفتابی در روز طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۵..... ۹۰
- نمودار شماره ۴-۴: بررسی روند تغییرات متوسط سالانه بارش طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۵..... ۹۱
- نمودار شماره ۴-۵: روند ارزش دلاری صادرات محصولات کشاورزی طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۵..... ۹۳
- نمودار شماره ۴-۶: روند ارزش ریالی صادرات محصولات کشاورزی طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۵..... ۹۴
- نمودار شماره ۴-۷: روند ارزش دلاری واردات محصولات کشاورزی طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۵..... ۱۰۱
- نمودار شماره ۴-۸: روند ارزش ریالی صادرات محصولات کشاورزی طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۵..... ۱۰۱
- نمودار شماره ۴-۹: بررسی روند صادرات آب مجازی محصولات کشاورزی طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۵..... ۱۱۶
- نمودار شماره ۴-۱۰: جزئیات واردات آب مجازی محصولات کشاورزی طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۵..... ۱۱۹
- نمودار شماره ۴-۱۱: بررسی اثرات متقابل وابستگی آب و کیمایی آب..... ۱۲۳
- نمودار شماره ۴-۱۲: میزان اراضی و تولید محصولات کشاورزی در جهان..... ۱۳۲

فصل اول

کلیات

## فصل اول

### ۱- مقدمه

در سرتاسر جهان منابع آب شیرین طی دهه گذشته، به دلیل افزایش جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی و در نتیجه آن‌ها افزایش در تخصیص آب، کمیاب‌تر شده‌اند (پوستل و همکاران، ۱۹۹۶)<sup>۱</sup>. ایران به عنوان کشوری با آب و هوای خشک و نیمه خشک بیش از ۹۴٪ منابع آب خود را در بخش کشاورزی به کار می‌گیرد. این سهم، بخش کشاورزی را به عنوان مصرف کننده عمده آب مطرح می‌سازد. آب مجازی به عنوان حجم آب مورد نیاز برای تولید کالا یا خدمت تعریف می‌شود. (آلن، ۱۹۹۳، ۱۹۹۴)<sup>۲</sup>. وقتی کالای تولید شده به بازار جهانی عرضه می‌شود تجارت آب مجازی روی داده است. رینالت و زیمر<sup>۳</sup> (۲۰۰۳)، تجارت آب مجازی میان ملت‌ها را در سال ۲۰۰۰،  $10^9 \times 1340$  متر مکعب تخمین زده‌اند که ۶۰٪ آن مربوط به تجارت نباتات، ۱۴٪ آن مربوط به تجارت ماهی و غذاهای دریایی، ۱۳٪ آن مربوط به تجارت دام و ۱۳٪ مرتبط با تجارت گوشت بوده است. تجارت آب مجازی مرتبط با تجارت گیاهان و دام حدود ۱۷٪ از کل آب مصرفی برای تولید محصولات زراعی و باغی را شامل می‌شود (چاپگین و هوکسترا، ۲۰۰۳)<sup>۴</sup>. با افزایش کمیابی آب در ایران مفهوم آب مجازی به یک موضوع مهم در مطالعات مدیریت منابع آب تبدیل شده است. این مطالعه همگام با مطالعات جهانی درباره جریان آب مجازی (هوکسترا و هونگ، ۲۰۰۵، ۲۰۰۰؛ زیمر و رنالت، ۲۰۰۳؛ اکی و کانه، ۲۰۰۴؛ چاپگین و هوکسترا، ۲۰۰۴ و دی فریچر و همکاران، ۲۰۰۴)<sup>۵</sup> سعی دارد تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی ایران را کمی نماید. این مطالعه بر کالاهای کشاورزی متمرکز شده است چون این کالاها بخش عمده‌ای از

<sup>1</sup>Postel et al., 1996

<sup>2</sup>Allan, 1993, 1994

<sup>3</sup>Renault (2003) and Zimmer and Renault (2003)

<sup>4</sup>Chapgain&Hoekstra,2003

<sup>5</sup>Hoekstra and Hung ,2002, 2005, Zimmer and Renault ,2003, Oki et al. 2003, Chapagain and Hoekstra ,2004 and De Fraiture et al. 2004

مصرف آب جهانی را به خود اختصاص داده اند (پوستل و همکاران، ۱۹۹۶).<sup>۱</sup> امروزه مفهوم آب مجازی به موضوعی چند بعدی تبدیل شده است. مدارک بسیاری وجود دارد که استفاده و تغییر سیستم‌های آب، جدا از استفاده زمین (فولی و همکاران، ۲۰۰۵)<sup>۲</sup> برنامه‌ریزی جزئی (میچل، ۲۰۰۵)<sup>۳</sup> مدیریت خاک (سیویسکی و همکاران، ۲۰۰۵)<sup>۴</sup> تغییرات آب و هوایی (آرنل، ۱۹۹۹)<sup>۵</sup> توسعه جمعیتی (وروس مارتی و همکاران، ۲۰۰۰)<sup>۶</sup> تولید و مصرف اقتصادی (دارت و همکاران، ۲۰۰۲)<sup>۷</sup> سلامت عمومی (WHO, 2005)<sup>۸</sup> مدیریت زیست محیطی (پوستل و همکاران، ۱۹۹۶)<sup>۹</sup> سیاست‌های تجاری (آلن، ۲۰۰۱)<sup>۱۰</sup> تعاونی‌های توسعه (بانک جهانی، ۲۰۰۴)<sup>۱۱</sup> و امنیت ملی (OECD, 2003; WMO et al., 2006)<sup>۱۲</sup> درک نخواهد شد. واردات آب مجازی به عنوان ابزاری، برای کاهش فشار بر منابع داخلی آب می‌باشد که می‌تواند برای کشورهای کم آب جذاب باشد (زندر و همکاران، ۲۰۰۳)<sup>۱۳</sup>.

## ۱-۱- کلیات و مفاهیم

حجم آب مجازی "نهفته"<sup>۱۴</sup> یا "جاسازی شده"<sup>۱۵</sup> در محصولی خاص به صورت حجم آب بکار رفته در فرآیند تولید آن محصول تعریف می‌شود (آلن، ۱۹۹۷ و هوکسترا، ۱۹۹۸). تنها تولیدات کشاورزی دارای آب مجازی نیستند، محصولات صنعتی و خدماتی نیز می‌توانند حاوی آب مجازی باشند. بیشتر مثال‌ها در خصوص آب مجازی معطوف به غلات شده است. تخمین زده شده است که برای تولید یک کیلوگرم غله، رشد یافته تحت شرایط مطلوب آب و هوایی و بارندگی نیاز به حدود یک یا دو متر مکعب آب است که تقریباً برابر ۲۰۰۰-۱۰۰۰ Kg آب می‌باشد. برای

<sup>1</sup>Postel et al. 1996

<sup>2</sup>Foley et al., 2005; Nicholson, 2000; Gallart and Llorens, 2003

<sup>3</sup>Mitchell, 2005; Terpstra and Van Mazijk, 2001

<sup>4</sup>Syvitsky et al., 2005

<sup>5</sup>Arnell, 1999

<sup>6</sup>Vörösmarty et al., 2000

<sup>7</sup>Duarte et al., 2002

<sup>8</sup>WHO, 2005

<sup>9</sup>Postel et al. 1996; Smakhtin et al., 2004

<sup>10</sup>Allan, 2001

<sup>11</sup>World Bank, 2004

<sup>12</sup>OECD, 2003; WMO et al., 2006

<sup>13</sup>Zehnder et al., 2003

<sup>14</sup>Hidden

<sup>15</sup>Embodied

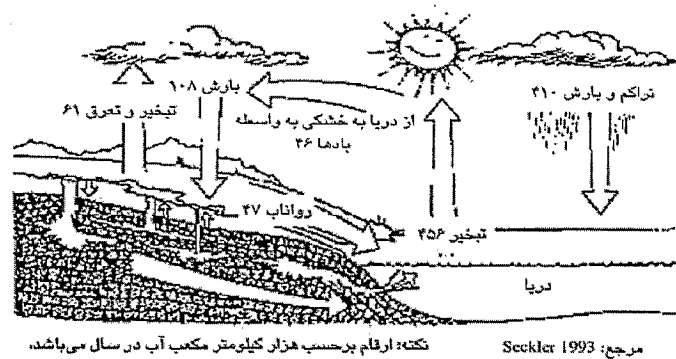
همان مقدار غله، اما رشد یافته در شرایط خشک وقتی شرایط آب و هوایی مساعد نیست (دمای بالا، تبخیر و تعرق بالا) نیاز به ۵۰۰۰-۳۰۰۰ Kg آب می‌باشد (میسنر، ۲۰۰۳). برخی از کشورهای کم آب برای تامین بخشی از آب شیرین مورد نیاز خود، با نادیده گرفتن ظرفیت‌های طبیعی به پمپاژ بیش از حد آب‌های زیرزمینی و نمک‌زدایی آب دریا می‌پردازند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تولید محصولات در چنین شرایطی بیش از پنج برابر گران‌تر است (شووا<sup>۱</sup>، ۱۹۹۷).

## ۲-۱- وضعیت موازنه آبی در جهان

چرخه طبیعی آب در اشکال جامد، مایع و گاز در سطح جهان انجام می‌شود. بنابراین آب نه از دست می‌رود و نه به دست می‌آید. این امر بدان معنی است که مقدار کل آب موجود در کره زمین نسبت به میلیون‌ها سال پیش تغییری نکرده است. بیش از ۹۷٪ از منابع آب جهان در دریاها و اقیانوس‌ها قرار دارد و چنان شور است که نمی‌توان آن را برای بسیاری از اهداف تولیدی به مصرف رساند. دو سوم از سه درصد باقیمانده به شکل کوه‌های یخی، یخچال‌های طبیعی، اراضی یخ‌زده دائمی، باتلاق‌ها و آبخوان‌های عمیق بوده که تقریباً از گردش طبیعی آب خارج می‌باشند. سالانه، حدود ۱۰۸۰۰۰ کیلومتر مکعب بارش بر سطح کره خاکی فرود می‌آید که حدود ۶۰٪ آن یعنی ۶۱۰۰۰ کیلومتر مکعب مستقیماً تبخیر شده و به جو باز می‌گردد و ۴۷۰۰۰ کیلومتر مکعب دیگر نیز به عنوان آب تجدیدپذیر جهان مورد ملاحظه قرار می‌گیرد. اگر این مقدار آب بین جمعیت کره زمین مساوی تقسیم شود، تقریباً به هر نفر ۷۵۰۰ متر مکعب آب اختصاص می‌یابد. با این وجود بسیاری از جریان‌های طبیعی به ضورن سیل‌های فصلی به وقوع می‌پیوندند و لذا براساس برآورد به عمل آمده در نهایت ممکن است بین ۹۰۰۰ تا ۱۴۰۰۰ کیلومتر مکعب آب کنترل شود (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲).

<sup>1</sup> Shuva





نمودار ۱-۱: بررسی وضعیت موازنه جهانی آب

ماخذ: احسانی و خالدی (۱۳۸۲)

### ۱-۳- آب آبی و آب سبز

در چرخه هیدرولوژیکی، منابع آب به دو دسته آب آبی و آب سبز تقسیم بندی می شوند. آب های زیرزمینی و آب های سطحی آب آبی<sup>۱</sup> را تشکیل می دهند، در حالیکه به رطوبت خاک در مناطق غیر اشباع آب سبز<sup>۲</sup> گفته می شود. منشاء آب آبی و آب سبز، بارندگی است. آب باران بعد از نفوذ در خاک و قبل از اینکه به منطقه اشباع برسد آب سبز را تشکیل می دهد، در حالی که آب های زیرزمینی (منطقه اشباع) و همچنین رواناب حاصل از این بارندگی که به رودخانه ها، دریاچه ها، پشت سدها و تالاب ها می پیوندد، آب آبی را تشکیل می دهند. کشاورزی دیم بطور عمده از بخش آب سبز حاصل از بارندگی تغذیه می کند در حالی که کشاورزی فاریاب از آب آبی مهار شده ای که به زمین های کشاورزی هدایت می شود سیراب می گردد. با توجه به نقش این دو در تولید مواد غذایی می توان گفت که منشاء آب مجازی، آب آبی و آب سبز است. بر این اساس می توان آب مجازی را به آب مجازی آبی و آب مجازی سبز تقسیم بندی نمود (راکستروم و گوردون<sup>۳</sup>، ۲۰۰۱). آب سبز بری اولین بار توسط فالکنمارک<sup>۴</sup> (۱۹۹۵) معرفی شد (یانگ و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۰۶)، تا این که بتوان با تفکیک آن از آب آبی با تقسیم بندی مناسبی از منابع آب،

<sup>1</sup> Blue Water

<sup>2</sup> Green Water

<sup>3</sup> Rockström and Gordon

<sup>4</sup> Falkenmark

<sup>5</sup> Yang and et al.

راحت تر آن را مدیریت کرد. همچنین با استفاده از این مفهوم جدید بتوان به ارزیابی دقیق تری از نقش آب در تولید محصولات کشاورزی در مناطق نیمه خشک پرداخت. در مقایسه با آب آبی، آب سبز منبع بزرگتری از نظر حجم ذخایر آب شیرین و مشارکت در تولید مواد غذایی است، ۶۵٪ از نزولات آسمانی به آب سبز و باقی به آب آبی تبدیل می شود (میسنر، ۲۰۰۳). همچنین در حدود ۸۰٪ زمین های کشاورزی در جهان زیر کشت دیم هستند که ۶۰٪ غذای مردم را نیز تولید می کنند (راکستروم و گوردون، ۲۰۰۱). بهره برداری از آب آبی به دلیل نیاز به شبکه های انتقال و توزیع آب، بسیار گران تر از آب سبز است، اما قابلیت انتقال، توزیع و مدیریت آن ساده تر است و گزینه های بهره برداری از آن را (کشاورزی، صنعتی و خانگی) افزایش داده است. در حالی که تنها راه بهره برداری از آب سبز تولید محصولات دیم می باشد. با توجه به ظهور مفهوم آب مجازی و درک نقش تجارت مواد غذایی در توزیع مجدد منابع آب و شناسایی استعداد مناطق در تولید محصولات با شاخص های کمی جدید، مدیریت آب سبز آسان تر شده و بر بهره برداری بهینه از آن تاکید می شود.

#### ۱-۴- حفظ آب ملی و جهانی

بسیاری از کشورهای خشک و نیمه خشک با واردات مواد غذایی، بخشی از آبی را که برای تولید داخلی محصولات نیاز است را برای استفاده در سایر مصارف حفظ می کنند. به عنوان مثال مصر در سال ۱۹۹۵، ۷/۵ میلیون تن انواع غلات وارد کرده است، در حالی که تولید این مقدار غلات در مصر  $9/9 \text{ KM}^3$  آب نیاز دارد. در همین سال ژاپن با واردات ۲۷ میلیون تن غلات  $37 \text{ KM}^3$  از منابع داخلی خود را حفظ کرده است (دی فریچر و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۴). اگر تولید محصولات در کشورهای صادرکننده نسبت به کشورهای واردکننده آب کمتری نیاز داشته باشد، صرفه جویی در آب جهانی صورت خواهد گرفت. به عنوان مثال کشور ژاپن، در سال ۱۹۹۵ با واردات انواع محصولات کشاورزی از آمریکا که برای تولید آن ها  $16/6 \text{ KM}^3$  آب مصرف شده بود توانست  $28/1 \text{ KM}^3$  از منابع آب ملی برای تولید این محصولات را حفظ کند، با این کار  $11/5 \text{ KM}^3$  از مصارف آب جهانی کاسته شد (اردکانیان و سهرابی، ۱۳۸۵). اما زمانی که تولید محصولات در

<sup>1</sup> De Fraiture and et al

کشورهای صادرکننده نسبت به کشورهای واردکننده آب بیشتری نیاز داشته باشد مصرف آب جهانی افزایش می‌یابد. برای مثال اندونزی در سال ۱۹۹۵،  $2/3$  میلیون تن غلات از هند وارد کرده است. تولید این غلات در اندونزی  $16/7 \text{ KM}^3$  و در هند  $17/4 \text{ KM}^3$  آب نیاز دارد. بنابراین، این تجارت  $0/7 \text{ KM}^3$  مصرف آب جهانی را افزایش داده است (دی‌فریچر و همکاران، ۲۰۰۴). اصولاً مدیران منابع آب در سطح ملی علاقه‌ای به حفظ آب جهانی ندارند. اما از آنجایی که کشورهای تولیدکننده از نظر طبیعی و تکنولوژیکی شرایط مناسب‌تری برای تولید دارند همواره در مصرف آب جهانی صرفه‌جویی شده است. آمارها نشان داده است که در فاصله سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۹۷ آب مورد نیاز برای این که کشورهای واردکننده بتوانند برخی از محصولات کشاورزی مورد نیاز خود را در داخل مرزهای خود تولید نمایند، در مجموع، سالانه  $1605 \text{ KM}^3$  بوده است. اما به واسطه تجارت آب مجازی، آب مصرف شده برای تولید این محصولات به  $1253 \text{ KM}^3$  کاهش یافته است که سالانه  $352 \text{ KM}^3$  در مصرف آب جهانی صرفه‌جویی شده است (چاپگین و همکاران، ۲۰۰۶).<sup>۱</sup>

بررسی شرایط حاکم بر تولید محصولات کشاورزی و متغیرهای دخیل در میزان مصرف آب منجر به ابداع روش‌های محاسبه آب مصرف شده در تولید انواع محصولات کشاورزی متناسب با شرایط مختلف تولید در سراسر نقاط جهان گردید. بررسی ابعاد مختلف تجارت آب مجازی بدون انجام محاسبات عددی در این زمینه امکان‌پذیر نبود. از این رو مطالعات خارج از کشور با استفاده از روش‌ها و فرمول‌ها و براساس آمار و اطلاعات فائو، آب مجازی محتوی محصولات مختلف در نقاط مختلف جهان محاسبه شده است (هوکسترا و هونگ<sup>۲</sup>، ۲۰۰۲ و چاپگین و هوکسترا<sup>۳</sup>، ۲۰۰۳).

### ۱-۵- ملاحظات اقتصادی و اجتماعی، تجارت آب مجازی

کاربرد واژه آب مجازی، نشان داده است که توسعه تجارت مواد غذایی بر مبنای مزیت نسبی و استفاده بهینه از فرصت‌های ایجاد شده، توانسته علاوه بر دستیابی به منابع آب جهانی سبب ارتقاء رشد اقتصادی و رفاه اجتماعی شود. بر مبنای تئوری مزیت نسبی کشورها در تولید محصولاتی تخصص پیدا کرده و متمرکز می‌شوند که عوامل تولید برای تولید آن کالا در کشور فراوان باشد.

<sup>1</sup> Chapagain and et al.

<sup>2</sup> Hoekstra and Hung

<sup>3</sup> Chapagain and Hoekstra

آب مجازی آب ذخیره شده در محصولات است، اما در تجارت آب مجازی، آب تنها عامل تعیین کننده در میزان واردات نیست. کشورها علاقه مندند در تجارت آب مجازی نیز از تمام مزایای یک تجارت برخوردار شوند. بنابراین یک کشور بایستی با در نظر گرفتن هزینه فرصت و ارزیابی مزیت نسبی کشور در تولید محصولات به تجارت آب مجازی پردازد. در نظر گرفتن منابع آب، زمین، نیروی کار و سرمایه می تواند ارزیابی مناسبی از مزیت نسبی یک کشور در تولید محصولی ارائه دهد. کشوری که با کمبود برخی از این عوامل مواجه است، تمرکز بر روی محصولات آب بر نمی تواند همه اهداف اقتصادی و اجتماعی این تجارت را تامین نماید. کشوری که با مازاد نیروی کار مواجه است، می تواند با توسعه صادرات محصولات کاربر و واردات کالاهایی که با کمبود عوامل تولید در آن ها مواجه است، مزایای استفاده از این تجارت را حداکثر کند. عوامل تولید رها شده در کشور را می توان به تولید سایر محصولات با هزینه فرصت پائین تر اختصاص داد یا این که با انجام سرمایه گذاری های اقتصادی جدید و متناسب با شرایط منطقه برای حداکثر کردن منافع اقتصادی و اجتماعی حاصل از آن کوشید. در تجارت درون کشوری آب مجازی می توان با استفاده از شبکه های مجازی آب بسیاری از نیازهای آبی و غذایی مناطق را مرتفع ساخت. با این طریق می توان بخشی از هزینه های کلان ساخت و توسعه زیرساخت ها را در راستای بهره برداری بهینه از فرصت های ایجاد شده و عوامل رها شده سرمایه گذاری نمود. افزایش تولید ناخالص داخلی، استفاده کارآمد از منابع طبیعی، توسعه رفاه اجتماعی و جهت دهی سیاست ها در راستای تامین نیازهای نسل آتی از مزایای این تجارت است (اردکانیان و سهرابی، ۱۳۸۵).

### ۱-۶- تجارت آب مجازی و امنیت غذایی

تعاریف زیادی از امنیت غذایی توسط افراد و نهادهای بین المللی مختلف ارائه شده است. به عنوان مثال بنابر تعریف ارائه شده توسط بانک جهانی، امنیت غذایی یعنی، دسترسی تمام انسان ها در هر زمان به غذای کافی برای داشتن زندگی سالم و فعال، که دسترسی به غذا و توانایی تولید آن، دو عنصر اصلی این تعریف است (چاپگین و همکاران، ۲۰۰۶). فائو امنیت غذایی را چنین