

مبانی نظری و کاربردی ارزش‌گذاری اقتصادی آب در مصارف کشاورزی

مبانی نظری و کاربردی ارزش‌گذاری اقتصادی آب در مصارف کشاورزی

پیشگفتار

امروزه نقش و اهمیت ضوابط، معیارها و استانداردها و آثار اقتصادی ناشی از به کارگیری مناسب و مستمر آنها در پیشرفت جوامع، تهیه و کاربرد آنها را ضروری و اجتناب ناپذیر ساخته است. نظر به وسعت دامنه علوم و فنون در جهان امروز، تهیه ضوابط، معیارها و استانداردها در هر زمینه به مجامع فنی - تخصصی واگذار شده است.

با در نظر گرفتن مراتب فوق و با توجه به شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، تهیه استاندارد در بخش آب و آبفا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و از این رو طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور برای نیل به این هدف، با مشخص کردن رشته‌های اصلی صنعت آب و آبفا اقدام به تشکیل مجامع علمی - تخصصی با عنوان کمیته‌های تخصصی نموده که نظارت بر تهیه این استانداردها را به عهده دارند.

استانداردهای صنعت آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین می‌گردد:

- استفاده از تخصص‌ها و تجارب کارشناسان و صاحب‌نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاه‌های اجرایی، سازمان‌ها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت

- ایجاد هماهنگی در مراحل تهیه، اجرا، بهره‌برداری و ارزشیابی طرح‌ها

- پرهیز از دوباره‌کاری‌ها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور

- توجه به اصول و موازین مورد عمل سازمان ملی استاندارد و سایر موسسات معتبر تهیه‌کننده استاندارد

طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور به منظور تسهیل در امر استفاده از استانداردها، تدوین و یا ترجمه نشریات و کتب تخصصی مرتبط با استانداردها را نیز در دستور کار خود داشته و نشریه حاضر در راستای نیل به این هدف تهیه شده است.

آگاهی از نظرات کارشناسان و صاحب‌نظرانی که فعالیت آنها به نوعی در ارتباط با تهیه استانداردهای صنعت آب و آبفا می‌باشد، موجب امتنان خواهد بود.

شایان ذکر است نشریه مذکور در سال ۱۳۹۰ تهیه شده است و در سال ۱۳۹۵ در قالب نشریه داخلی طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور تنظیم شده است.

تهیه و کنترل «مبانی نظری و کاربردی ارزش‌گذاری اقتصادی آب در مصارف کشاورزی»

[نشریه شماره ۱۶۶-ن]

مجری: شرکت مهندسی مشاور مه‌اب قدس

لیسانس اقتصاد کشاورزی	شرکت مهندسی مشاور مه‌اب قدس	مولفان اصلی: طیبه آریان
فوق‌لیسانس اقتصاد کشاورزی	شرکت مهندسی مشاور مه‌اب قدس	علیرضا قدیمی

اعضای گروه تهیه‌کننده:

لیسانس اقتصاد کشاورزی	شرکت مهندسی مشاور مه‌اب قدس	طیبه آریان
فوق‌لیسانس اقتصاد نظری	شرکت مهندسی مشاور مه‌اب قدس	زهرا زارع‌پور
فوق‌لیسانس اقتصاد کشاورزی	شرکت مهندسی مشاور مه‌اب قدس	علیرضا قدیمی
فوق‌لیسانس اقتصاد نظری	شرکت مهندسی مشاور مه‌اب قدس	مهدی محمدی

اعضای گروه نظارت:

لیسانس مهندسی آبیاری	شرکت مدیریت منابع آب ایران	علیرضا آراستی
دکترای اقتصاد کشاورزی	دانشگاه شیراز	غلامرضا سلطانی
فوق‌لیسانس مهندسی سازه‌های آبی	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور - وزارت نیرو	انسیه محرابی
فوق‌لیسانس اقتصاد کشاورزی	شرکت مدیریت منابع آب ایران	انوش نوری‌اسفندیاری

اعضای گروه تایید‌کننده (کمیته تخصصی آبیاری و زهکشی طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور):

کارشناس ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی	وزارت نیرو	سید اسداله اسداللهی
کارشناس ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی	وزارت جهاد کشاورزی	عبدالحسین بهنام‌زاده
کارشناس ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی	شرکت مهندسی مشاور مه‌اب قدس	محمدصادق جعفری
دکترای مهندسی آبیاری و زهکشی	وزارت نیرو	سیدمجتبی رضوی نبوی
کارشناس مهندسی عمران	شرکت پانیر	مهرداد زریاب
کارشناس ارشد مهندسی عمران و مهندسی آبیاری و زهکشی	شرکت مهندسین مشاور پندام	محمدکاظم سیاهی
کارشناس ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی	شرکت مهندسی مشاور پژوهاب	محمدحسن عبدالله شمشیرساز
کارشناس ارشد مهندسی سازه‌های آبی	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور - وزارت نیرو	انسیه محرابی

شرکت مهندسين مشاور آبيار نوآور دكترای مهندسی کشاورزی گرایش ترویج

احمد محسنی

صحرا

دكترای مهندسی منابع آب

دانشگاه تربیت مدرس

محمدجواد منعم

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۲	فصل اول - کلیات و تعاریف
۵	۱-۱- کلیات
۵	۲-۱- تمایل به پرداخت و تمایل به پذیرش
۶	۳-۱- دیدگاه مکاتب مختلف اقتصادی درباره ارزش اقتصادی
۹	فصل دوم - مبانی نظری ارزش گذاری اقتصادی آب در مصارف کشاورزی
۱۱	۱-۲- مازاد مصرف کننده و مازاد تولیدکننده
۱۲	۲-۲- ارزش کالاهای بازاری در مقابل کالاهای غیر بازاری
۱۴	۳-۲- ارزش گذاری اقتصادی منابع طبیعی
۱۵	۴-۲- مفاهیم اساسی رفاه برای ارزش گذاری آب
۱۵	۵-۲- خلاصه‌ای از نظریه بنگاه در تحلیل رفاه اقتصادی
۱۷	۶-۲- معیار اصلی رفاه تولیدکننده
۱۸	۷-۲- تعیین عوارض جانبی
۲۱	فصل سوم - روش‌های ارزش گذاری آب به‌عنوان نهاده تولید
۲۳	۱-۳- ارزش گذاری آب با روش‌های قیاسی
۲۳	۱-۱-۳- روش اصلی پسماند
۲۸	۲-۱-۳- روش تغییر در خالص سودهای اقتصادی
۲۹	۳-۱-۳- برنامه‌ریزی ریاضی
۳۶	۴-۱-۳- ارزش گذاری آب با مدل داده- ستانده
۳۷	۵-۱-۳- روش هزینه جایگزین
۳۸	۲-۳- ارزش گذاری با روش‌های استقرایی
۳۹	۱-۲-۳- استخراج توابع تولید و تقاضا
۴۱	۲-۲-۳- مشاهده مستقیم بازارهای آب
۴۲	۳-۲-۳- روش ارزش گذاری ضمنی
۴۵	فصل چهارم - مطالعات موردی ارزش گذاری آب در مصارف کشاورزی
۴۷	۱-۴- کلیات
۴۷	۲-۴- روش ارزش گذاری ضمنی

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۴۷	۴-۲-۱- مثال چالکیدیکی یونان
۵۰	۴-۲-۲- مثال مالهوور آمریکا
۵۲	۴-۲-۳- مثال سفره آب زیرزمینی اوگالالای آمریکا
۵۴	۴-۳- ارزش گذاری اقتصادی آب از طریق برآورد توابع تولید و هزینه
۵۴	۴-۳-۱- برآورد توابع تولید
۵۶	۴-۳-۲- توابع تولید آب - محصول در آزمایش‌ها میدانی کنترل شده
۵۸	۴-۳-۳- برآورد توابع هزینه
۵۸	۴-۴- روش برنامه‌ریزی ریاضی
۶۰	۴-۴-۱- مطالعه موردی سد بارزو (شیروان)
۶۵	۴-۴-۲- مطالعه موردی استان خراسان
۶۶	۴-۵- روش داده - ستانده
۶۷	۴-۶- روش محاسباتی تعادل عمومی (CCE)
۶۷	۴-۷- روش هزینه جایگزین
۶۹	فصل پنجم - خلاصه و جمع‌بندی
۷۳	پیوست ۱- انواع توابع تولید
۷۹	پیوست ۲- مبانی نظری و کاربردهای اقتصادسنجی
۱۱۱	پیوست ۳- برنامه‌ریزی ریاضی
۱۱۷	پیوست ۴- مبانی نظری مدل‌های محاسباتی تعادل عمومی (CGE)
۱۳۱	منابع و مراجع

فهرست جدول‌ها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۴۳	جدول ۳-۱- محاسبه ارزش آب با استفاده از تخمین‌های ارزش‌گذاری ضمنی
۴۹	جدول ۴-۱- تعریف و خلاصه آماری متغیرها در تخمین ارزش‌گذاری ضمنی
۴۹	جدول ۴-۲- تخمین‌های رگرسیون و آماره‌های عملکرد مدل
۵۰	جدول ۴-۳- ارزش آب در مصارف کشاورزی در چالکیدیکی (یورو)
۵۱	جدول ۴-۴- مدل ارزش‌گذاری ضمنی برای فروش زمین کشاورزی در دره تریجر
۵۱	جدول ۴-۵- ارزش آب آبیاری در دره تریجر (به دلار)
۵۳	جدول ۴-۶- تعریف متغیرهای مدل ارزش‌گذاری ضمنی
۵۳	جدول ۴-۷- تخمین ضرایب مدل ارزش‌گذاری ضمنی
۶۵	جدول ۴-۸- ارزش اقتصادی ماهانه در قالب دو فرض (واحد: ریال/مترمکعب)
۷۷	جدول ۱-۱- شکل و خصوصیات تعدادی از اشکال توابع
۱۲۹	جدول ۴-۱- حسابداری اجتماعی

فهرست نمودارها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۲	نمودار ۲-۱- مزاد تولیدکننده و مزاد مصرف‌کننده
۱۷	نمودار ۲-۲- منحنی ارزش تولید نهایی آب
۲۷	نمودار ۳-۱- استخراج روش پسماند از طریق تئوری سود اقتصادی
۱۲۱	نمودار ۴-۱- الگوی چرخشی درآمد - مخارج اقتصاد
۱۲۵	نمودار ۴-۲- اجزای مدل تعادل عمومی

مقدمه

با توجه به این که مقوله ارزش و ارزش گذاری اقتصادی از مباحث پیچیده علم اقتصاد می باشد، از این رو در راستای تهیه راهنمایی برای ارزش گذاری اقتصادی آب در مصارف کشاورزی ضروری به نظر رسید که علاوه بر بیان انواع روش ها و فرآیند کلی آن ها در راهنما که مخاطب آن طیف گسترده ای از افراد علاقمند به موضوع است، مبانی نظری و کاربردی این کار در نشریه جداگانه ای برای تیم های اقتصادی که قصد تعیین ارزش با روش های پیچیده و علمی را دارند تهیه گردد تا علاوه بر مرور یا شناخت مباحث نظری ارزش گذاری با مثال های کاربردی آن نیز آشنا شده و بخشی از کار ارزش گذاری که آشنایی با ادبیات موجود از لحاظ نظری و کاربردی است در این نشریه آورده شود. این نشریه از پنج فصل تشکیل شده است. فصل اول به بیان کلیات و تعاریف ارزش می پردازد. فصل دوم مبانی نظری ارزش گذاری اقتصادی آب در مصارف کشاورزی را تشریح می کند. فصل سوم به بیان انواع روش های ارزش گذاری آب به عنوان نهاده تولید پرداخته است. فصل چهارم نیز از هر کدام از روش های عنوان شده در فصل قبل مثال هایی کاربردی را بازگو می کند. فصل آخر نیز مطالب را خلاصه و جمع بندی می کند. این نشریه همچنین دارای چهار پیوست است که در پیوست اول انواع توابع تولید، در پیوست دوم مبانی نظری و کاربردی اقتصادسنجی، در پیوست سوم، مفهوم برنامه ریزی ریاضی و در پیوست آخر اجزای مدل تعادل عمومی به اختصار بیان شده است.

فصل ۱

کلیات و تعاریف

۱-۱- کلیات

تعریف اقتصادی ارزش ریشه در این عقیده دارد که بسیاری از منابع کمیاب هستند. این بدان معناست که تقاضا برای این منابع بستگی زیادی به میزان دسترسی به آنها دارد. هرگز مقدار کافی از آب یا زمین یا نیروی کار برای رسیدن افراد به تمامی خواسته‌های آنها وجود ندارد. به علت کمیابی منابع، لازم است تا در مورد چگونگی استفاده اجتماع از منابع در دسترس تصمیماتی گرفته شود. این انتخاب‌ها اغلب بر پایه تبادلات ترکیبی قرار دارند، بنابراین ارزش و میزان آن از چگونگی تصمیمات مجموعه افراد و اجتماع به منظور تخصیص این منابع آشکار می‌شود.

مفهوم اقتصادی ارزش، ریشه در اقتصاد رفاه دارد. علم اقتصاد رفاه، تعیین می‌کند که منابع در دسترس، چگونه به بهترین شکل در جهت اعتلای رفاه انسان مورد استفاده قرار گیرند. این علم در جستجوی تخصیص بهینه کل منابع پایه (شامل نیروی کار، سرمایه، زمین و غیره) در میان استفاده‌کنندگان و مصارف بالقوه به منظور برطرف کردن نیازهای افراد و یا گروه‌ها است. افراد به منظور ارتقای رفاه اقتصادی خود به منابع مادی و برای پایداری رفاه فیزیکی خود به محیط زیست سالم و به منظور پایداری رفاه ذهنی خود به رضایتمندی روانی نیاز دارند (جیمز و لی، ۱۹۷۱). فرضیه بنیادین اقتصاد رفاه بر حداکثر کردن کیفیت زندگی (رفاه) افراد جامعه و این‌که هر فرد بهترین قاضی در مورد رفاه خود است، استوار می‌باشد.

رهیافت اقتصادی تنها راه برای تعیین ارزش منابع طبیعی و زیست‌محیطی نیست. تفاوت اساسی بین رهیافت اقتصادی و سایر زمینه‌ها از جمله اکولوژی که از واژه ارزش استفاده می‌کنند، این است که علم اقتصاد بر ترجیحات انسان تاکید می‌کند. تخریب یک اکوسیستم منجر به استفاده کم‌تر موجودات زنده از آن می‌شود. یک اکولوژیست ممکن است اکوسیستم تخریب شده را کم‌ارزش‌تر از یک اکوسیستم تخریب نشده برای موجودات زنده ارزیابی کند. اما در بیان اقتصادی، یک محیط آلوده کم‌ارزش‌تر از یک محیط غیرآلوده است اگر و فقط اگر تعدادی از افراد جامعه محیط غیرآلوده را به محیط آلوده ترجیح دهند (کینی، ۱۹۹۲). اگر برای هیچکس اهمیت نداشته باشد که تعداد کم‌تری از موجودات زنده در محیط آلوده زندگی می‌کنند، بنابراین هیچ تفاوتی میان ارزش اقتصادی دو محیط وجود ندارد. البته عموماً تعدادی از افراد جامعه ترجیح خود را نسبت به محیطی که کم‌تر آلوده شده است نشان می‌دهند، از این‌رو محیط سالم همواره دارای ارزش اقتصادی بیش‌تری است.

۱-۲- تمایل به پرداخت^۱ و تمایل به پذیرش^۲

هنگامی که استفاده‌کنندگان از منابع مایل باشند تا در مقابل استفاده از آنها بهایی (پولی) را پرداخت کنند، منابع دارای ارزش اقتصادی هستند. این امر حاکی از آن است که وقتی منابع کمیابند، دارای ارزش اقتصادی هستند. ارزش

1- Willingness to Pay (WTP)

2- Willingness to Accept Compensation (WTA)

اقتصادی مقدار معینی از کالاها و خدمات عبارت است از حداکثر مقداری که فرد تمایل دارد تا از سایر کالاها و خدمات صرف‌نظر کند تا به کالاهای مورد نظر دست یابد. تبادل میان مردم هنگامی که آن‌ها مقدار کم‌تری را از یک کالا و مقدار بیش‌تری را از کالای دیگر انتخاب می‌کنند، علایمی را در مورد ارزش‌هایی که آن‌ها برای کالاها قایلند، آشکار می‌کند. واحدهای ارزش را که بر اساس قابلیت جانشینی کالاها تعریف می‌شوند، می‌توان به دو صورت تمایل به پرداخت افراد برای یک تغییر سودمند و یا تمایل به پذیرش برای زیان وارده از تغییر، بیان کرد. تمایل به پرداخت و تمایل به پذیرش واحدهای بنیادی ارزش هستند که می‌توان آن‌ها را بر اساس هر کالای دیگری نیز که فرد تمایل داشته باشد با کالای مورد نظر مبادله کند، تعریف نمود. اگرچه معمولاً «پول» به عنوان شاخص نسبت مبادله مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ اما می‌توان تمایل به پرداخت و تمایل به پذیرش را بر اساس سایر کالاهایی که برای فرد اهمیت دارد، نیز اندازه‌گیری کرد. تمایل به پرداخت، حداکثر مجموع پولی است که فرد تمایل دارد به منظور افزایش در مصرف کالاها و خدماتی چون محیط زیست سالم و زیبا بپردازد. یا به عبارت دیگر مقدار پولی است که فرد را بین دو وضعیت «پرداخت برای کالا و بهره‌مندی از آن» و «عدم بهره‌مندی از آن و در اختیار داشتن آن پول جهت پرداخت برای سایر کالاها و خدمات» در شرایط بی‌تفاوتی قرار می‌دهد. تمایل به پذیرش حداقل مجموع پولی است که فرد حاضر است دریافت نماید تا در ازای آن از مصرف کالاها و خدمات معینی صرف‌نظر نماید. به عبارت دیگر تمایل به پذیرش مقداری است که فرد را بین دو وضعیت «نگهداری دارایی» و یا «از دست دادن آن و دریافت گرامت پولی آن» در شرایط بی‌تفاوتی قرار می‌دهد.

۱-۳- دیدگاه مکاتب مختلف اقتصادی درباره ارزش اقتصادی

علاوه بر این که تفاوت‌هایی در مباحث ارزش بین اقتصاددانان و سایرین مانند جامعه‌شناسان، اکولوژیست‌ها و ... وجود دارد، حتی همه اقتصاددانان نیز در مورد به کارگیری علم اقتصاد در موضوعات پژوهشی و سیاست‌گذاری ارزش هم‌صدا نیستند. به صورت کلی همان‌گونه که ایدئولوژی‌های متفاوتی در زمینه نقش بخش خصوصی و دولت در مدیریت منابع طبیعی و زیست‌محیطی مطرح است، طیف وسیعی از دیدگاه‌های مختلف در روش‌شناسی مطالعات مربوط به اقتصاد منابع وجود دارد. این دیدگاه‌ها در مورد شکل استفاده و محدودیت‌های اقتصاد به عنوان یک ابزار سیاسی کاملاً متفاوت هستند.

اقتصاددانان نئوکلاسیک^۱، در زمینه اقتصاد خرد غالباً بر توضیح رفتار قیمت‌ها و تخصیص منابع در اقتصاد بازار تمرکز دارند. کارایی اقتصادی، اصلی‌ترین هدف هر جامعه است. هنگامی که ساختار بازار به گونه‌ای است که عملکرد مناسبی ندارد، اقتصاددانان نئوکلاسیکی با به کارگیری ابزارها و مفاهیم خود سعی در تبیین شرایط و تجویز راهکارهایی برای بهبود وضعیت موجود دارند. در این راستا استفاده از ارزش‌گذاری غیربازاری به منظور تحلیل‌های سیاست‌گذاری روش

دلخواه آنان است. اما سایر مکاتب اقتصادی علاوه بر توجه به اصول فوق به تعامل با موضوعات منابع طبیعی و محیطی نیز اهمیت می‌دهند (یونگ، ۲۰۰۵).

از سوی دیگر، مکاتب فکری اقتصادی دیگر از قبیل نهادگرایان^۱ قرار دارند که در بین آنها نیز دسته‌بندی‌های مختلفی قرار داشته و نگاه آنان به ارزش اقتصادی متفاوت از نگاه نئوکلاسیک‌ها با تاکید بر بازار است. البته نگاه نونهادگرایان آمریکایی از قبیل نورث، ویلیامسون و کوز با تکیه بر بازار شروع شده و نهادها به‌عنوان محدودیت‌هایی بر بازار تلقی می‌گردند. اما نهادگرایان قدیمی از قبیل کامانز، ولبن و میشل بازار را نیز به‌عنوان یک نهاد دانسته و آن را نقطه شروع تحلیل خود قرار ندادند. بر اساس چنین دیدگاهی ارزش‌های اقتصادی خود حاصل باورها، عرف‌ها و عادت‌ها است. ارزش‌گذاری اقتصادی با این دیدگاه ممکن است اهدافی غیر از کارایی اقتصادی از قبیل توزیع درآمد را وارد تحلیل کنند. در انتهای دیگر طیف، فردگرایان^۲ یا مکتب اتریشی^۳ قرار دارند. آنها برای آزادی‌های فردی به همان اندازه کارایی اقتصادی اهمیت قایلند. فردگرایان بر تمرکززدایی، حقوق مالکیت و ساختار بازار در حل و فصل مسایل مربوط به آب تاکید دارند.

اقتصاددانان اکولوژیست^۴، شاخه‌ای از اقتصاددانان هستند که پیوسته بر طرفداران آنها اضافه می‌شود. این مکتب با افزایش توجه جهانیان به مسایل و مشکلات زیست‌محیطی، در اواخر دهه ۷۰ به وجود آمد. نکته اصلی در این حرکت این است که به دلیل محدودیت‌های زیست‌محیطی کره زمین و ظرفیت محدود بیوفیزیکی، در آینده رشد اقتصاد جهانی توان پیشرفت با این سرعت را ندارد. این گروه از اقتصاددانان به شدت نسبت به تخصیص بالقوه منابع در سیستم بازار و نوآوری‌ها در فن‌آوری و تعامل آن با مسایل بلندمدت زیست‌محیطی تردید داشته و حتی بدبین هستند. آنها علاوه بر تاکید بر حداکثر رشد اقتصادی به عنوان اصلی‌ترین هدف اجتماع برای «پایداری»^۵ یا «توسعه‌ای که با برآوردن نیازهای فعلی بدون فدا کردن توان نسل آینده برای برآوردن نیازهای خود» (کمسیون جهانی توسعه و محیط زیست، ۱۹۸۷) نیز اهمیت بسیار قایلند.

وجود این مسایل و بالا گرفتن این مباحث، موجب بازاندیشی پیوسته در ادراک ما از اقتصاد می‌شود؛ اگرچه هیچ‌یک از پارادایم‌های غیر نئوکلاسیکی، روش و الگوی مشخصی برای ارزش‌گذاری زیست‌محیطی غیربازاری ارائه نمی‌کند. به همین دلیل در حال حاضر، چاره‌ای جز انتخاب چارچوب و روش نئوکلاسیکی برای تحلیل کمی وجود ندارد. در همین راستا مبانی نظری و کاربردی حاضر در چارچوب دیدگاه نئوکلاسیکی تدوین می‌شود. اما در مواقع لازم، ضرورت توجه به مسایل مورد نظر در سایر دیدگاه‌ها نیز عنوان می‌گردد.

-
- 1- Institutionalists
 - 2- Individualists
 - 3- Austrians
 - 4- Ecological Economists
 - 5- Sustainability
 - 6- World Commission on Environment and Development

فصل ۲

مبانی نظری ارزش‌گذاری اقتصادی

آب در مصارف کشاورزی

۲-۱- مازاد مصرف کننده^۱ و مازاد تولید کننده^۲

در زمینه اندازه گیری رضایت مندی عمومی که اجتماع به عنوان یک کل از کالاها و خدمات به دست می آورد، اقتصاددانان عموماً از مفهوم مازاد مصرف کننده و مازاد تولید کننده جهت برآورد تقریبی منفعت خالص آن‌ها استفاده می کنند. هنگامی که یک کالا در یک بازار کاملاً رقابتی مبادله می شود، قیمت بازاری آن مبلغی را نشان می دهد که مصرف کننده برای آخرین واحد کالای فروخته شده پرداخت کرده است. قیمت بازاری، از تعادل میان عرضه و تقاضا به دست می آید. به عبارت دیگر قیمت و مقدار مربوط به سطحی هستند که در آن تمایل به پرداخت مصرف کننده برای آخرین واحد تولید برابر با هزینه تولید آن واحد است. ضمناً برای کل واحدهای قبلی فروخته شده، تمایل به پرداخت نهایی مصرف کننده برای هر واحد کالا از قیمت بازار بیش تر است. به منظور درک بهتر مفاهیم مازاد مصرف کننده و تولید کننده لازم است تا منحنی های عرضه و تقاضا مورد توجه قرار گیرند. یک منحنی عرضه رابطه میان مقدار کالاها و یا خدمات تولید کننده را با قیمت (که در بازار رقابتی برابر هزینه نهایی است) نشان می دهد. تولید واحدهای بیش تر منجر به افزایش هزینه نهایی می شود و تولید کننده واحدهای بیش تر را فقط در مقابل قیمت های بالاتر تولید می کند. بنابراین شیب منحنی عرضه در کوتاه مدت، صعودی است. منحنی عرضه یک صنعت از مجموع منحنی های عرضه بنگاه ها حاصل می شود.

منحنی تقاضا رابطه میان فایده نهایی^۳ را با مقدار یک کالا برای یک مصرف کننده و یا گروهی از مصرف کنندگان نشان می دهد. این منحنی مقادیر پولی را که مصرف کننده مایل است برای به دست آوردن مقادیر مختلف کالا پردازد، نشان می دهد. هنگامی که تعداد واحدهایی که به مصرف کننده پیشنهاد می شود افزایش یابد، تمایل به پرداخت مصرف کننده برای واحد نهایی کاهش می یابد. این اصل نزولی بودن مطلوبیت نهایی^۴ به نام قانون نزولی بودن شیب منحنی تقاضا^۵ نیز معروف است.

شیب نزولی منحنی تقاضا، منعکس کننده این حقیقت است که ارزش نهایی کالا با افزایش واحدهای تقاضا شده کاهش می یابد. منحنی تقاضا برای همه مصرف کنندگان از جمع افقی منحنی های تقاضای افراد تشکیل می شود. منحنی تقاضا تمایل به پرداخت نهایی برای مقادیر مختلف را نشان می دهد.

«قیمت تعادلی بازار»^۶ برای یک کالا قیمتی است که عرضه و تقاضای آن کالادر آن قیمت به تعادل می رسند. این قیمت از تلاقی دو منحنی عرضه و تقاضا حاصل می شود. برای همه واحدهای کالا که قبل از نقطه تعادل قرار دارند، هزینه نهایی تولید برای تولید کننده کم تر از قیمت بازار است.

1- Consumer Surplus

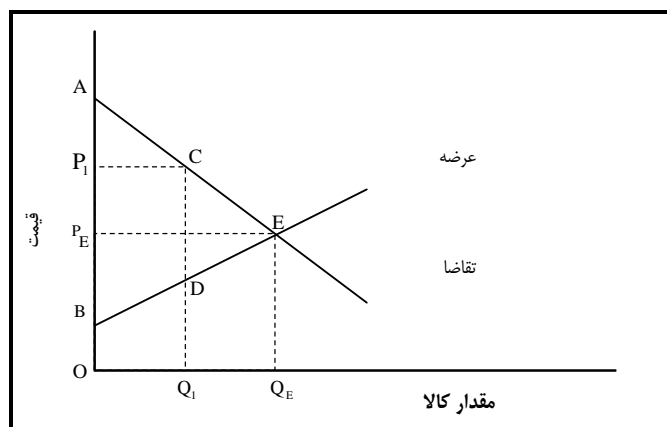
2- Producer Surplus

3- Marginal Benefit

4- Principle of Diminishing Returns

5- The Law of Downward-Sloping Demand

6- Market-Clearing Price



نمودار ۱-۲- مازاد تولیدکننده و مازاد مصرف‌کننده

تفاوت بین قیمتی که مصرف‌کننده مایل به پرداخت است با قیمتی که در واقع می‌پردازد، مازاد مصرف‌کننده نام دارد. مازاد مصرف‌کننده ارزش آن را برای مصرف‌کننده بر حسب خالص تمایل به پرداخت بیان می‌کند که با سطح زیر منحنی تقاضا که با خط قیمت محدود شده است، نشان داده می‌شود. رهیافت مازاد مصرف‌کننده، هنگامی برای ارزش‌گذاری مفید است که بتوان منحنی تقاضا را تخمین زد. علاوه بر این، مازاد مصرف‌کننده بنیان نظری بسیاری از رهیافت‌های ارزش‌گذاری غیربازاری را تشکیل می‌دهد (آگودلو، ۲۰۰۱). در نمودار (۱-۲) مازاد مصرف‌کننده در شرایط تعادلی، سطح AP_EE است. اگر قیمت و تقاضا در نقطه تعادل قرار نداشته باشند، برای تغییر متناظر P_1 و Q_1 مازاد مصرف‌کننده با سطح AP_1C نشان داده می‌شود. مازاد مقداری که تولیدکننده بیش‌تر از کل هزینه تولید محصول فروخته شده دریافت می‌کند، مازاد تولیدکننده یا سود اقتصادی^۱ نام دارد. این، ارزش سود خالص یا ارزش تولید محصول را برای تولیدکننده نشان می‌دهد که با سطح بالای منحنی عرضه که با خط قیمت محدود شده است، نشان داده می‌شود. مازاد تولیدکننده در نقطه تعادل با سطح BP_EE و در شرایط غیر تعادلی با BP_1CD نشان داده شده است. مجموع مازاد مصرف‌کننده و تولیدکننده تقریب مناسبی از منفعت اجتماعی خالص کالاها و خدمات را نشان می‌دهد. در نمودار (۱-۲) مجموع مازاد مصرف‌کننده و تولیدکننده در شرایط تعادلی با سطح ABE و در شرایط غیرتعادلی با سطح $ABDC$ نشان داده شده است. در نقطه تعادل (در مورد بازار رقابت کامل) مجموع مازاد مصرف‌کننده و تولیدکننده در وضعیت بهینه قرار دارد.

۲-۲- ارزش کالاهای بازاری در مقابل کالاهای غیر بازاری

قیمت بازاری، آشکارترین نشانه ارزش پولی کالاها است. ایجاد ارتباط بین قیمت بازاری کالا و ارزش آن براساس تمایل به پرداخت می‌تواند همراه‌کننده باشد، چرا که قیمت بازاری، برآورد پایینی از کل ارزش کالا برای هر فرد (کل

رضایت به پرداخت هر فرد) است و کل هزینه بازار برای هر کالا برآورد پایینی از ارزش ناخالص آن برای مصرف کننده را نشان می دهد.

برای کالاهای غیربازاری (کالاهایی که قیمت بازاری ندارند) نیز همان اصل ارزش اقتصادی به کار می رود. برای مثال لیپتون^۱ و دیگران (۱۹۹۵) موردی را در نظر گرفتند که در آن ماهیگیری که به صورت تفریحی ماهیگیری می کند، رضایت دارد که ۳۰ دلار برای استفاده از یک مکان ماهیگیری خاص بپردازد. اما تنها ۲۰ دلار برای مسافرت و هزینه های مربوط به آن صرف می کند. خالص ارزش اقتصادی یا فایده خالص برای ماهیگیر از یک روز ماهیگیری برابر هزینه ۲۰ دلاری نیست، بلکه اختلاف ۱۰ دلاری است بین آنچه که ماهیگیر حاضر است پرداخت کند و آنچه که او واقعا می پردازد. زیرا اگر به واسطه انجام یک پروژه، همه فرصت های ماهیگیری در مکان مورد نظر از بین برود، مطلوبیتی را که ماهیگیر در آنجا از دست می دهد برابر با ۱۰ دلار فایده خالص در روز است. روزانه ۲۰ دلار که ماهیگیر برای حضور در مکان ماهیگیری صرف می کرد، قابل استفاده در جای دیگر است. برخی در مورد این مثال چنین استدلال می کنند که جامعه ۳۰ دلار برای هر ماهیگیر در هر روز از دست می دهد. بهر حال، بایستی درک شود که ماهیگیر جزئی از جامعه است و پولش را برای سرمایه گذاری در جای دیگر نگه می دارد. ده دلاری که ماهیگیر از دست می دهد با توجه به سطح شخصی اش از رضایت یا مطلوبیت از آن مکان خاص تعیین می گردد، یعنی آنچه که کاملا به خواسته های شخصی وی بستگی دارد (کینی، ۱۹۹۲).

وقتی که تحلیل هزینه - فایده در دهه ۱۹۳۰ آغاز شد، ارزش گذاری اقتصادی عموماً بر مبنای قیمت های بازار صورت می گرفت. دو پیشرفت این امر را تغییر داد، اولین پیشرفت ناشی از این شناخت بود که ملاک رفاه برابر با حداکثرسازی کل مازاد مصرف کننده به علاوه تولیدکننده است. در حالی که قیمت بازاری می تواند برای ارزش گذاری تغییرات نهایی در کالاهای بازاری به کار رود، اثر تغییرات غیرنهایی^۲ با تغییر در نواحی زیر منحنی های عرضه و تقاضا اندازه گیری می شود. پیشرفت دوم، تئوری کالاهای عمومی ساموئلسون بود که نشان می داد ارزش کالاهای عمومی بایستی از طریق مجموع منحنی های تقاضای افراد محاسبه شود. پس از آن زمان تمرکز از ارزش گذاری بر مبنای قیمت های بازار به سمت توابع عرضه و تقاضا به عنوان ذخایر ارزش سوق یافت. از آنجا که توابع تقاضا روابط رفتاری هستند، پیامد این تغییر الگو منجر به انتقال حوزه علم اقتصاد از مطالعه بازارها به مطالعه ترجیحات انسان ها گردید. با این وجود، چون بازار جایی است که جامعه، ترجیحات نسبی خود را در پایه پولی بیان می کند لذا مبادلات بازار می تواند برای استنتاج ترجیحات و ارزش های اقتصادی به کار رود. همچنین کالاهای غیر بازاری می تواند گاهی بر مبنای اطلاعات بازاری برای کالاهای مربوط به آنها ارزش گذاری شود (برای مثال ارزش مکان تفریحی می تواند با هزینه های مسافرت در موارد سوخت، اقامت، غذا و غیره تخمین زده شود).

1- Lipton

2- Non - Marginal Changes

۲-۳- ارزش‌گذاری اقتصادی منابع طبیعی

امروزه در نظر گرفتن سیستم‌های محیطی به‌صورت دارایی‌های اقتصادی که کالاها و خدمات را فراهم می‌کند، روشی قابل قبول در اقتصاد محیط زیست است. وقتی محیط به‌صورت دارایی در نظر گرفته می‌شود، ارزش اقتصادی یک سیستم منابع طبیعی برابر مجموع ارزش فعلی جریان‌های تمامی کالاها و خدماتی است که توسط این سیستم ایجاد می‌شود. از آنجا که بسیاری از این کالاها و خدمات در بازار مبادله نمی‌شوند، ارزش اقتصادی دارایی طبیعی غالباً بالاتر از قیمت بازاری آن است. برای مثال، ارزش خدمات تالاب از قبیل حیات‌وحش، کنترل سیلاب و غیره می‌تواند به شکل قابل ملاحظه‌ای بالاتر از ارزش تالاب برای اهداف تجاری یا مسکونی باشد.

به گفته راندال^۱ (۱۹۸۶) مشکل ارزش‌گذاری، زمانی پدیدار می‌شود که کسی بخواهد بهره‌وری اقتصادی محیط موجود را با بهره‌وری‌ای که با کاربری پیشنهادی برای اصلاح آن حاصل می‌شود، مقایسه کند (بلاگ، ۱۹۹۷). به بیان یونگ^۲ (۱۹۹۶) ارزش اقتصادی منبع طبیعی با جمع‌بندی رضایت استفاده‌کنندگان برای پرداخت کالاها و خدمات ناشی از منبع به‌دست می‌آید. تمایل به پرداخت یک ملاک پولی از میزان ترجیحات فردی است. بنابراین، ارزش‌گذاری اقتصادی (منابع طبیعی) فرآیند ابراز ترجیحات برای اثرات سودمند یا ترجیحات در مقابل اثرات مخالف سیاست‌ها، در بیان پولی است. در تخمین ارزش اقتصادی منابع طبیعی، اقتصاددانان می‌کوشند تا به سوال زیر پاسخ دهند:

– استفاده‌کنندگان از اجرای طرحی که سبب افزایش (بهبود) کیفیت یک منبع یا خدمت زیست‌محیطی شده و رفاه آن‌ها را افزایش می‌دهد، چه مبلغی را حاضرند بپردازند؟

فایده از آنچه که مطلوبیت تولید می‌کند یا نامطلوبی را کاهش دهد، ناشی می‌شود و به همین صورت هزینه ناشی از کاهش در عوامل ایجادکننده مطلوبیت یا افزایش در عوامل نامطلوب است. در زمینه ارزش‌گذاری منابع طبیعی، تمام عواملی که مطلوبیت را افزایش یا کاهش می‌دهند، در بازار مبادله نمی‌شود. بنابراین، ارزش‌گذاری غیربازاری به این دلیل ضروری است که نتایج تحلیل هزینه – فایده تنها با اقلام مبادله شده تجاری صورت نگیرد و ارزش‌های مربوط به کالاها، خدمات و تسهیلات غیر بازاری در فرآیند تصمیمات سیاست‌گذاری نیز مورد توجه قرار گیرند.

فریمن^۳ (۱۹۹۳) معتقد است که برخی مردم ممکن است به تلاش‌های اقتصاددانان برای گسترش اندازه‌گیری‌های اقتصادی به مواردی از قبیل سلامتی و ایمنی انسان، محیط طبیعی و مسایل زیبایی شناختی علاقمند نباشند و متغیرها را تا حد امکان برای تناسب با ملاک‌های پولی کاهش دهند. با وجودی که مقداری شکاکیت درباره میل اقتصاددانان برای اندازه‌گیری‌های پولی، خوب و لازم است، اما ناپیوستگی بیش از حد باشد. جامعه همواره مجبور به مصالحه بین دادن چیزی برای رسیدن به چیز دیگر است. مساله این است که چطور چنین انتخابی صورت گیرد و چه اطلاعاتی برای انجام این انتخاب لازم است.

1- Randall
2- Young
3- Freeman

در جوامع دموکراتیک، هر چه تصمیم گیران بیش تر درگیر انتخاب و ارزش باشند و اطلاعات بیش تری درباره نتایج انتخاب هایشان داشته باشند، احتمال دارد انتخاب های بهتری انجام دهند. با این حال، نکته قابل توجه این است که (با وجود این که در اقتصاد، متداول است که فرض می کنند که اگر قیمت ها اجازه دهند هر شخص هر چیزی را مبادله می کند) هر چیزی نمی تواند مبادله شود، به عنوان مثال بسیاری مردم وجود دارند که با معیارهای مذهبی، اخلاقی یا شخصی زندگی می کنند و آنرا با هیچ قیمتی عوض نمی کنند. در همان زمان، ممکن است مبادله چنین استانداردهایی در حیطه تصمیم گیری عمومی امکان پذیر باشد و برخی ارزش ها در فرآیند خدمت به دیگران فدا شود. ضمنا فریمن (۱۹۸۶) در جای دیگری گفته است که چالش تیوری ارزش گذاری نئوکلاسیک، پیدا کردن راهی برای ترکیب این اعتقادات در جهت معیارهای ارزش اقتصادی است.

۲-۴- مفاهیم اساسی رفاه برای ارزش گذاری آب

تولید هر کالا و خدماتی نیاز به ترکیبی از منابع و نهاده ها از جمله مواد اولیه، تجهیزات، نیروی کار، مدیریت، سرمایه و زمین دارد. هر یک از این نهاده ها در ایجاد ارزش کل محصول سهم دارند. برآورد منافع یا ارزش اقتصادی یک نهاده قیمت گذاری نشده مانند آب، مستلزم جداسازی سهم آب در تولید ارزش کل برای محصول از سهم سایر نهاده های تولیدی است که در جریان تولید وارد می شوند. تیوری تولید و بنگاه، برای نهاده هایی از قبیل آب کشاورزی یا صنعتی، اساس تیوریکی برای ارزش گذاری رفاه اقتصادی را فراهم می کند. تیوری سود اقتصادی نیز در یک بیان عمومی و واقعی تر در این ارزش گذاری وارد می شود. همان طور که جاست و همکاران (۱۹۸۲) بیان داشته اند، سنجش رفاه تولیدکننده به پاسخ این سوال کمک می کند که آیا درآمد تولیدکننده از تغییر در قیمت یا کیفیت نهاده یا ستانده، بهتر می شود و در صورتی که بهتر می شود به چه میزان است؟ مساله اصلی در آغاز این راه، تیوری بنگاه از دیدگاه اقتصاد خرد است.

۲-۵- خلاصه ای از نظریه بنگاه در تحلیل رفاه اقتصادی

در تیوری عرضه در اقتصاد خرد، بنگاه واحد اصلی تصمیم گیری در بخش تولید است. بنگاه به عنوان یک شخصیت حقوقی (از قبیل تک مالکی، شراکتی و سهامی) مالک بعضی از نهاده ها (که عوامل تولید نیز خوانده می شوند) بوده و بقیه نهاده های مورد نیاز را خریداری کرده و این نهاده ها را به شکل ستانده (کالا و خدمات) تبدیل می کند. تابع تولید رابطه ای است که حداکثر تولیدی که با تمام ترکیبات ممکن نهاده های معین در سطح مشخصی از دانش فنی به دست می آید را نشان می دهد. رفتار بنگاه ممکن است به روش های مختلفی توصیف شود، اما در اینجا، تمرکز بر حداکثرسازی سود یا حداقل سازی هزینه است. بنگاه به عنوان ترکیب کننده نهاده ها بر اساس یکی از این معیارها (یا معیارهای دیگر) برای تولید کالاهای واسطه یا نهایی یا هر دو، شناخته می شود. این مدل بنگاه توضیح می دهد که چگونه تغییر در سطح دسترسی به منابع و قیمت های نسبی آن، میزان تولید و توزیع درآمدهای عوامل تولید را تحت تاثیر قرار می دهد.

اکنون به ایجاد معیاری مناسب برای بررسی تغییر رفاه در نتیجه تغییر در یک نهاد پرداخته می‌شود. یک بنگاه حداکثرکننده سود که از تعدادی نهاد متغیر دارای قیمت برای تولید یک کالا استفاده می‌کند را در نظر بگیرید. اگر محصول Y و قیمت آن P_Y باشد و بردار نهاده‌های متغیر X بوده و P_X قیمت این نهاده‌ها را نشان دهد و K عامل ثابت و P_K نیز قیمت آن باشد، تحت این فرض که بنگاه با کشش کامل عرضه برای عوامل تولید و کشش کامل تقاضا برای محصول خود روبرو است به گونه‌ای که قیمت‌ها شناخته شده و ثابت هستند، تابع تولید بنگاه برابر است با:

$$Y = Y(X, K) \quad (1-2)$$

تابع رفاه (یا سود) $\Pi(0)$ این بنگاه عبارت است از:

$$\Pi(P_Y, P_X, P_K, K) = P_Y \cdot Y(X, W, K) - P_X \cdot X(P_Y, P_X) - P_K \cdot K \quad (2-2)$$

که در آن $Y = Y(X, K)$ محصول بوده و $P_Y \cdot K(X, K)$ ارزش کل تولید (TV) است. فرض می‌شود که تابع تولید $Y = Y(X, K)$ دارای مشتق درجه دوم است. هزینه‌های ثابت، هزینه‌هایی هستند که حتی هنگامی که بنگاه در حال بهره‌برداری نباشد نیز وجود دارند. بنابراین تابع (۲-۲) بیان می‌کند که سود برابر است با تفاضل درآمدها از هزینه‌های ثابت و متغیر. شرایط برای حل مساله حداکثرسازی برابر است با:

$$\frac{\partial \Pi(0)}{\partial x_j} = \frac{P_Y \partial Y(X, K)}{\partial X_j} = P_{x_j} \quad (3-2) \quad \text{برای هر نهاد } j$$

عبارت $\frac{\partial Y(X, K)}{\partial X_j}$ ، تولید نهایی و کل عبارت $\frac{P_Y \partial Y(X, K)}{\partial X_j}$ که شامل قیمت محصول نیز است، ارزش تولید نهایی

نهاد (VMP)^۱ نامیده می‌شود. رابطه (۳-۲) بیان می‌کند که در سطح بیشینه سود، ارزش تولید نهایی نهاد برابر قیمت آن نهاد خواهد بود.

تحلیل رفاه تصمیمات تولیدکننده براساس مدلی است که در آن یک یا چند نهاد ثابت فرض می‌شوند و در اصل بر مبنای مفهوم مازاد تولیدکننده استوار است. مازاد تولیدکننده، $P_Y Y - P_X X$ است که ممکن است «شبه سود اقتصادی» نیز نامیده شود. تغییر در رفاه تولیدکننده از تغییر در مازاد تولیدکننده در اثر تغییر در یک عنصر تابع رفاه به دست می‌آید. این عناصر که ممکن است در نتیجه سیاست‌های عمومی تغییر نمایند، می‌توانند قیمت نهاد یا محصول یا مقدار یا کیفیت نهاد یا تکنولوژی باشند. در اینجا عمدتاً سنجش تغییر رفاه، در اثر تغییر کمیت یا کیفیت یک نهاد است.

تئوری اقتصاد رفاه در اینجا از یک مدل کاملاً انتزاعی بنگاه استفاده می‌کند به گونه‌ای که بهینه‌سازی را به یک تابع شناخته شده تولید و قیمت‌های معین و مشخص نهاده‌ها و ستانده‌ها مشروط می‌کند. گزینه‌های دیگر برای این الگوی اولیه با اتکا بر تشریح واقعی‌تر فعالیت‌های انسانی در بنگاه و نقش تئوری سازمانی در درک رفتار بنگاه ظهور پیدا کرده است. در این ادبیات، رفتار بنگاه به عنوان یک پاسخ در رابطه با مساله سازگاری فعالیت‌های تولیدی برای برآورده ساختن تغییر پیوسته اما ناقص شرایط پیش‌بینی شده قلمداد می‌شود. این مدل بر نقش هزینه‌های معاملاتی موجود در این قبیل تعدیل‌ها و تقویت قراردادهای منعقد با پیمانکاران برای ارایه خدمات به بنگاه تاکید دارد.

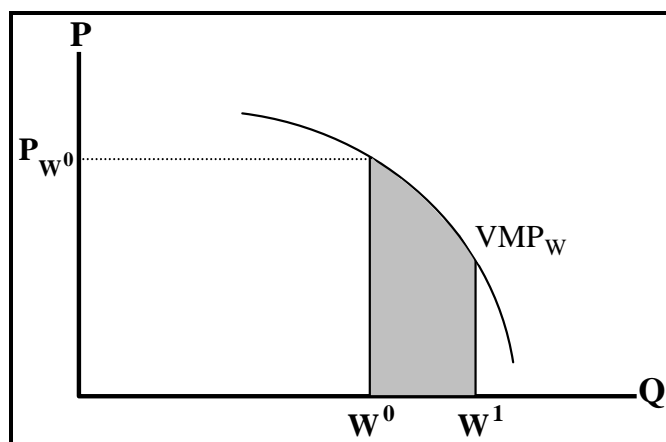
۲-۶- معیار اصلی رفاه تولیدکننده

اگر فرض کنیم که آب (w) نیز یکی از نهاده‌های متغیر است، آن‌گاه استخراج معیار سنجش تغییر رفاه در نتیجه تغییر کمیت و یا کیفیت آب، به عنوان یک نهاده می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد. تغییر رفاه در نتیجه تغییر در کمیت یک نهاده از مشتق جزئی رابطه (۲-۲) با توجه به نهاده انتخاب شده به دست می‌آید. در نتیجه:

$$\frac{\partial \Pi(0)}{\partial w} = \frac{P_y \partial Y(W, K)}{\partial W} \quad (۴-۲)$$

عبارت $\frac{\partial Y(W, K)}{\partial W}$ تولید نهایی خوانده می‌شود و کل عبارت سمت راست رابطه (۴-۲)، که شامل قیمت نهاده هم است، ارزش تولید نهایی آب است. درآمد نهایی آب، اثر تغییر یک واحد از این نهاده را بر روی تابع رفاه نشان می‌دهد. وقتی نهاده کاملاً متغیر باشد، درآمد نهایی محصول معیار مناسبی برای سنجش منفعت تولیدکننده یا تمایل به پرداخت برای تغییر در کمیت نهاده خواهد بود.

در نمودار (۲-۲) برای هر میزان مشخص شده آب W^0 ، ارزش تولید نهایی می‌تواند منحنی VMP_W را در نقطه P_{W^0} قطع کند. در اینجا ارزش در فاصله بین دو سطح استفاده از نهاده یعنی بین W^0 و W^1 (که $W^1 > W^0$) مورد بررسی قرار می‌گیرد. ناحیه سایه زده شده در زیر منحنی بین W^0 و W^1 نمایان‌گر ارزش (تغییر در مازاد تولیدکننده) افزایش گسسته نهاده آب $W^1 - W^0$ است. از نظر فنی، به دلیل این‌که منحنی ارزش تولید نهایی آب VMP_W بر اساس این فرض رسم شده است که تولیدکننده نمی‌تواند سطح دیگر نهاده‌ها را تغییر دهد، این منحنی مرز پایینی تغییر در مازاد تولیدکننده را نشان می‌دهد. تابع تقاضا مانند آن‌که در رابطه (۴-۲) نشان داده شده است، امکان تعدیل در سطح سایر نهاده‌ها را برای افزایش سود می‌دهد و در نتیجه این معادله، منعکس کننده معیار صحیحی از رفاه است.



نمودار ۲-۲- منحنی ارزش تولید نهایی آب

ارزش آب به عنوان یک نهاده متغیر در تولید، می‌تواند با کمک مفهوم ارزش تولید نهایی هر نهاده سنجیده شود. در ادامه بحث، به این مطلب می‌پردازیم که کدام روش‌های تجربی، معیارهای معتبری برای این منظور فراهم می‌کنند و مفاهیم مرتبط با ارزش‌گذاری کاربردی را مورد بحث قرار می‌دهیم. ارزش تولید نهایی در مقابل سود اقتصادی، به عنوان معیار سنجش رفاه نیز قرار می‌گیرد. تجزیه و تحلیل بالا فرض می‌کند که نهاده ارزش‌گذاری شده (آب) متغیر پیوسته‌ای است و مقدار براساس معیار فایده، انتخاب شده و تابع VMP بیان‌گر معیار رفاه است. شرایط دیگری در اغلب (اگرچه نه تمام) استفاده‌های آب در آبیاری کشاورزی حاکم است که در آن بنگاه عموماً تخصیص ثابت سالانه‌ای از آب را داراست که قابل افزایش نیست. در این حالت، مدل رفاهی که عرضه نهاده را بی‌کشش فرض کند، براساس تئوری سود اقتصادی بوده و معیار مناسب‌تری در سنجش رفاه است.

۷-۲- تعیین عوارض جانبی

فرض کنید که تابع تقاضا برای آب آبیاری، یک تابع تقاضای خطی با شیب منفی به صورت زیر باشد:

$$p = a - bW_t \quad (۵-۲)$$

که W_t مقدار برداشت آب برحسب مترمکعب در واحد زمان، p قیمت آب برحسب ریال در مترمکعب و a و b به ترتیب عرض از مبدا و شیب تابع تقاضا می‌باشند. منطقه کشاورزی را در نظر بگیرید که برای عرضه آب آبیاری خود متکی به یک حوضه آبریز است. برداشت آب در زمان t با W_t و ارتفاع آبکشی با h_t و تغذیه خالص حوضه آبریز از تمام منابع به استثنای آب‌های برگشتی زیرزمینی با r مشخص گردد. با توجه به این شرایط ارتفاع سالیانه پمپاژ از رابطه ۲-۶، قابل محاسبه است (سلطانی، ۱۹۹۹).

$$h_{t+1} = h_t + \frac{(1-\theta)W_t - r}{AS} \quad (۶-۲)$$

در این رابطه

θ = کسری از آب‌های زیرزمینی استفاده شده که به حوضه آبریز بر می‌گردد و مقدار آن کوچک‌تر از ۱ و بزرگ‌تر از صفر است.

A = سطح حوضه آبریز،

S = آبدهی ویژه،

h_t = ارتفاع اولیه آبکشی است که مقدار آن معلوم و مشخص می‌باشد.

با این فرض که منافع حاصل از برداشت آب‌های زیرزمینی به وسیله سطح زیرمنحنی تقاضای آب آبیاری (منحنی منفعت نهایی) مشخص گردد و هزینه پمپاژ از رابطه eh_tW_t (هزینه انرژی لازم برای بالا آوردن یک مترمکعب آب به اندازه یک متر است) آن‌گاه منافع خالص سالانه برداشت از آب‌های زیرزمینی را از رابطه ۲-۷، می‌توان محاسبه کرد (سلطانی، ۱۹۹۹).

$$NB_t = \frac{b}{2} w_t^2 - e h_t w_t \quad (7-2)$$

اگر در حوضه آبریزی که تعداد زیادی از آن بهره‌برداری می‌کنند ضابطه‌ای حاکم نباشد آب تا جایی پمپاژ خواهد شد که منافع سالانه برابر با هزینه نهایی پمپاژ شود، یعنی:

$$TC = e h_t w_t \Rightarrow MC = e h_t \quad (8-2)$$

$$TB = a w_t - \frac{b}{2} w_t^2 \Rightarrow MB = a - b w_t \quad (9-2)$$

که TC , TB به ترتیب نشان‌دهنده هزینه و منافع کل حاصل از برداشت آب‌های زیرزمینی است. با توجه به آنچه گفته شد می‌توان رابطه زیر را که نشان‌دهنده برابری منافع نهایی با هزینه نهایی پمپاژ است، به دست آورد (سلطانی، ۱۹۹۹).

$$MC = MB \Rightarrow a - b w_t = e h_t \quad (10-2)$$

اگر بهره‌برداری در شرایطی بررسی شود که هزینه نهایی بهره‌برداری اضافی به مدل لحاظ گردد آن‌گاه منافع نهایی حاصل از برداشت آب، بایستی برابر با هزینه نهایی پمپاژ به علاوه هزینه نهایی بهره‌برداری اضافی قرار گیرد. هزینه نهایی بهره‌برداری اضافی عبارت از کاهش منافع خالص آینده، تنزیل شده از برداشت یک واحد اضافی آب در دوره جاری است. محاسبه چنین رقمی مستلزم آگاهی از سطوح بهینه پمپاژ آینده است. چنین چیزی را از طریق برنامه‌ریزی پویا می‌توان به دست آورد. با این حال، یک راه تقریبی آن است که پمپاژ آینده را دقیقاً معادل مقدار در نظر گرفت. در این حالت هزینه نهایی بهره‌برداری اضافی و مقدار w از روابط زیر به دست می‌آیند (سلطانی، ۱۹۹۹).

$$\text{هزینه بهره‌برداری نهایی} = \frac{e w_t (1 - \theta)}{ASi} \quad (11-2)$$

$$a - b w_t = e h_t + \frac{e w_t (1 - \theta)}{ASi} \quad (12-2)$$

فصل ۳

روش‌های ارزش‌گذاری آب به‌عنوان

نهاده تولید

۳-۱- ارزش‌گذاری آب با روش‌های قیاسی

تکنیک‌های قیاسی، قیمت‌های اجتماعی (سایه‌ای) را از مدل‌های تجربی فرضی تصمیمات اقتصادی فردی بنگاه یا خانوار استخراج می‌کنند. این مدل‌ها می‌توانند به عنوان مدل‌های مفهومی نیز توصیف شوند، بدین دلیل که اطلاعات به دست آمده از جهان واقعی را در چارچوب‌های مفهومی مناسب جای می‌دهند. از آنجا که پارامترهای تجربی می‌توانند به دلخواه عوض شوند، تکنیک‌های قیاسی به ویژه برای ارزیابی‌های پیشین^۱ گزینه‌های فرضی سیاست‌گذاری مفید هستند. این مدل‌ها می‌توانند برای ارزیابی پسین^۲ شرایط و سیاست‌ها نیز به کار روند اما مدل‌های استقرایی برای این منظور مناسب‌تر هستند.

چهار مدل از روش‌های قیاسی برای ارایه معیارهای مناسب تشخیص فایده‌های آب به عنوان نهاده تولید به کار می‌روند. این روش‌ها شامل روش پسماند، تغییر در خالص سود اقتصادی، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی و مدل داده-ستانده یا ارزش افزوده است که در ادامه شرح داده خواهند شد.

۳-۱-۱- روش اصلی پسماند^۳

چارچوب تحلیلی بررسی شده در بخش قبل بیان‌گر این است که تابع VMP معیار کلیدی در سنجش رفاه تولیدکننده است. برای ارزش‌گذاری غیربازاری و عملیاتی کالاهای تولیدکننده، روش‌هایی با عنوان پسماند، بیش‌ترین استفاده‌ها را در تخمین VMP، به خصوص برای ارزیابی سیاست‌های آبیاری محصولات کشاورزی داشته‌اند. روش اصلی پسماند، روشی قیاسی است که فایده‌ها یا تخمین ارزش را از یک مدل تصمیمات فردی تولیدکننده، استخراج می‌کند. این مدل با اطلاعات حاصل از کاربردهای خاص، عملیاتی می‌شود. روش پسماند، ارزش آب را به عنوان درآمد باقی‌مانده یا خالص پس از محاسبه تمام هزینه‌های مربوطه شناسایی می‌کند. در بخش کشاورزی، روش پسماند به عنوان چارچوبی برای برآوردهای کاربردی ارزش دارایی‌های ثابت، عمدتاً زمین و دارایی‌های غیرمنقول سابقه کاربرد طولانی دارد.

۳-۱-۱-۱- قضیه تجزیه‌سازی محصول^۴

روش اصلی پسماند می‌تواند از تئوری بنگاه با استفاده از دو روش استخراج شود. در روش اول که متداول‌تر است، تخمین VMP با استفاده از تئوری تجزیه‌سازی محصول صورت می‌گیرد. چون فرضیات قضیه تجزیه‌سازی محصول، در انعکاس اکثر موقعیت‌ها در استفاده از آب کشاورزی، دچار کاستی‌هایی است، از این‌رو در ادامه، روشی که از تئوری سود اقتصادی و شبه سود اقتصادی برای تخمین ارزش آب در تولید کشاورزی استفاده می‌کند، توضیح داده می‌شود. هر دوی

1- Ex Ante

2- Ex Post

3- The Basic Residual Method

4- The Product Exhaustion Theorem

این روش‌ها، منجر به فرمول‌بندی مشابهی از پسماند می‌شوند، اما مدل سود اقتصادی پدیده‌هایی را توصیف می‌کند که با استفاده از قضیه تجزیه‌سازی محصول توضیح داده نمی‌شوند.

الف- قضیه تجزیه‌سازی محصول ویکستید^۱

قضیه تجزیه‌سازی محصول می‌تواند برای برآورد VMP از طریق مدل تقاضای نهاده به کار رود. این تئوری می‌تواند به صورت زیر بیان شود (یونگ، ۲۰۰۵، ص ۵۸):

«اگر بنگاه تحت شرایط بازار رقابتی فعالیت کند و انتخاب بهینه مقادیر را طوری انجام دهد که VMP هر نهاده با هزینه نهایی عامل مربوطه برابر شود، مجموع ارزش تولیدات نهایی در تعادل بلندمدت، که هر کدام با توجه به نهاده مربوط به خود وزن‌دهی شده‌اند، کاملاً برابر با ارزش کل محصول خواهد بود». شرح مفصل قضیه تجزیه‌سازی محصول در اکثر کتاب‌های تئوری اقتصاد تولید یا قیمت موجود می‌باشد.

به طور خاص، ویکستید شرایطی را نشان داد که در آن ارزش کل محصول به طور کامل با سهم توزیع شده نهاده‌های مختلف برابر می‌شود. اگرچه این نسبت‌ها تنها در شرایطی که تابع ارزش کل از نظر ریاضی همگن از درجه اول باشد، حفظ می‌شوند. در عبارات اقتصادی، یک تابع تولید همگن درجه اول، بیان‌گر بازده ثابت نسبت به مقیاس است. تئوری اولر شرایط کاملی که تحت آن قضیه تجزیه‌سازی محصول ویکستید می‌تواند حفظ شود را مطرح می‌کند و نهاده‌ها را قابل‌جانشین با هم فرض می‌کند. مفسرهای دیگر ویکستید (به خصوص ویکسل) دریافتند که این نتایج با محدودیت‌های همگن درجه اول نیز قابل‌دستیابی هستند و قضیه تجزیه‌سازی محصول کاملاً به شکل تابع تولید بستگی ندارد. به خصوص اگر منحنی هزینه متوسط U شکل باشد، رقابت، تمام بنگاه‌ها را به تولید در مقیاسی که در آن میانگین هزینه‌های آن‌ها حداقل باشد، مجبور می‌کند. در تعادل بلندمدت رقابتی، که قیمت محصول برابر با حداقل هزینه متوسط است، انتخاب‌های تولید توسط بنگاه، تقریباً همان انتخاب‌های تحت شرایط بازده ثابت نسبت به مقیاس هستند. در مجاورت نقطه حداقل میانگین هزینه بنگاه‌ها، تقریباً بازده ثابت نسبت به مقیاس وجود دارد و در نتیجه حداکثرکردن سود، در جایی است که قیمت نهاده تولید برابر با ارزش تولید نهایی آن نهاده می‌گردد.

در کل اگر تابع تولید و مقادیر تمام نهاده‌های دیگر شناخته شده باشند، و قیمت‌ها (از طریق مشاهده فعالیت‌های بازار) برای تمام نهاده‌ها به جز یکی قابل تعیین باشند، استفاده از قضیه تجزیه‌سازی محصول، اجازه انتساب باقی‌مانده ارزش کل محصول (جزء پسماند) را به آن نهاده می‌دهد.

ب- نحوه استخراج جبری بازدهی جزء باقی‌مانده

استخراج فرمول قضیه تجزیه‌سازی محصول نیاز به دو پیش فرض دارد. اول، تحت شرایط تعادل رقابتی (یا در شرایطی که تابع ارزش کل محصول همگن از درجه اول است) مساله بنیادی تجزیه‌سازی محصول تصریح می‌کند که

ارزش کل محصول می‌تواند به چند قسمت تقسیم شود به گونه‌ای که به هر منبع براساس ارزش بهره‌وری نهایی آن پرداخت شده و ارزش کل محصول با مجموع سهم توزیع شده به طور کامل برابر می‌شود. دوم، فرض می‌شود تولیدکنندگان در جهت حداکثرکردن سود، افزایش هر نهاده را تا نقطه‌ای ادامه می‌دهند که ارزش تولید نهایی برابر با قیمت یا هزینه فرصت آن نهاده باشد. فرض تعادل رقابتی بر این نکته دلالت دارد که تولیدکننده برای تمام نهاده‌ها، بازده را با قیمت آن نهاده‌ها برابر می‌کند. سپس قیمت‌های مشاهده شده یا انتظاری می‌تواند جایگزین ارزش تولیدات نهایی مشاهده نشده شود که در نتیجه آن، فرمول جزء پسماند به‌دست خواهد آمد.

برای توضیح نحوه استفاده از قضیه تجزیه‌سازی محصول جهت ارزش‌گذاری جزء باقی‌مانده، تابع تولید Y را در نظر بگیرید که در آن محصول با چند نهاده تولید می‌شود که عبارتند از: مواد و تجهیزات مصرفی (M)، نهاده نیروی انسانی (H)، سرمایه (K)، سایر منابع طبیعی از قبیل زمین (L) و جزء باقی‌مانده یعنی آب (W). تابع تولید عبارت است از (یونگ، ۲۰۰۵، ص ۶۰):

$$Y = f(X_M, X_H, X_K, X_L, X_W) \quad (1-3)$$

فرض می‌شود که نهاده‌ها و ستانده‌ها متغیرهایی پیوسته بوده و سطح تکنولوژی معین و تغییرناپذیر است. تابع تولید با استفاده از یک مدل ایستا و جبری حداکثرسازی سود بنگاه مدل‌بندی می‌شود. براساس فرض اول، اگر سهم تمام نهاده‌ها براساس ارزش تولیدات نهایی آن‌ها پرداخت شوند، مجموع آن‌ها برابر با کل ارزش محصول به طور کامل می‌شود:

$$(Y.P_Y) = (VMP_M.X_M) + (VMP_H.X_H) + (VMP_K.X_K) + (VMP_L.X_L) + (VMP_W.X_W) \quad (2-3)$$

که در آن

$$Y.P_Y = \text{بیان‌گر ارزش کل محصول } Y \text{ است.}$$

$$VMP_i = \text{نشان‌دهنده ارزش تولید نهایی نهاده } i \text{ است و}$$

$$X_i = \text{مقدار نهاده } i \text{ است.}$$

رابطه ۲-۳ بیان‌گر قضیه بنیادی تجزیه‌سازی محصول است که کل ارزش محصول برابر مجموع ارزش تولیدات نهایی هر نهاده با توجه به وزن آن نهاده در تولید است.

با فرض یک بازار رقابتی برای نهاده‌ها و اطلاعات و پیش‌بینی کامل، می‌توان قیمت نهاده‌ها را ثابت فرض کرد. فرض دوم (که تاکید می‌کرد تولیدکننده تا آنجا از هر نهاده i استفاده می‌کند که $VMP_i = P_i$ گردد) امکان جایگزینی P_i را برای هریک از ارزش‌های نهایی محصول می‌دهد و در نتیجه تابع فوق به صورت زیر تبدیل می‌شود:

$$(Y.P_Y) - [(P_M.X_M) + (P_H.X_H) + (P_K.X_K) + (P_L.X_L)] = (P_W.X_W) \quad (3-3)$$

اگر ارزش مناسب هر نهاده و مقادیر متغیر آن را در سمت چپ معادله بدانیم و یا بتوانیم به طور تجربی تخمین بزنیم، سمت راست معادله می‌تواند برای تعیین سهم (ناشناخته) آب در ارزش کل محصول $(P_W.X_W)$ به کار رود.

تحلیل‌گران معمولاً می‌خواهند فراتر از پیدا کردن سهم کامل آب رفته و ارزش واحد آب را پیدا کند (برای مثال به دلار به ازای واحد پولی در هر هزار مترمکعب). ارزش واحد آب در تبدیل ارزش‌های برآورد شده به مبنای مشترک ارزش به ازای واحد حجم، به خصوص در تخصیص آب بین بخش‌ها کاربرد دارد. از آنجا که فرض می‌شود X_W شناخته شده است، عبارت فوق می‌تواند برای محاسبه ارزش واحد یا قیمت سایه‌ای جزء باقی‌مانده P_W^* به کار رود:

$$P_W^* = \frac{(Y.P_Y) - [(P_M.X_M) + (P_H.X_H) + P_K.X_K] + (P_L.X_L)}{X_W} \quad (۴-۳)$$

حل رابطه ۳-۴ «ارزش آب» (در تولید) یا در جنبه‌های تجربی «بازده خالص آب» نامیده می‌شود. برای یک تابع تولید ساده، کاربرد تجربی معادله فوق منطقی است. این روش به خصوص در تعیین منافع انتظاری ناشی از افزایش عرضه آب، استفاده‌های بسیاری در سطح جهان دارد. با اطلاعات کافی و مناسب (شامل نیازهای نهاده‌ای، عملکرد محصول و قیمت‌های انتظاری)، این محاسبات با نرم‌افزارهای صفحه گسترده به سرعت قابل انجام است.

۳-۱-۱-۲- ارزش‌های کوتاه‌مدت با استفاده از روش پسماند

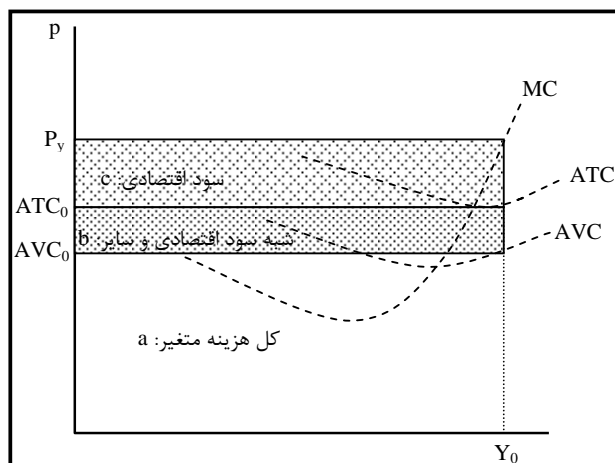
نکته قابل توجه دیگری در مورد معادلات فوق، وجود دارد. از آنجایی که این توابع، با تمام نهاده‌ها غیر از آب به عنوان عوامل متغیر تولید رفتار می‌کنند، می‌توانند مدل‌ها بلندمدت نامیده شوند و ارزش‌های به دست آمده از آن‌ها ارزش‌هایی بلندمدت هستند. ارزش‌های بلندمدت ارزش‌هایی هستند که اغلب تحلیل‌گران اقتصادی آن‌ها را برآوردی و تخمینی می‌دانند، اما برای بیش‌تر سیاست‌های مرتبط با آب ارزش‌های به دست آمده از مدل‌های کوتاه‌مدت مناسب هستند. برای مثال، می‌توان در ارزش‌گذاری آب برای یک دوره کوتاه‌مدت خشکسالی، تمام یا بخشی از نهاده‌های ثابت یا تملیکی (سرمایه، زمین) با هزینه فرصت صفر در نظر گرفته شده و از محاسبات کنار گذاشته شود.

$$(Y.P_Y) - [(P_M.X_M) + (P_H.X_H)] = (P_{WS}, X_W) \quad (۵-۳)$$

برخی نهاده‌ها از قبیل نیروی کار که در اینجا معرفی نشده است، ممکن است به عنوان هزینه ثابت در نظر گرفته شود. البته نتایج این معادله کوتاه‌مدت در شرایط یکسان منجر به استخراج ارزش اقتصادی بیش‌تری نسبت به مدل‌های بلندمدت برای آب می‌شود.

۳-۱-۱-۳- استخراج روش پسماند از طریق تئوری سود اقتصادی

روش پسماند می‌تواند از چهارچوب مفهومی هزینه‌ها و سودهای اقتصادی به جای رویکرد تابع تولید نیز استخراج گردد. شکل زیر جنبه‌های مهم تئوری بنگاه برای این استخراج را نشان می‌دهد (یونگ ۲۰۰۵، ص ۶۶).



نمودار ۳-۱- استخراج روش پسماند از طریق تئوری سود اقتصادی

این نسخه ساده شده از مدل نئوکلاسیکی است که فرض می‌کند منحنی عرضه برای نهاده‌های متغیر کاملاً کشش‌پذیر است، یعنی بنگاه قادر است تمام نهاده‌های متغیر مورد نیازش را در قیمت ثابت خریداری کند. به طور مشابه، بنگاه در بازار ستانده نیز قیمت‌پذیر است. بنابراین، ممکن است قیمت محصول در طول دوره تحلیل ثابت باشد. درآمد کل برابر حاصل ضرب ستانده در قیمت آن است ($TR = Y.P_y$). در شکل فوق، سطح بهینه محصول در Y_0 است (جایی که $P_y = MC$ است). اغلب بهتر است که نهاده‌ها را به دو صورت متغیر یا ثابت تفکیک کنیم. عوامل ثابت، آن‌هایی هستند که حتی در شرایط عدم فعالیت بنگاه نیز وجود دارند. فرض بر این است که هزینه‌های ثابت با قیمت‌های بازار یا هزینه‌های فرصت، قیمت‌گذاری می‌شوند. هزینه‌های متغیر، هزینه‌هایی هستند که تنها در صورت فعالیت بنگاه وجود دارند. کل هزینه متغیر با ناحیه a در شکل نشان داده شده است. میانگین هزینه‌های متغیر AVC و میانگین هزینه‌های کل ATC به ترتیب با تقسیم کل هزینه‌های متغیر و هزینه‌های کل بر Y به دست می‌آیند. در این حالت، فرض بر این است که آب دارای عرضه محدود و ثابتی است.

مفاهیم سود اقتصادی و شبه سود اقتصادی برای اندازه‌گیری رفاه تولیدکننده در این رویکرد نقش اساسی دارند و اثرات رفاهی تغییرات قیمت‌ها و مقدارها می‌تواند با تغییرات در سودهای اقتصادی و شبه سودهای آن اندازه‌گیری شود. جمع سودهای اقتصادی و شبه سودهای اقتصادی در اینجا به‌عنوان اختلاف بین درآمد کل و کل هزینه‌های متغیر تعریف می‌شود. درآمد کل از کل هزینه‌های متغیر به علاوه شبه سود اقتصادی معمولی، شبه سود اقتصادی ترکیبی و سود اقتصادی تشکیل می‌شود. سود اقتصادی، هر نوع پرداخت برای یک نهاده است که بیش‌تر از میزان مورد نیاز برای جذب آن نهاده در کاربرد فعلی آن لازم است. شبه سود اقتصادی در کل به پرداخت‌هایی گفته می‌شود که به عوامل ثابت به‌علاوه سودهای اضافی تعلق می‌گیرد. سود اقتصادی تنها زمانی وجود دارد که حداقل یکی از منابع در عرضه محدود باشد. اگر تمامی منابع در بازارهای رقابتی با قیمت ثابت قابل خریداری باشند آن‌گاه سود اقتصادی وجود نخواهد داشت.

برای منظور فعلی، دو نوع سود اقتصادی قابل تفکیک است. نوع اول، سودهای اقتصادی وابسته به آب است که شامل تمام سودهای اقتصادی می‌شود که از استفاده آب در تولید استخراج می‌شود. برای این نوع که در آبیاری محصولات کشاورزی دیده می‌شود، فرض می‌شود که عرضه آن ثابت است و از این‌رو دارای سود اقتصادی است. این نوع سود اقتصادی با R^w نشان داده می‌شود و R^{nw} دلالت بر سود اقتصادی مربوط به غیر آب دارد.

در موارد خاص، به ویژه در فعالیت‌های تخصصی کشاورزی مانند تولید میوه و سبزیجات، سود اقتصادی مربوط به آب ممکن است شامل تفاوت‌های سود اقتصادی قابل ملاحظه و حتی شاید سودهای اقتصادی موقعیتی هم شود؛ چون به دلیل ملاحظات بهره‌وری یا موقعیتی مربوط به آب، بازدهی‌های خاصی برای انواع معین فعالیت‌های تولیدی با استفاده از آب ایجاد می‌گردد. سودهای اقتصادی مربوط به آب به صورت ناحیه c در شکل قبل آمده است. مابقی سودهای اقتصادی (ناحیه b در شکل) شامل شبه سودهای اقتصادی معمولی (QR) به علاوه سایر سودهای اقتصادی (اگر موجود باشند) یعنی بازدهی‌ها به سایر عوامل ثابت غیر آبی در تولید می‌گردد. تعاریف بالا به بیان جبری به صورت زیر در می‌آیند:

$$TR = TVC + QR + R^w + R^{nw} \quad (۶-۳)$$

در این عبارت، درآمد کل برابر جمع کل هزینه‌های متغیر، شبه سود اقتصادی معمولی، سود اقتصادی مربوط به آب و سودهای اقتصادی غیر آبی می‌شود. عبارت فوق می‌تواند به صورت زیر دوباره برای R^w نوشته شود:

$$R^w = TR - TVC - QR - R^{nw} \quad (۷-۳)$$

اگر کل هزینه‌های متغیر، شبه سودهای اقتصادی و سود اقتصادی غیر آبی جدا شده و اندازه‌گیری شود، می‌توان سودهای اقتصادی مربوط به آب را به عنوان ملاک رفاه بلند مدت مربوط به آب برای تولیدکننده استخراج نمود. همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، چارچوب مبتنی بر سود اقتصادی بهتر موقعیت آبیاری کشاورزی را منعکس می‌کند، چراکه آب در این حالت یک نهاده محدود یا ثابت است.

۳-۱-۲- روش تغییر در خالص سودهای اقتصادی

اغلب هدف این است که علاوه بر تخمین ارزش در یک نقطه واحد از تابع تولید نهایی، ارزش حاصل از تغییر در دو سطح مختلف آب نیز برآورد گردد. در چنین حالتی، ثابت فرض کردن مقدار نهاده‌های دیگر فرضیه مناسبی نیست. علاوه بر آن، تحلیل‌گران اغلب خواهان تخمین ارزش آب برای بنگاه‌های چند محصولی هستند، در چنین موقعیت‌هایی روشی تحت عنوان تغییر در خالص سودهای اقتصادی به کار گرفته می‌شود. برای مثال، کشاورزی که مقدار آب آبیاری خود را اضافه می‌کند، احتمال دارد که سایر نهاده‌ها از قبیل کود، سم یا نیروی کار را نیز اضافه کند. اگر اصل تمایل به پرداخت را برای تعریف ملاک تغییر رفاه در مورد تغییرات مجزا در یک نهاده در نظر بگیریم، تمایل به پرداخت تولیدکننده برای افزایش در نهاده برابر است با تغییر در خالص درآمد تولیدکننده یا ارزش خالص سود اقتصادی که مربوط به افزایش در مقدار نهاده است.

این رویکرد می‌تواند با فرآیندی مشابه آنچه برای روش پسماند به کار رفته، انجام گیرد که مستلزم شناخت تابع تولید، تخمین قیمت محصولات، قیمت‌ها و هزینه‌های فرصت نهاده‌های غیر آب در رویه بودجه‌ریزی است. در بیش‌تر کاربردها، تحلیل‌گران فرض می‌کنند که بازارهای نهاده و ستانده بدون اختلال باقی‌مانده و قیمت آن‌ها در حالت‌های با پروژه و بدون پروژه ثابت باقی خواهد ماند. به بیان دیگر، درآمد خالص حاصل از تولید با سطوح نهاده‌های خاص می‌تواند چنین بیان گردد (یونگ، ۲۰۰۵، ص ۸۵):

$$Z = (Y \cdot P_y) - \sum_{j=1}^n (X_j \cdot P_{x_j}) \quad (۸-۳)$$

P_y قیمت محصول، P_{x_j} قیمت نهاده زام است. برای ارزیابی افزایش عرضه آب، تغییر در خالص سود اقتصادی چنین

تعریف می‌شود:

$$\Delta Z = Z_1 - Z_0 \quad (۹-۳)$$

اندیس‌های صفر و یک به موقعیت‌های با پروژه و بدون پروژه اطلاق می‌شود، از این‌رو:

$$\Delta Z = \left[(Y_1 \cdot P_y) - \sum_{j=1}^n (X_{j1} \cdot P_{x_j}) \right] - \left[(Y_0 \cdot P_y) - \sum_{j=1}^n (X_{j0} \cdot P_{x_{jj}}) \right] \quad (۱۰-۳)$$

از این‌رو درآمد خالص هر واحد آب برابر است با:

$$\frac{\Delta Z}{\Delta W} = \frac{\left[(Y_1 \cdot P_y) - \sum_{j=1}^n (X_{j1} \cdot P_{x_j}) \right] - \left[(Y_0 \cdot P_y) - \sum_{j=1}^n (X_{j0} \cdot P_{x_{jj}}) \right]}{\Delta W} \quad (۱۱-۳)$$

روش تغییر در خالص سود اقتصادی از طریق رویه بودجه‌ریزی با نرم‌افزارهای صفحه گسترده^۱ معمولی (مانند Excel) قابل حل است و برای این کار تخمین قابل اعتمادی از نهاده‌ها به کار رفته و قیمت تولیدات و دانش صحیح از توابع تولید مربوطه مورد نیاز است. علاوه بر این برای بنگاه چند محصولی لازم است که محاسبات برای هر تعداد از محصولات بنگاه نمونه صورت گرفته و میانگین وزنی از ارزش مقدار باقی‌مانده یعنی آب به دست می‌آید.

در مواردی که تولید به دلایل خشکسالی، سیلاب، آلودگی آب کاهش می‌یابد؛ تا زمانی که فرض ثبات قیمت محصول و نهاده، تحت تاثیر قرار نگیرد، کاهش در میزان تولید می‌تواند با معادله بالا تخمین زده شود. تنها تفاوت این است که تغییرات در محصول ($Y_1 - Y_0$) به جای این‌که مثبت باشد، منفی است.

۳-۱-۳- برنامه‌ریزی ریاضی

اگرچه سادگی روش پسماند یک مزیت برای استفاده از آن به شمار می‌رود، اما از عمومیت و کلی‌گرایی آن می‌کاهد. روش پسماند از ارائه یک رابطه تابعی با جزییات بیش‌تر برای نشان دادن بهره‌وری نهایی آب عاجز است. ممکن است

گاهی بخواهیم اثر تغییرات بالقوه در ترکیب تولید یا در اثر استفاده از تکنولوژی در مصرف آب را ببینیم. مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی یک نوع خاص از مدل‌های بهینه‌یابی هستند که می‌توانند بیشینه‌سازی سود یا کمینه‌سازی هزینه را در تخصیص منابع نشان دهند. مدل‌های ریاضی شامل مجموعه‌ای از معادلات، نامعادلات و ترتیبات منطقی هستند که می‌توانند وسیله‌ی ارتباط و اتصال روابط در دنیای واقعی با مطالعات و تحقیقات باشند. مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی خود شامل چند دسته‌اند که متداول‌ترین آن‌ها برنامه‌ریزی خطی و درجه دوم (بسته به شکل تابع هدف) هستند.

در اقتصاد آب مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی غالباً برای اندازه‌گیری فایده‌های ناشی از تغییرات در عرضه آب یا کیفیت آن بر تولیدات کشاورزی و صنعتی به کار می‌رود. استفاده از آن‌ها به منظور تخصیص بهینه آب و سایر منابع در جهت بیشینه‌سازی درآمد خالص با قید در دسترس و موجود بودن منابع و ترتیبات صنعتی است. همچنین استفاده از مدل‌هایی از این دست، برای تخمین تغییر در اجاره خالص بسیار مفید است و می‌توان تمایل به پرداخت برای افزایش یا کاهش یک نهاده تولیدی قیمت‌گذاری نشده را توسط آن به دست آورد. علاوه بر آن مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی می‌توانند تابع تقاضای تولیدکننده را برای آب برآورد کنند. (ویلیامز^۱، ۱۹۹۹) به طور کلی برنامه‌ریزی ریاضی به مدل‌سازی واقعی‌تری از تصمیم‌گیری‌های آبیاری نسبت به بودجه‌بندی ساده قادر است. اما نیاز به مهارت‌های پیش‌تری در دانش‌های ریاضی و اقتصاد دارد. روش اصلی تغییر در اجاره خالص به تحلیل‌گری نیاز دارد که بعضی قضاوت‌های اولیه یا فروض در مورد انواع محصولات و وسعت زمین مختص هر یک را داشته باشد. میزان هر محصول به مقادیر مختلف و زمان‌بندی آب، تکنولوژی توزیع آب کشاورزی، واکنش نشان می‌دهد. یک مدل واقعی‌تر از رفتار کشاورز باید این‌گونه ملاحظات را به شکل درون‌زا در مدل وارد کند. تحلیل‌گرانی که خواهان وارد کردن انتخاب‌های کشاورز در قبال ترکیبات مختلف از محصول، نرخ‌های استفاده از آب و تکنولوژی‌های متفاوت در تولید به عنوان متغیرهای تصمیم‌گیری هستند، استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مانند برنامه‌ریزی خطی یا درجه دو را دارای مزیت‌های زیادی می‌دانند. صورت کلی یک مساله برنامه‌ریزی ریاضی چنین است:

$$\text{Max (Min)} \quad F(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0 \quad (12-3)$$

$$\text{S.t.} \quad g_1(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0 \quad (13-3)$$

$$g_2(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0$$

$$g_m(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0$$

که در آن $F(X_i)$ تابع هدف و $g_j(X_i)$ قیود مساله می‌باشند. X_i ها متغیرهای تصمیم‌گیری هستند که مقادیر آن‌ها مورد سوال است و پارامترها هم در نماد تابع مستتر است. لازم به ذکر است که قیود مساله می‌توانند به شکل نامساوی نیز باشند. وجود نامساوی در قیود به معنی این است که استفاده از منابع نمی‌تواند از میزان دسترسی به آن تجاوز کند. وجود روابط نامساوی امکان وجود ظرفیت بیکار در اقتصاد را نشان می‌دهد. حل یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی منجر به یافتن بهترین تصمیمات در سیستم تحت بررسی می‌شود. لذا جواب آن شامل مجموعه‌ای از مقادیر برای متغیرهای

تصمیم‌گیری است. جوابی که تمامی قیود را تامین کند به عنوان «جواب ممکن» (قابل حصول) شناخته می‌شود. حل مساله به صورت ترسیمی یا از روش لاگرانژ ممکن است که روش اخیر مرسوم است. در این روش ابتدا تابع لاگرانژ به صورت زیر نوشته می‌شود و سپس با مساوی صفر قرار دادن مشتق‌های تابع نسبت به متغیرهای تصمیم‌گیری و ضریب یا ضرایب لاگرانژ λ (در صورت وجود چند قید) شرط کافی بهینه‌یابی حاصل می‌شود:

$$L = F(X_1, X_2, \dots, X_n) - \sum_{j=1}^m \lambda_j g_j(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad \text{تابع لاگرانژ} \quad (۱۴-۳)$$

$$\frac{\partial F}{\partial X_i} = \sum_{j=1}^m \lambda_j \frac{\partial g_j}{\partial X_i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \text{شرایط بهینه‌یابی} \quad (۱۵-۳)$$

$$g_j(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0 \quad j = 1, 2, \dots, m$$

در این صورت قیمت سایه‌ای هر یک از متغیرهای تصمیم‌گیری، ضریب لاگرانژ مربوطه است.^۱ (هیل، ۱۳۸۵) پرکاربردترین شکل از برنامه‌ریزی ریاضی، برنامه‌ریزی خطی است. در این الگو تابع هدف و قیدها به شکل خطی وارد مدل می‌شوند. توضیحات بیش‌تر در این مورد به پیوست آمده است. در زیر توسعه مدل برنامه‌ریزی خطی را در سطوح مختلف مزرعه، بازار و حوضه آبریز آمده است. لازم به ذکر است، می‌توان برنامه‌ریزی غیرخطی را نیز به همین صورت بسط و گسترش داد.

۳-۱-۳-۱- توسعه مدل برنامه‌ریزی ریاضی

از آنجا که هدف نهایی از ارزش‌گذاری آب و تخصیص بهینه آن بیشینه‌سازی رفاه اجتماعی است، می‌توان مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی را در سه سطح که به ترتیب وسیع‌تر می‌شوند، توسعه داد تا ابعاد کلان موضوع نیز طرح شود. (گاریدو^۲، ۲۰۰۰)

الف- در سطح واحد زراعی (مزرعه)

مساله برنامه‌ریزی ریاضی در این مقیاس که کوچک‌ترین و محدودترین سطح است را می‌توان به صورت زیر در نظر گرفت:

$$\text{Max}_{\{s_j, x_j, w_j\}} \pi = \sum_j [s_j(p_i f_i(x_j, w_j) - r x_j - p_w w_j) - c_j(s_j)] \quad (۱۶-۳)$$

$$\text{subject to } \sum_j s_j \leq S,$$

$$\sum_j w_j s_j \leq WS,$$

۱- جزییات مربوطه و اثبات موضوع در همین منبع (هیل، ۱۳۸۵) موجود است.

۲- Garrido با در نظر گرفتن مازاد مصرف‌کننده به عنوان شاخصی برای رفاه اجتماعی مطالعه‌ای در این زمینه انجام داده است که محتوای کلی آن در ادامه بحث آمده است.

در این مساله

$$S_j = \text{سهم محصول } j \text{ از مزرعه؛}$$

$$p_j = \text{قیمت محصول } j؛$$

$$f_j = \text{تابع تولید محصول } j؛$$

$$x_j = \text{نهاده متغیر مختص محصول } j؛$$

$$w_j = \text{آب مختص محصول } j؛$$

$$r = \text{قیمت نهاده متغیر؛}$$

$$p_w = \text{هزینه متغیر ناشی از استفاده از یک واحد آب؛}$$

$$C_j(s_j) = \text{هزینه تولید محصول } j \text{ به جزء هزینه ناشی از } w_j, x_j؛$$

$$S = \text{کل مساحت مزرعه؛}$$

$W =$ مقدار آب در دسترس در هر هکتار در هر مزرعه (برون‌زا) است. حال اگر λ قیمت سایه‌ای آب باشد، بدین صورت که متغیر دوگان مرتبط با قید آب باشد، مقادیر آن در تابع $\lambda^*(0)$ تابعی است از W و Q_i که مجموعه پارامترهای واحد زراعی i است. سطح زیر تابع $\lambda^*(w; Q_i)$ تقریبی برای مازاد مزرعه است که به w بستگی دارد. مازاد واحد زراعی در رابطه زیر تعریف شده است.

$$FS_i(W, Q_i) = \int_0^w \lambda_i^*(w; Q_i) dw \quad (17-3)$$

ب- در سطح بازار (شامل چند واحد زراعی)

این مدل جهت محاسبه قیمت سایه‌ای آب در یک بازار شامل چند واحد زراعی طراحی شده است. از مزایای استفاده از این مدل این است که علاوه بر آب تخصیصی توسط نهاد دولتی، می‌تواند مبادلات آبی میان واحدهای زراعی را نیز نشان دهد و از این لحاظ به دنیای واقعی نزدیک‌تر شده است. در این مدل مجموع کل مازاد واحدهای زراعی با قیود مقتضی بیشینه‌سازی می‌شود:

$$\text{Max}_{\{bw, sw, P_{mar}\}} ID^{AS} = \sum_i [FS_i(\gamma W + bw_i; Q_i) - (bw_i + sw_i) \times 0.5 \times tc] \quad (18-3)$$

در اینجا

$$ID^{AS} = \text{مجموع کل مازادها است؛}$$

اندیس $i =$ نماینده هر واحد زراعی است،

$$W = \text{کل آب تسهیم شده در مزارع است؛}$$

bw_i و $sw_i =$ به ترتیب میزان آب خریداری شده و فروخته شده توسط واحد زراعی i است.

$tc =$ هزینه مبادله هر واحد که مانند وضع مالیات عمل می‌کند؛

$\gamma =$ نیز در واقع کاهش میزان آب مثلا در اثر تغییرات جدی است. (می‌توان γ را در دامنه مشخصی از مقادیر شبیه‌سازی کرد) بردار منتهجه از مدل (bw, sw, p_{mar}) علاوه بر قیمت سایه‌ای تعادلی آب p_{mar} ، میزان خرید و فروش تعادلی آب را نیز نشان می‌دهد.

$$(\gamma \times W - sw_i + bw_i) \leq w_i, \quad \forall_i, \quad (19-3)$$

$$\sum_i (sw_i - bw_i) \times \beta_i = 0,$$

$$\gamma \times W - sw_i \geq 0, \quad \forall_i,$$

$$P_{mar} - \lambda_i^*(w_i; Q_i) \geq 0, \quad \forall_i,$$

$$FS_i(w_i; Q_i) + (P_{mar} - 0.5tc)(sw_i - bw_i) - FS_i(\gamma \times W; Q_i) \geq 0, \quad \forall_i$$

قید اول در واقع بازگو کننده محدودیت آب در هر مزرعه است. قید دوم، قید برابری عرضه و تقاضا در کل است. β_i نیز ضریب وزنی تصحیح اندازه واحد زراعی است. قید سوم بیان کننده این است که هر مزرعه نمی‌تواند بیش از سهم موجود آب خود (w) آب عرضه کند. قید چهارم نشان گر این است که قیمت سایه‌ای تعادلی از هزینه فرصت هر واحد کم‌تر نیست یا به عبارت دیگر قیمت سایه‌ای تعادلی باید حداقل برابر با بیش‌ترین ارزش‌گذاری آب توسط هر واحد زراعی باشد. قید پنجم نشان می‌دهد که مازاد هر واحد حداقل به اندازه زمانی است که مبادله امکان‌پذیر نبوده است.

ج- در سطح کلان حوضه آبریز (شامل چند بازار)

این مدل به گونه‌ای شکل یافته است که می‌تواند مختصات کلان در یک حوضه آبریز را ترسیم کند و با مدل قبل دو تفاوت اساسی دارد. اول این‌که قید اول در مدل قبل، در تابع هدف ادغام شده است. تابع هدف R^{AS} است و به وسیله آن مجموع مازادها در یک حوضه (شامل چند منطقه) با قیود مقتضی بیشینه‌سازی می‌شود، به شکل زیر تعریف شده است:

$$\max_{\{bw, sw, p_{mar}\}} R^{AS} = \sum_k \left[ID_k^{AS} (\gamma_k W_k + bw_k - sw_k) - (bw_k + sw_k) \times 0.5 \times tc \right] \quad (20-3)$$

در این تابع R^{AS} مجموع مازادهای همه مناطق در حوضه مورد نظر است. نمایه k نشان دهنده هر منطقه در یک حوضه آبی است و سایر متغیرها نیز همان تعریف ارائه شده در مدل پیشین را دارند. دومین تفاوت مربوط به موجودی آب برای هر منطقه $\gamma_k W_k$ است که میزان آن در مناطق مختلف به دلیل نحوه تخصیص آب و همین‌طور وضعیت آب و هوایی متفاوت است. به طور کلی این مدل این مزیت را دارد که تفاوت‌های سهم آبی در مناطق مختلف و همین‌طور مبادلات آبی بین آن‌ها را نشان می‌دهد.

۳-۱-۳-۲- لحاظ کردن ریسک در مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی

با توجه به این موضوع که فرآیند کشاورزی همواره همراه با ریسک می‌باشد، بنابراین وارد کردن آن در مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی به بهبود نتایج کمک می‌کند. تعریف ریسک با معیارهای مختلفی صورت گرفته است اما غالب آن‌ها

مبتنی بر شاخص‌های آماری پراکندگی مانند واریانس و انحراف معیار هستند. لازم به ذکر است ریسک و عدم حتمیت در اینجا معنای مترادفی دارند. به صورت کلی می‌توان مدل‌ها را به دو دسته «مدل‌های برنامه‌ریزی ریسکی^۱» که در آن ریسک تنها در ضرایب تابع هدف در نظر گرفته می‌شود و «مدل‌های برنامه‌ریزی تصادفی^۲» که ریسک هم در ضرایب تابع هدف و هم در محدودیت‌ها لحاظ می‌شود؛ تقسیم کرد.

مدل‌های برنامه‌ریزی ریسکی، ریسک را در قالب پارامترهای مدل رد می‌کنند. ملاحظات ریسکی به صورت توزیع احتمال معرفی می‌شوند. معمولاً بخشی از کار مدل‌سازی، یافتن نوع توزیع احتمال است، به طوری که به توزیع واقعی به حد کافی نزدیک باشد و سپس ارزیابی پاسخ کشاورزان به این پارامترهای ریسکی است. شروع کار با مدل‌های برنامه‌ریزی قطعی صورت می‌گیرد و سپس حل آن برای هر حالت ممکن پارامتر ریسکی و در نهایت انتخاب جواب است. مدل‌های زیادی در برنامه‌ریزی ریسکی وجود دارند که مدل برنامه‌ریزی خطی درجه دوم، موتاد و... از آن جمله‌اند. در زیر به معرفی برنامه‌ریزی ریسکی خطی و درجه دوم می‌پردازیم.

الف - برنامه‌ریزی ریسکی خطی

در برنامه‌ریزی ریسکی، برنامه‌ریزی خطی با هدف حداکثرسازی سود انتظاری به صورت زیر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد:

$$\begin{array}{ll} \text{Maximise} & E = c'x - f \\ \text{Subject to} & Ax \leq b \\ \text{and} & x \geq 0 \end{array} \quad (۲۱-۳)$$

که در آن:

$E =$ سود انتظاری،

$c_{n \times 1} =$ بردار درآمد خالص فعالیت‌ها،

$x_{n \times 1} =$ بردار سطح فعالیت‌ها،

$f =$ هزینه‌های ثابت،

$A_{m \times n} =$ ماتریس ضرایب فنی و

$b_{m \times 1} =$ بردار منابع موجود می‌باشد. در این مدل $c = p'c$ که $p_{x \times 1}$ بردار احتمال حالات و $c_{s \times n}$ ماتریس درآمد خالص

فعالیت‌ها است که هر عنصر آن درآمد خالص یک فعالیت در یک حالت معین را نشان می‌دهد. این صورت‌بندی با شکل متعارف مدل برنامه‌ریزی خطی متفاوت است و در آن ریسک با احتساب حالات ممکن درآمد خالص در نظر گرفته شده است.

ب- برنامه‌ریزی ریسکی درجه دوم

این مدل فراگیرترین روش برای لحاظ کردن ریسک در تابع هدف است. ابتدا ماتریس واریانس و کواریانس توزیع احتمال پارامتر ریسکی (مثلاً درآمد ناخالص فعالیت‌های زراعی) ساخته می‌شود. اگر x_j سطح زمین فعالیت زراعی و S_{jk} کواریانس میان بازده‌های ناخالص فعالیت‌های k, j باشد، آن‌گاه $V = \sum_j \sum_k x_j x_k S_{jk}$ واریانس بازده ناخالص کل (درآمد مزرعه) است. در این صورت مدل برنامه‌ریزی ریسکی درجه دوم می‌تواند به صورت زیر باشد.

$$\begin{array}{ll} \text{Maximise} & E = c'x - f \\ \text{S.T.} & Ax \leq b \\ \text{and} & x'Qx = V \\ & x \geq 0 \end{array} \quad (22-3)$$

$Q_{n \times n}$: ماتریس واریانس - کواریانس بازده خالص فعالیت‌ها و

V : واریانس درآمد خالص طرح زراعی است. $Q = (P'F)'(P'F)$ می‌باشد. $F = C - uc'$ که ماتریسی است که $S \times n$ که انحرافات بازده‌های خالص هر فعالیت از میانگین مربوطه است و u نیز بردار واحد با ابعاد $S \times 1$ است: امروزه نرم‌افزارهای مناسبی برای حل این سیستم‌ها وجود دارد که مشکلات محاسباتی را حل کرده است. غیر از مدل‌های ارائه شده، مدل‌های دیگری نیز برای وارد کردن ریسک به برنامه‌ریزی ریاضی وجود دارند که معروف‌ترین آن‌ها موتاد است. در این روش تابع هدف کمینه‌سازی مجموع قدر مطلق انحرافات است که به دلیل اختصار از تشریح آن صرف‌نظر می‌شود. برای اطلاعات بیشتر می‌توان به کتاب کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی در کشاورزی (سلطانی، زیبایی، کهنخا، ۱۳۷۸) مراجعه کرد.

۳-۳-۱-۳- اهمیت وارد کردن زمان در مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی

فعالیت‌های کشاورزی بستگی زیادی به زمان دارند به طوری که ممکن است بعضی از منابع در پاره‌ای از ماه‌های سال به طور کامل مورد استفاده قرار نگیرند و در مقابل در بعضی از ماه‌ها محدودیت قابل توجهی داشته باشند. این مساله در مورد آب اهمیت دو چندانی دارد. بنابراین لازم است در مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی برای تعیین ارزش آب زمان (به‌صورت ماهیانه یا فصلی) لحاظ گردد. بدین صورت که به جای منظور کردن محدودیت آب در یک ردیف برای کل سال، برای هر یک از ماه‌ها یا فصل‌ها ردیف‌های جداگانه اختصاص داد. این امر موجب می‌شود تا الگوی برنامه‌ریزی با واقعیت تطابق بیشتری داشته باشد. (سلطانی، زیبایی، کهنخا، ۱۳۷۸) در حالت کلی این فرض وجود دارد که امکان انتقال منابع از یک دوره زمانی به دوره دیگر وجود دارد، حال آن‌که در دنیای واقعی در پاره‌ای موارد چنین امکانی وجود ندارد. مثلاً منابع آبی مازاد بر نیاز در فصل زمستان را نمی‌توان به ماه خرداد یا تیر که ماه‌های بحرانی از نظر مصرف آب محسوب می‌شود، منتقل کرد.

به همین صورت لازم است در برآورد تابع تولید نیز مساله زمان را در نظر گرفته و از توابع تولید زمان‌بندی شده^۱ استفاده کرد.

وارد کردن مساله زمان در بعضی موارد موجب افزایش جواب بهینه از حالت اولیه شود و در بعضی موارد نیز کم‌تر. زیرا با وارد شدن زمان احتمالاً امکان کشت مجدد در منطقه یا به عبارت دیگر افزایش سطح زیر کشت هم به وجود می‌آید. اما با وارد شدن محدودیت زمانی آب احتمالاً از میزان جواب بهینه کاسته می‌شود. صورت کلی برنامه‌ریزی ریاضی خطی با لحاظ شدن زمان در آن به صورت زیر است. لازم به ذکر است، چنانچه از ترکیب دو روش تابع تولید و برنامه‌ریزی ریاضی نیز استفاده کنیم باید تابع تولید زمان‌بندی شده به عنوان تابع هدف در نظر گرفته شود:

$$\begin{aligned} \text{Max (Min)} \quad & F(x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}) \\ \text{S.t.} \quad & g_1(x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}) = 0 \\ & g_2(x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}) = 0 \\ & \vdots \\ & g_m(x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}) = 0 \end{aligned} \quad (3-23)$$

که در آن $F(x_{it})$ تابع هدف، $g_i(x_{it})$ قیود مساله و x_i ها متغیرهای تصمیم‌گیری و t زمان است. با لحاظ کردن زمان در برنامه‌ریزی ریاضی، ارزش آب در هر دوره زمانی به دست می‌آید. (این دوره می‌تواند ماهانه یا فصلی باشد) چنانچه محدودیت زمان را تنها در مورد نهاده آب وارد مدل کنیم، ارزش آب در مدل اخیر کم‌تر از حالت اولیه برآورد می‌شود، اما اگر محدودیت زمانی در مورد همه نهاده‌ها از جمله زمین در مدل وارد شود، نمی‌توان راجع به آن نظری داشت.

۳-۱-۴- ارزش‌گذاری آب با مدل داده-ستانده

یک روش مخصوص در ارزش‌گذاری آب به‌عنوان نهاده تولید، استفاده از محاسبات ارزش افزوده در تحلیل بین‌صنعتی منطقه‌ای (معروف به داده - ستانده لئونتیف) است. اگر در این روش ارزش‌گذاری، ملاحظات لازم صورت نگیرد، ارزش اقتصادی آب به‌عنوان نهاده تولید بیش از اندازه واقعی تخمین زده می‌شود. روش ارزش افزوده در نگاه اول مانند روش پسماند به نظر می‌رسد، ولی در جنبه‌های خاصی متفاوت است.

مدل داده - ستانده یک مدل ایستای تولید است که معمولاً برای مدل بندی کل اقتصاد یا بخش‌های آن تشکیل شده و اثرات کوتاه مدت متغیرهای برون‌زا بر تقاضای نهایی ستانده‌ها و همچنین اشتغال و درآمد را پیش‌بینی می‌کند. مدل داده - ستانده می‌تواند این متغیرها را نه تنها در کل، بلکه برای هر بخش اقتصاد نیز پیش‌بینی کند. مدل داده - ستانده عموماً با توابع تولید با بازدهی ثابت نسبت به مقیاس شناخته شده است. مدل، فاقد محدودیت‌ها بر منابع است و هیچ تابع تولید شناخته شده‌ای ندارد و اجازه انتخاب نه در جنبه تولید و نه مصرف را نمی‌دهد. قیمت‌های عوامل و محصولات در مدل داده - ستانده، ثابت هستند.

مدل داده - ستانده، اقتصاد را از دو دیدگاه به هم وابسته نگاه می‌کند. اولین دیدگاه مبتنی بر گزینه‌های توزیع محصول سالانه صنایع بین مصارف خانوار، سرمایه‌گذاری کالاهای سرمایه‌ای، مصرف موسسات دولتی، داده سایر صنایع و صادرات است. دیدگاه دیگر منطبق با پرداخت برای داده‌ها شامل؛ تامین‌کنندگان منطقه‌ای داده‌ها، حقوق و دستمزد نیروی انسانی، سود اقتصادی زمین و سایر منابع طبیعی، بهره و استهلاک سرمایه، سود و واردات خارج از منطقه می‌باشد. فرمول دیدگاه دوم برای هر صنعت بر اساس کل خروجی (X) صنعت i به صورت زیر بیان می‌شود (یونگ، ۲۰۰۵، ص ۹۰):

$$X_i = \sum_{j=1, \dots, n} X_{ij} + (W_i + L_i + K_i + P_i + S_i) + M_i \quad (24-3)$$

X_{ij} = مقدار ستانده صنعت i که به‌عنوان داده صنعت j به کار رفته است

W_i = حقوق و دستمزد پرداختی به نیروی انسانی در صنعت

L_i = سود اقتصادی پرداختی به زمین و سایر منابع طبیعی استفاده شده در صنعت

K_i = بهره و استهلاک سرمایه استفاده شده در صنعت

P_i = سود پرداختی به مالکان سرمایه در صنعت

S_i = مالیات پرداختی به دولت در صنعت

M_i = پرداختی به داده‌های وارداتی از خارج منطقه

جمع عبارت داخل پرانتز، سود اقتصادی تشکیل دهنده ارزش افزوده است و پرداختی‌ها به مالکان عوامل در هر

منطقه را نشان می‌دهد. در این روش، ارزش افزوده با مرتب کردن فرمول بالا به این صورت حاصل می‌شود:

$$VA = X_i - \sum_{j=1, \dots, n} X_{ij} - M_i = (W_i + L_i + K_i + P_i + S_i) \quad (25-3)$$

و P_w^* با تقسیم ارزش افزوده بر مقدار آب استفاده شده (W_i) در بخش I به دست می‌آید:

$$P_w^* = VA_i / W_i \quad (26-3)$$

قیمتی که از این روش حاصل می‌شود را معادل ارزش اقتصادی آب تلقی می‌کنند. در راستای پیشرفت مدل داده -

ستانده و مطرح شدن تکنیک‌های مدل‌های تعادل عمومی محاسباتی از این روش نیز برای تعیین ارزش اقتصادی آب

استفاده می‌شود^۱.

۳-۱-۵- روش هزینه جایگزین

روش دیگری که در ارزیابی فایده‌های واسطه‌ای مربوط به آب به کار می‌رود، روش هزینه جایگزین است (که برای کالاهای مصرفی نیز می‌تواند به کار رود). این تکنیک تحت این فرض قرار دارد که اگر یک پروژه مورد نظر با سطح تولید خاص کم‌تر از بهترین پروژه عمومی یا خصوصی بعد آن با همان سطح تولید، هزینه داشته باشد، آن‌گاه می‌توان هزینه بهترین پروژه بعدی را به‌عنوان فایده عمومی مورد نظر قرار داد. به هر حال، باید تاکید تحلیل‌ها بر این باشد که

۱- برای آشنایی با ادبیات نظری مدل‌های تعادل عمومی به پیوست ۴ مراجعه کنید.

هزینه جایگزین در غیاب پروژه مورد نظر واقعا قابل ایجاد باشد. به عبارت دیگر، تقاضای موثر برای محصول جایگزین باید ایجاد گردد. در زمینه برنامه‌ریزی منابع آب، روش هزینه جایگزین برای ارزیابی بسیاری از انواع فواید شهری، صنعتی و برق‌آبی به کار رفته است. وقتی که تخمین‌های تابع تقاضای مستقیم به دلیل فقدان داده‌ها یا دلایل دیگر، مشکل است؛ روش هزینه جایگزین ممکن است یک راه حل باشد. در عین حال، این روش با محدودیت‌هایی مواجه است و زمانی که کاربردش تضمین شده است باید به کار رود.

روش هزینه جایگزین مبتنی بر این ایده است که حداکثر تمایل به پرداخت برای یک کالا یا خدمت عمومی، بزرگ‌تر از هزینه فراهم کردن آن کالا یا خدمت از طریق برخی فرآیند یا فن آوری دیگر نیست. روش هزینه جایگزین علاوه بر این که به‌عنوان معیار فایده یا تمایل به پرداخت تحت شرایط محدود و خاص به کار می‌رود، نقش مهمی در تعیین فواید سایر هزینه‌های قابل تفکیک در تخصیص هزینه‌های مشترک در پروژه‌های آب چند منظوره ایفا می‌کند.

۳-۲- ارزش‌گذاری با روش‌های استقرایی

در کنار روش‌های قیاسی، روش‌های استقرایی مختلفی نیز برای تخمین ارزش آب و کیفیت آن به کار می‌رود. ارزش‌های تخمینی آب به‌عنوان کالای خصوصی تولیدکننده با همان مساله‌ای سر و کار دارد که روش‌های قیاسی با آن مواجه بودند، یعنی ارزش تابع تولید نهایی را پیدا کرده یا تقریب می‌زنند یا سودهای اقتصادی تولیدکننده برای مقادیر مختلف منابع آب در مصارف خاص را اندازه‌گیری کنند. این تحلیل‌ها عموماً مبتنی بر روش‌های آمار کاربردی با مشاهدات رفتار استفاده‌کنندگان یا بازارهای آب و وابسته به آب هستند. این مشاهدات ممکن است از منابع گوناگونی از قبیل گزارش‌های سازمان‌های دولتی، نمونه‌های مشاهداتی مقدار و قیمت معاملات تولیدکنندگان در بازارهای زمین و آب یا پاسخ به پرسش‌نامه‌ها تامین شوند. در مورد تولیدکنندگان، روش‌های استقرایی کم‌تر از روش‌های قیاسی به کار گرفته می‌شوند. دلیل اول احتمالاً به عدم وجود بازارها برمی‌گردد و جمع‌آوری اطلاعات کافی بسیار پرهزینه است. دلیل دیگر ممکن است نیاز به توانایی‌های اقتصادسنجی و آماری برای این تحلیل‌ها باشد و مساله آخر این‌که استفاده از رفتارهای گذشته، انعطاف‌پذیری کم‌تری برای ساختن مدل‌های ارزیابی فایده‌های سیاست‌های پیشنهادی را دارد. برخی روش‌های استقرایی که به کار می‌روند به شرح زیر می‌باشند:

۱- توابع تولید به‌طور آماری از طریق داده‌های اولیه^۱ یا ثانویه^۲ تخمین زده شده و توابع تقاضای نهاده‌ها از آن‌ها استخراج می‌شود.

۲- جذاب‌ترین روش، تحلیل مستقیم آماری معاملات واقعی در حق‌آبه‌ها بین خریداران و فروشندگان در بازار آب است. اما این روش در عمل، کاربرد محدودی دارد؛ چرا که پراکندگی بازارها و کمیابی داده‌های دقیق مانع این کار می‌شود.

1- Primary data (surveys)

2- Secondary data (censuses or government reports)

۳- روش ارزش‌گذاری ضمنی به تحلیل معاملاتی می‌پردازد که در آن‌ها کیفیت آب یا عرضه آن در بین معاملات فرق می‌کند. از این روش، سهم حق‌آبه‌ها در قیمت فروش از طریق تحلیل آماری تفکیک می‌شود.

۳-۲-۱- استخراج توابع تولید و تقاضا

گاهی اوقات توابع تولید با تکنیک‌های اقتصادسنجی به‌عنوان پایه‌ای برای تخمین ارزش آب به کار می‌رود. شکل عمومی تابع تولید به‌صورت زیر می‌باشد (یونگ، ۲۰۰۵)

$$Y = f(M, H, L, K, W) \quad (۲۷-۳)$$

در رابطه بالا،

M = مواد اولیه،

H = نیروی کار،

L = منابع طبیعی و زمین،

K = سرمایه و

W = آب است که با داده‌ها و تکنیک اقتصادسنجی متناسب می‌شود. ارزش توابع تولید نهایی می‌تواند استخراج شود

تا ملاک تقاضای آب و ارزش آن‌را فراهم کند. به‌طور عمده این رویکرد در مطالعه بهره‌وری آب کشاورزی به کار می‌رود. توابع تولید برآورد شده برای محصولات کشاورزی که آب نهاده عمده در آن‌ها محسوب می‌شود، می‌تواند به سه دسته تقسیم گردد. دسته اول آزمایشات کنترل شده محصول توسط مهندسان کشاورزی است که اثر تغییرات در سطوح مختلف آب بر میزان تولید محصول در شرایط کنترل شده بررسی می‌کنند. دسته دوم شامل مشاهدات حاصل از مطالعات میدانی و مصاحبه است که استفاده از آب و سایر نهاده‌ها و تولید را مورد تاکید قرار داده و برای تحلیل تابع تولید کشاورزی اقتصادسنجی استفاده کرده است. کشاورزان در یک نمونه تصادفی در مورد مقدارهای نهاده و هزینه‌ها (شامل آب) و سطوح درآمد برای بخش قبلی محصول مورد سوال قرار می‌گیرند. چنین مطالعاتی عمدتاً در مورد محصولات چندگانه صورت می‌گیرند ولی گاهی درباره تک محصول نیز مطالعه می‌شوند. پاسخ‌های بررسی‌ها برای فرضیه‌سازی شکل‌های تابع تولید با روش‌های اقتصادسنجی مناسب بوده و ارزش تولید نهایی آب (و سایر نهاده‌ها) را به دست می‌آورند. غالباً معادلات کاب - داگلاس یا معادلات $\log - \log$ استفاده می‌شود. چنین مطالعاتی باید اطلاعاتی را داشته باشد که حیطة وسیعی از کاربردهای آب را برای رسیدن به معیار مناسب ارزش تولید نهایی آب پوشش دهد. دسته سوم از مطالعات، بررسی تقاضای نهاده است و به‌جای این‌که ارزش تولید نهایی را از تابع تولید استخراج کند، مستقیماً رابطه تقاضا را بررسی می‌کند. مدل تقاضای تولیدکننده برای آب چنین بیان می‌شود:

$$Q_w = f(P_w, P_a, P_i, X, S) \quad (۲۸-۳)$$

که در آن:

P_a و P_w = قیمت آب را از یک سیستم خاص و یک منبع جایگزین نشان می‌دهد و

P_i = بردار قیمت‌های نهاده (سرمایه، نیروی کار، و مواد) و

X = میزان تولیدی را که باید محقق شود و

S = بردار عوامل دیگر از قبیل فن آوری و آب و هوا را نشان می‌دهد.

ضعف‌های عمده این روش، هزینه جمع‌آوری اطلاعات و تنوع گسترده در فن‌آوری‌های تولید در بین صنایع است. این روش با بررسی بنگاه‌های نمونه تصادفی در یک صنعت انجام می‌پذیرد و کاربرد آماری آن نیاز به نمونه‌های بزرگ و هزینه‌بری دارد.

برآورد تقاضای نهاده از طریق روش‌هایی از قبیل ترجیحات آشکار شده، ترجیحات اظهار شده و روش مبتنی بر مدل‌سازی نیز می‌تواند صورت گیرد، اما از آنجا که تقاضای نهاده از تابع تولید استخراج می‌شود و به مطلوبیت کشاورز وابستگی ندارد، بنابراین استفاده از چنین روش‌هایی از لحاظ تئوریک دچار مشکل است چرا که ارزش تولید نهایی آب به تولید نهایی آب و قیمت محصول مرتبط است. با این حال جهت آشنایی با کلیت چنین روش‌هایی که غالباً در موارد زیست‌محیطی به کار می‌رود به توضیح مختصر آن‌ها در زیر پرداخته می‌شود (ضابطه شماره ۳۳۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۴):

الف- رویکرد مبتنی بر ترجیحات آشکار شده^۱

در این رویکرد متغیر مورد نظر از طریق قیمت سایر کالاها قیمت‌گذاری می‌شود. از آنجا که تمایل به پرداخت هر فرد برای کالای مورد نظر مستقیماً قابل مشاهده نیست، از تمایل به پرداخت فرد برای کالایی که می‌تواند نماینده متغیر مورد نظر باشد و ترجیحات وی در مورد کالای دوم مشخص و معین است، استفاده می‌گردد. این رویکرد شامل چندین روش از قبیل هزینه سفر، صورت مخارج، بهره‌وری و غیره می‌گردد.

ب- رویکرد مبتنی بر ترجیحات اظهار شده^۲

در این رویکرد مستقیماً اطلاعات مربوط به ترجیحات مصرف‌کنندگان در مورد کالاهای غیربازاری از طریق پرسش و مصاحبه مستقیم با آنان سنجیده می‌شود. این رویکرد شامل «روش تمایل به پرداخت»^۳ (هر فرد چقدر حاضر است پرداخت کند تا از این شرایط محیطی خوب بهره بگیرد)، «روش تمایل به پذیرش»^۴ (هر فرد چقدر حاضر است بپذیرد تا این شرایط محیطی نامطلوب را تحمل کند) و «روش ارزش‌گذاری مشروط»^۵ (پژوهشگر یک بازار فرضی را برای مصاحبه

1- Revealed Preferences

2- Stated Preferences

3- Willingness to Pay

4- Willingness to Accept

5- Contingent Valuation Method

شوندگان ایجاد می‌کند و ویژگی‌های کالاها و خدمات موردنظر خود را به طور شفاف توصیف می‌نماید تا آنان بتوانند به درستی تمایل به پرداخت خود را ابراز کنند) می‌گردد.

در این راستا روش‌های مبتنی بر مدل‌سازی انتخاب^۱ نیز وجود دارد که به رفتار فرضی و ارزش‌گذاری پولی غیرمستقیم توجه می‌کنند. این روش شامل ایجاد بازارهای فرضی همراه با تغییر بیش‌تر داده‌های حاصل از بررسی برای رسیدن به ارزش‌های اقتصادی هستند.

۳-۲-۲- مشاهده مستقیم بازارهای آب

معاملات خریدار و فروشنده شامل مبادلات پولی بین بخشی برای حق‌آبه است که نسبتاً در بیش‌تر نقاط دنیا متداول نیست. این امر ممکن است ناشی از این مطلب باشد که قوانین بازار و حقوق مالکیت که برای معاملات بازار لازم هستند، موجود نمی‌باشد. به هر حال، معاملات حق‌آبه غالباً رخ می‌دهند. چون بازارهای آب تقریباً همیشه درگیر آب کشاورزی هستند، ارزش‌گذاری آب آبیاری از شکل‌های مختلف معاملات و مبادلات به طور مختصر در زیر آمده است.

۳-۲-۲-۱- بازارهای اجاره حق‌آبه به‌عنوان ماخذ تعیین ارزش آب

بازارهای اجاره برای آب هم به صورت رسمی و هم به صورت غیررسمی در بین کشاورزان در بسیاری از بخش‌های جهان دیده می‌شود. بازارهای اجاره برای مبادله حق‌آبه در یک دوره محدود از یک چرخه آبیاری تا یک فصل فعالیت می‌کنند. بیش‌تر بازارهای اجاره در بین استفاده‌کنندگان آب کشاورزی و نوعاً در بین همسایگان و جاهایی که هزینه معاملات و انتقال زیاد نیست، صورت می‌گیرد. قیمت‌های اجاره عمدتاً به‌عنوان ارزش‌های کوتاه مدت، خصوصی، در مکان مصرف و دوره‌ای شناخته می‌شوند. قیمت‌های بازار اجاره منعکس‌کننده جنبه خصوصی و نه عمومی کالا هستند (یعنی یارانه‌ها و مداخلات دولت را در نظر نمی‌گیرند). نرخ‌های اجاره آب تا حد زیادی با وضع بارش و عرضه آب تغییر می‌کند، بنابراین مشاهدات مبتنی بر عرضه و تقاضای خصوصی کوتاه مدت برای آب آبیاری دارای ارزش محدودی در اهداف برنامه‌ریزی بلند مدت عمومی است.

۳-۲-۲-۲- قیمت‌های بازاری مشاهده شده برای حق‌آبه‌های دائمی

با توجه به مشاهده بازارهای حق‌آبه‌های دائمی، برخی اطلاعات سری زمانی برای آن‌ها جهت تحلیل وجود دارد. با وجودی که نرخ‌های اجاره برای حق‌آبه‌های دائمی منعکس‌کننده دیدگاه حسابداری خصوصی هستند، اما در بعضی زمینه‌های دیگر متفاوت می‌باشند. اجاره حق‌آبه‌های دائمی، ارزش‌های در محل تامین بلند مدت هستند، چون خریداران و فروشندگان ظاهراً هزینه‌های تولید، تصفیه و انتقال را در محاسبات تمایل به پرداخت و فروش به حساب آورده‌اند. برخلاف نرخ‌های اجاره، معاملات برای حق‌آبه‌ها منعکس‌کننده ارزش فعلی خالص درآمدهای آینده هستند. مشاهدات

قیمت‌ها برای بازارهای دائمی، پایه مناسب‌تری نسبت به نرخ‌های اجاره برای تخمین ارزش‌ها در برنامه‌ریزی بلندمدت هستند.

ارزش‌هایی که در برنامه‌ریزی آب و تحلیل سیاست‌های مرتبط با آن به کار می‌روند، براساس معیار منافع سالیانه هستند. گام نخست این است که ارزش‌های بازاری برای حقوق آب دائمی به خالص سودهای سالیانه تخمینی تبدیل گردند. تحلیل‌گران از فرمول ارزش حال برای به دست آوردن قیمت حق‌آبه سالیانه از دوره برنامه‌ریزی و نرخ بهره مناسب استفاده می‌کنند. بیش‌تر تحلیل‌گران، نرخ بهره و ارزش سالیانه ثابتی را فرض می‌کنند و دوره زمانی بلندمدت نزدیک به بی‌نهایت را در نظر می‌گیرند. تحت چنین مفروضاتی، فرمول ارزش حال به صورت زیر در می‌آید:

$$V = A/r \quad (29-3)$$

در رابطه فوق،

$V =$ ارزش حال درآمدهای یکسان سالانه از یک سرمایه به میزان A در نرخ بهره r است. انتخاب نرخ بهره و ثابت فرض کردن ارزش‌های سالیانه ممکن است مشکل‌زا باشد. مشکل دیگر این است که قیمت‌های بازاری برای حق‌آبه ممکن است توسط مداخلات عمومی، منحرف شده باشند. در مواردی که سرمایه‌گذاران انتظار دارند که بازدهی‌ها رشد داشته باشند، تعدیلی در معادله فوق صورت می‌گیرد. اگر مشارکت‌کنندگان در بازار انتظار داشته باشند که بازدهی‌ها با نرخ درصد ثابت g رشد کند و فرض نرخ ثابت تنزیل r برقرار باشد، آن‌گاه ارزش دارایی بدین صورت می‌شود:

$$V = \frac{A}{r-g} \quad (30-3)$$

اگر انتظار برود که درآمدهای سالیانه حتی به طور ناچیزی رشد کنند، ارزش حاصل از آن در برآورد ارزش حال به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تاثیر قرار می‌گیرد.

۳-۲-۳- روش ارزش‌گذاری ضمنی

تکنیک استقرایی دیگری که گاهی برای ارزش‌گذاری آب به‌عنوان نهاده تولید به کار می‌رود، روش ارزش‌گذاری ضمنی است. این روش، نوعی از رویکرد ترجیحات آشکار شده است که در موقعیت‌هایی که مشاهدات معاملات بازار بتواند اطلاعاتی را فراهم کند، به کار می‌رود و به طور غیرمستقیم تمایل به پرداخت برای تغییرات در عرضه آب یا کیفیت محیطی را اندازه‌گیری می‌کند.

روش‌های قیمت‌گذاری ارزش‌گذاری ضمنی برای تحلیل بازارها در مورد کالاهایی توسعه یافته‌اند که آن کالاها دارای چندین ویژگی شناخته شده برای خریداران بوده اما این ویژگی‌ها هنگام خرید، قابل تفکیک نمی‌باشند. این رویکرد فرض می‌کند که قیمت برخی کالاهای بازاری تابعی از ویژگی‌های آن بوده و قیمت ضمنی برای هر کدام از آن ویژگی‌ها وجود دارد. مثال‌های ویژگی‌های قابل شناسایی، از جمله با مشارکت‌کنندگان بازار، عرضه یا کیفیت آب مربوط به دارایی‌های تولیدی مانند زمین است. این روش نشان می‌دهد که افزایش قیمت در هر ویژگی برابر با میل نهایی پرداخت برای آن ویژگی و یا هزینه نهایی فروشندگان از تولید آن ویژگی است. وقتی که خریداران و فروشندگان دارای

زمان کافی برای تعدیل واکنش‌های خود هستند، قیمت تعادلی نهایی ارزش‌گذاری ضمنی برابر ارزش نهایی خریداران و فایده نهایی به دست آمده برای فروشندگان است. عموماً منابع اطلاعات، مشاهده معاملات املاک و مستغلاتی است که حقوق صریح یا ضمنی عرضه آب را در بر می‌گیرند. روش‌های ارزش‌گذاری ضمنی، ابزارهای اقتصادسنجی هستند که سهم اختلافات کیفیت یا عرضه آب در کل قیمت دارایی را تفکیک می‌کنند. تخمین‌های ارزش‌گذاری ضمنی، ارزش در محل تأمین را به‌جای در مکان مصرف آب به دست می‌آورند. فرض بر این است که هزینه‌های انتظاری آب به‌عنوان هزینه دریافت آب سطحی یا هزینه خصوصی پمپاژ آب زیرزمینی در مذاکرات قیمتی خریداران و فروشندگان عقلایی و مطلع زمین لحاظ شده است. از این‌رو، ارزش آب حاصل از این روش کم‌تر از ارزش در مکان مصرف آب است. در این روش، قیمت زمین شامل تمایل به پرداخت برای دسته‌ای از ویژگی‌ها از قبیل حقوق و ویژگی‌های مربوط به آب و ارزش زمین می‌شود. در صورتی که اطلاعات موجود باشند، مدل زیر را می‌توان برای جداسازی ارزش آب از قیمت زمین به‌کار گرفت:

$$P = f(L, V, D, W)$$

P = قیمت فروش زمین کشاورزی

L = مساحت زمین کشاورزی (برحسب هکتار)

V = ارزش ساختمان و تاسیسات زمین کشاورزی

D = فاصله زمین به نزدیکترین شهر (برحسب کیلومتر)

W = میزان حق‌آبه (برحسب مترمکعب)

برخی مطالعات جزئیات بیشتری از کیفیت زمین را نیز وارد مدل کرده‌اند. اگر داده‌ها شامل دوره سریع تغییرات قیمت زمین باشند، سال فروش نیز ممکن است، یک متغیر باشد. به منظور اعتبار آماری روشی لازم است که میزان حبابه‌ها به مساحت زمین در بین نمونه‌های منطقه‌ای به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر کند. متغیرهای فوق در قالب مدل اقتصادسنجی با آزمون‌های مختلف برآورد شده و ضرایب تخمینی مدل برآوردی با استفاده از میانگین متغیرهای فوق در چارچوب جدول زیر برای تعیین ارزش آب به‌کار می‌رود.

جدول ۳-۱- محاسبه ارزش آب با استفاده از تخمین‌های ارزش‌گذاری ضمنی

a	ارزش زمین کشاورزی دارای آب در هر هکتار
B	ارزش زمین کشاورزی بدون آب در هر هکتار
a-b	ارزش آب در هر هکتار
$(a-b) \times r$	ارزش سالیانه آب در هر هکتار (با نرخ تنزیل r) در افق زمانی بی‌نهایت
$\frac{[(a-b) \times r]}{c}$	ارزش هر مترمکعب آب با استفاده از میانگین تخمینی مصرف سالیانه در هر هکتار به میزان c

فصل ۴

مطالعات موردی ارزش‌گذاری آب در

مصارف کشاورزی

۴-۱- کلیات

در این بخش با توجه به روش‌های معرفی شده در بخش قبل به بررسی مطالعات موردی انجام شده با روش‌های فوق پرداخته می‌شود. در این راستا برخی مطالعات موردی انجام شده به ترتیب روش‌های ارزش‌گذاری ضمنی، روش برآورد توابع تولید و هزینه، روش برنامه‌ریزی ریاضی، روش داده - ستانده، مدل تعادل عمومی محاسباتی، روش هزینه جایگزین و تغییر در خالص سودهای اقتصادی تشریح می‌گردد.

۴-۲- روش ارزش‌گذاری ضمنی

در این قسمت، سه مثال در زمینه ارزش‌گذاری آب در زمین‌های کشاورزی با روش ارزش‌گذاری ضمنی به اختصار مورد بررسی قرار می‌گیرد. مثال اول (لاتینوپولوس^۱ و همکاران، ۲۰۰۴) در منطقه چالکیدیکی^۲ یونان انجام گرفته و داده‌ها از طریق پرسش‌نامه از کشاورزان منطقه در مساحت ۱۱۰۰۰ هکتار جمع‌آوری شده است. مثال دوم (فوکس و پری^۳، ۱۹۹۹) در مالهویر ایالات متحده صورت گرفته که داده‌های آن از دفتر ارزیابی استان مذکور تامین شده است که ۱۵۰۰۰۰ جریب زمین را پوشش می‌دهد. در دو مثال فوق، آبیاری زمین‌های کشاورزی از آب‌های سطحی صورت گرفته است، اما مثال سوم (تورل^۴ و همکاران، ۱۹۹۰) در مقیاس وسیع چند ایالت آمریکا که در روی سفره آب زیرزمینی اوگالالا واقع شده‌اند، انجام گرفته و زمین‌های مورد مطالعه تنها از طریق آب‌های زیرزمینی و بارندگی‌های سالیانه آبیاری شده‌اند. این مثال از اطلاعات وسیع جغرافیایی، زمین‌شناسی و آمارهای اقتصادی بهره‌جسته است. سه مثال مذکور و جزئیات روش ارزش‌گذاری ضمنی در هر کدام از آن‌ها در زیر توضیح داده خواهد شد.

۴-۲-۱- مثال چالکیدیکی یونان

آب در چالکیدیکی برای آبیاری ۱۱۰۰۰ هکتار زمین کشاورزی به کار می‌رود. این میزان تنها ۱۵ درصد زمین قابل کشت منطقه را شامل می‌شود که علت آن کمیابی آب حاصل از خشکی منطقه و گرمی هوا به ویژه در تابستان است. در ضمن، بهره‌برداری‌های رو به افزایش از آب‌های زیرزمینی نیز مزید بر علت شده است. آب در منطقه برای مصارف شهری بسیار ارزشمند بوده و در طول تابستان نیز بر اهمیت آن افزوده می‌گردد. سایر مصارف رقیب از قبیل صنعت و برق‌آبی در منطقه مورد مطالعه قابل صرف‌نظر بودند. تمامی عملیات‌های کشاورزی منطقه از طریق ۴۵۰۰ خانوار صورت می‌گیرد. ساختار مالکیت زمین به طور میانگین ۲/۵ هکتار در هر مزرعه است. عمده محصولات منطقه زیتون، زردآلو، گل‌ابی، غله، گندم و سبزیجات است. آشکار است که افزایش آب در مصارف کشاورزی موجب افزایش بهره‌وری زمین و مازاد

1- Latinopoulos
2- Chalkidiki
3- Faux and Perry
4- Torell

تولیدکننده می‌گردد. این مطلب با اطلاعات فروش زمین مورد تایید قرار گرفته است. میانگین قیمت هر هکتار زمین آبیاری شده دو برابر قیمت زمین بدون آبیاری است. از این‌رو تحلیل ارزش‌گذاری ضمنی جهت تجزیه ارزش زمین کشاورزی و برآورد قیمت ضمنی آب جهت مصارف کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اطلاعات انجام تحلیل ارزش‌گذاری ضمنی از طریق تکمیل پرسش‌نامه از نمونه ۱۷۶ کشاورز مالک منطقه به دست آمده است. پرسش‌نامه شامل ۲۵ سوال بر طبق چهار دسته‌بندی الف) اطلاعات جمعیتی و اقتصادی اجتماعی ب) ساختار زمین، محیط و موقعیت ج) موجودیت و روش‌های عرضه آب و آبیاری د) اطلاعات ارزش زمین و معاملات اخیر و قیمت‌ها انجام گرفته است. تحلیل مقدماتی آماری از ۱۷۶ قطعه نشان داد که توزیع دو متغیر اصلی اندازه قطعه و ارزش آن در هر هکتار دارای کشیدگی^۱ زیادی هستند. میانگین اندازه زمین ۱/۸۷ هکتار و میانه آن ۱/۲ هکتار بوده، درحالی‌که میانگین و میانه ارزش برابر ۴۹۸۲۳ و ۲۶۴۱۲ یورو در هکتار بوده است. با توجه به پایین بودن میانگین و میانه ارزش اندازه زمین چنین استنباط می‌گردد که جمع کردن قطعه‌های کوچک به چند قطعه بزرگ در منطقه مورد توجه قرار نمی‌گیرد. این قضیه به عملیات‌های کشاورزی خانوادگی منطقه مربوط می‌شود. دو مساله اصلی در کاربرد روش ارزش‌گذاری ضمنی وجود دارد. اول، شناسایی متغیرهایی است که ویژگی‌های زمین کشاورزی را نشان می‌دهند و دوم انتخاب شکل تابع قیمت ارزش‌گذاری ضمنی است. وسعت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه، عامل مسلطی در شناسایی تمامی ویژگی‌های مهم زمین است. در کاربرد روش‌های ارزش‌گذاری ضمنی که با زمین‌های کشاورزی در نواحی بزرگ سر و کار دارند، تعداد ویژگی‌های مهم بیش‌تر از کاربرد این روش در نواحی کوچک است. این موضوع ناشی از این است که با افزایش اندازه مورد مطالعه، تغییرپذیری ویژگی‌های فیزیکی از قبیل شرایط جوی و کیفیت خاک، ویژگی‌های جمعیتی و اجتماعی مانند تراکم و استفاده زمین و ویژگی‌های اقتصادی افزایش می‌یابد. با توجه به کوچک بودن منطقه مورد مطالعه بیش‌تر ویژگی‌های فوق یکسان در نظر گرفته شده و از ابتدا حذف شدند. تئوری اقتصادی به تصریح شکل تابعی برای استفاده زمین کمکی نمی‌کند و شکل مدل باید به‌صورت تجربی به دست آید. از بین مدل‌های رگرسیونی معروف خطی، نیمه لگاریتمی و لگاریتمی - خطی در این مطالعه از نیمه لگاریتمی استفاده شده که بهتر با اطلاعات موجود هم‌خوانی داشته است. مدل ارزش‌گذاری ضمنی نیمه لگاریتمی برای هر قطعه زمین به‌صورت زیر می‌باشد:

$$\ln Y_i = a + bX_i + u_i \quad (1-4)$$

که در آن؛

Y_i = متغیر وابسته و ارزش هر هکتار زمین در قطعه i ام،

X_i = بردار متغیرهای توضیحی،

u_i = باقی‌مانده حاصل از مدل رگرسیون برازش شده،

$a =$ جمله ثابت است. شش متغیر توضیحی زیر با روش حداقل مربعات معمولی تخمین زده شد. مدل ارزش‌گذاری ضمنی حاصل از تخمین داده‌ها به صورت زیر می‌باشد:

$$\ln(\text{LANDVAL}) = 9.24 + 0.309 \text{FLDSLOP} - 0.002 \text{FLDALTD} + 0.268 \text{OLVCULT} + 0.706 \text{IRRIGAT} + 0.002 \text{ROADST} + 0.061 \text{VILDIST} \quad (2-4)$$

جدول ۴-۱- تعریف و خلاصه آماری متغیرها در تخمین ارزش‌گذاری ضمنی

متغیر	تعریف	Mean	SD	Min	Max
LANDVAL	(لگاریتم طبیعی) ارزش هر قطعه زمین برحسب یورو در هکتار	۱۰/۱۴۱	۱/۰۱۹	۸/۳۹۰	۱۳/۵
FLDSLOP	شیب زمین: ۱ اگر تقریباً مسطح است، صفر اگر مسطح نیست	۰/۵۸۲	۰/۴۹۴	۰	۸۰۰
FLDALTD	میانگین ارتفاع زمین بالاتر از سطح دریا (متر)	۱۶۶	۱۷۸/۱۲۷	۱	۱
OLVCULT	درخت زیتون در منطقه: ۱ وجود دارد، صفر ندارد	۰/۶۳۱	۰/۴۸۴	۰	۱
IRRIGAT	کشت آبیاری: ۱ دارد، صفر ندارد	۱/۶۵۹	۰/۴۷۵	۰	۱
ROADIST	معکوس فاصله به نزدیک‌ترین جاده اصلی ($\frac{1}{\text{km}}$)	۲۰/۳۰۴	۵۷/۴۷۲	۰/۰۷۰	۱۰۰
VILDIST	معکوس فاصله به نزدیک‌ترین روستا / شهر ($\frac{1}{\text{km}}$)	۱/۶۶۷	۴/۰۷۳	۰/۰۶۰	۲۰

جدول ۴-۲- تخمین‌های رگرسیون و آماره‌های عملکرد مدل

متغیر	تخمین ضریب	انحراف معیار	آماره t
Intercept	۹/۴۲۷	۰/۱۶۵	۵۷/۰۱۲
FLDSLOP	۰/۳۰۹	۰/۱۱۲	۲/۷۶۱
FLDALTD	-۰/۰۰۲	۰	-۴/۲۳۰
OLVCULT	۰/۲۶۸	۰/۱۲۲	۲/۲۰۳
IRRIGAT	۰/۷۰۶	۰/۱۳۱	۵/۳۷۸
ROADIST	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۲/۲۱۳
VILDIST	۰/۰۶۱	۰/۰۱۴	۴/۲۳۵

ضریب تعیین مدل برآورد شده برابر ۰/۵۴ و آماره‌های آن حاکی از معنی دار بودن متغیرها است و آماره‌های دیگر نیز خودهمبستگی و هم‌خطی بودن مدل را رد می‌کند^۱. جمله عرض از مبدا بزرگ بوده و از نظر آماری کاملاً معنی دار است. مفهوم این جمله آن است که قیمت پایه‌ای برای زمین کشاورزی منطقه وجود دارد که با ویژگی‌های عمومی و یکسان منطقه تعیین می‌شود. متغیرهای شیب و ارتفاع نیز حاکی از اهمیت شرایط کاری زمین کشاورزی است. حضور متغیر کاشت درخت زیتون ناشی از این مطلب است که تولید زیتون، سودآورترین محصول کشاورزی منطقه است. سرانجام متغیرهای مجاورت به جاده‌های اصلی و مناطق مسکونی نیز تاثیر مثبتی بر فعالیت‌های کشاورزی دارد. نقش برجسته متغیر آبیاری در مدل بسیار چشمگیر است. این متغیر مجازی صرف‌نظر از اهمیت آماری آن از نظر مقدار ضریب نیز نشان می‌دهد که قیمت زمین دارای آب دو برابر قیمت زمین بدون آب است ($e^{0.706} = 2.02$).

۱- برای مرور یا آشنایی با ادبیات نظری و کاربردی اقتصادسنجی به پیوست ۲ مراجعه کنید.

برای محاسبه ارزش آب در مصرف کشاورزی با استفاده از مدل، ابتدا تمامی متغیرها غیر از آبیاری با مقدار میانگین آن‌ها معین شده و ارزش زمین در حالت‌های با آبیاری و بدون آن در ردیف ۱ و ۲ جدول (۳-۴) محاسبه می‌شود. آن‌گاه از تفاضل این دو ارزش به ارزش آب در هر هکتار خواهیم رسید. در ردیف ۵ با نرخ تنزیل (r) ۲/۵ درصد و افق زمانی بی‌نهایت، ارزش سالیانه آب در هر هکتار به دست می‌آید. ردیف ۵ ارزش آب در هر مترمکعب را نشان می‌دهد. این ردیف از تقسیم ردیف قبل بر میانگین تخمینی مصرف سالیانه آب (c) در حدود ۷۰۰۰ مترمکعب در هکتار حاصل شده است.

جدول ۳-۴- ارزش آب در مصارف کشاورزی در چالکیدیکی (یورو)

۳۲۱۲۱	ارزش زمین کشاورزی دارای آب در هر هکتار (a)
۱۵۸۵۱	ارزش زمین کشاورزی بدون آب در هر هکتار (b)
۱۶۲۷۰	ارزش آب در هر هکتار (a-b)
۴۰۷	ارزش سالیانه آب در هر هکتار $([a-b]*r)$
۰/۰۶	ارزش آب در مترمکعب $([a-b]*r/c)$

۴-۲-۲- مثال مالهور^۱ آمریکا

آب در دره تریجر^۲ واقع در شمال شرقی مالهور در ایالات متحده حدود ۱۵۰/۰۰۰ جریب^۳ زمین کشاورزی را آبیاری می‌کند. البته استفاده‌های دیگر از قبیل برق‌آبی و محیط زیستی نیز از آب صورت می‌گیرد. محصولات عمده کشاورزی شامل پیاز، گوجه فرنگی، چغندر قند می‌شود. میانگین بارندگی ۸ اینچ در سال است. حدود ۹۰ درصد آبیاری کشاورزی منطقه از چهار منبع، تامین آب می‌شود. متغیرهایی که در روش ارزش‌گذاری ضمنی شناسایی شدند به شرح زیر می‌باشند:

قیمت زمین در هر جریب متغیر وابسته بوده و تابع متغیرهای مستقل طبقه‌بندی خاک در هر جریب، فاصله تا شهر، تعداد مجوز ساخت تقسیم بر کل مساحت، ارزش ساختمان‌ها تقسیم بر کل مساحت و تاریخ فروش بر طبق زمان فروش می‌باشد.

طبقه‌بندی زمین بر اساس نوع و منبع تامین آبیاری از یک تا پنج دسته‌بندی شده‌اند. طبقه‌بندی ۶ و ۷ برای زمین‌های بدون آبیاری هستند. فاصله و معکوس آن تا سه شهر محلی نیز در نظر گرفته شده‌اند. متغیر مجوز ساخت نیز به این دلیل در نظر گرفته شده که زمین‌ها منحصرًا برای استفاده کشاورزی بوده و ساخت ابنیه در آن نیازمند مجوز است. مجموعه اطلاعات فوق از دفتر ارزیابی استان برای سال‌های ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۴ در تعداد ۲۲۵ نمونه تهیه شده است. میانه اندازه ملک‌های نمونه ۷۸ جریب و میانه قیمت آن‌ها ۱.۳۹۴ دلار در جریب است. با استفاده از آزمون‌های آماری گوناگون، مدل مناسب خطی جهت مدل ارزش‌گذاری ضمنی تصریح شده است. نتایج مدل مذکور در جدول زیر آمده است:

1- Malheur
2- Treasure Valley
3- Acre

جدول ۴-۴- مدل ارزش‌گذاری ضمنی برای فروش زمین کشاورزی در دره تریجر

متغیر	تخمین ضریب	انحراف معیار	آماره t
نوع زمین I	۲۹۱۸	۶۰۹	۴/۸
نوع زمین II	۲۱۰۰	۱۵۴	۱۳/۷
نوع زمین III	۱۴۸۹	۹۰	۱۶/۶
نوع زمین IV	۹۶۲	۷۶	۱۲/۶
نوع زمین V	۸۸۱	۹۸	۹
نوع زمین VI	۳۶۷	۵۹	۶/۲
نوع زمین VII	۲۴۸	۵۶	۴/۴
ارزش ساختمان	۱/۱۷	۰/۷۶	۱۵/۵
مجوز ساخت	۶/۲۰۸	۲/۶۷۲	۲/۳۲
ماه از ژوئن ۱۹۹۳	۳/۷۷	۰/۸۰	۴/۷
مسافت تا اونتاریو	-۵/۳۶	۱/۹۹	-۲/۷۰
معکوس مسافت تا اونتاریو	۲۷۸	۹۳	۲/۹۹
معکوس مسافت تا وال	-۱۰۴	۶۹	۱/۵۲

$$R^2 = 0.92$$

در این مدل، ۱۳ متغیر توضیحی وجود دارد که ۱۲ تا از متغیرها در سطح ۵ درصد معنی‌دار هستند و ضریب تعیین مدل ۰/۹۲ است. زمین‌های نوع اول تا پنجم آبیاری شده بوده و زمین‌های نوع ۶ و ۷ بدون آبیاری هستند. به علت پایین بودن حجم بارندگی، زمین‌های بدون آبیاری صرف‌نظر از حاصل‌خیزی زمین از بهره‌وری پایینی برخوردار هستند، از این‌رو ارزش تخمینی از زمین نوع ۶ ملاک خوبی برای برآورد ارزش آب زمین‌های ۱ تا ۵ است، چون زمین‌های فوق در حالت بدون آبیاری در سطح زمین ۶ قرار می‌گیرند. برای این کار ارزش زمین نوع ۶ را از ارزش زمین انواع ۱ تا ۵ کسر می‌کنیم. این محاسبات در جدول بعد آمده است.

جدول ۴-۵- ارزش آب آبیاری در دره تریجر (به دلار)

	نوع زمین				
	V	IV	III	II	I
۱- ارزش زمین آبیاری شده در هر جریب	۸۸۱	۹۶۲	۱۴۸۹	۲۱۰۰	۲۹۱۸
۲- ارزش زمین بدون آبیاری در هر جریب	۳۶۷	۳۶۷	۳۶۷	۳۶۷	۳۶۷
۳- ارزش آب در هر جریب (در افق زمان بی‌نهایت)	۵۱۴	۵۹۵	۱۱۲۲	۱۷۴۳	۲۵۵۱
۴- ارزش سالیانه آب در هر جریب (با نرخ تنزیل ۶ درصد)	۳۱	۳۶	۶۷	۱۰۵	۱۵۳
۵- ارزش آب در هر جریب - فوت (با مصرف سالیانه ۳/۵ جریب - فوت در هر جریب زمین)	۹	۱۰	۱۹	۳۰	۴۴

ردیف اول، ارزش زمین حاصل از روش ارزش‌گذاری ضمنی را نشان می‌دهد. ردیف ۲ ارزش زمین از نوع ۶ که بدون آبیاری است را نشان می‌دهد. ردیف ۳ اختلاف دو ردیف اول است و ارزش آب آبیاری را بین ۵۱۴ تا ۲۵۵۱ دلار در هر جریب در انواع مختلف زمین نشان می‌دهد. این ارزش با نرخ تنزیل ۶ درصد به ارزش سالیانه آب در ردیف ۴ تبدیل شده

است. با فرض این‌که میانگین مصرف سالیانه ۳/۵ جریب - فوت در هر جریب باشد، ارزش آب در هر جریب - فوت در یک‌سال در ردیف ۵ محاسبه شده است. حداقل ارزش آب در نوع ۵ برابر ۵۱۴ دلار است و مقادیر بالاتر از آن را می‌توان به کیفیت خاک در زمین‌ها نسبت داد.

۴-۲-۳- مثال سفره آب زیرزمینی اوگالالای آمریکا

سفره آب زیرزمینی اوگالالا^۱ محتوی ۳/۵ میلیارد جریب - فوت آب است که برخی ایالت‌های آمریکا بر روی آن واقع شده‌اند و در بسیاری از قسمت‌های آن از سطح قابل پمپاژ پایین‌تر رفته است. این سفره آب زیرزمینی به میزان بسیار ناچیزی احیا می‌شود و نشان‌دهنده منبع غیر قابل احیای محدود است. این مطالعه، ارزش آب را به صورت اختلاف قیمت بین فروش زمین کشاورزی بایر و آبیاری محاسبه می‌کند. زمین‌های فروخته شده بر مبنای ملاک‌های زیر در تحلیل انتخاب شدند:

۱- زمین مذکور صرفاً استفاده کشاورزی داشته و دامداری نبوده است.

۲- زمین باید روی سفره زیرزمینی اوگالالا واقع شده باشد.

۳- آبیاری زمین از منابع زیرزمینی صورت گرفته باشد.

داده‌های مطالعه از فروش زمین در ایالت‌های کلرادو، کانزاس، نبراسکا، نیو مکزیکو، اوکلاهما تهیه شده است. داده‌های اولیه شامل ۶۸۶۸ فروش زمین بایر و ۱۱۲۷ زمین آبیاری شده بوده است. به علت فقدان برخی متغیرها در داده‌های مذکور نهایتاً ۶۱۳۲ زمین بایر و ۹۸۶ زمین آبیاری شده در تحلیل به کار رفتند که بین سال‌های ۱۹۷۹ تا ۱۹۸۶ به فروش رفته بودند. در مورد زمین‌های آبیاری شده، سه ویژگی ضخامت اشباع سفره آب زیرزمینی، ارتفاع تا آب و ضریب اشباع نیز تعیین گردیدند. ضخامت اشباع، تخمینی از ضخامت سفره در زمین مورد نظر است. ضریب اشباع نیز تخمینی از مقدار آبی است که با جاذبه زمین از یک فوت مکعب از لایه سنگی اشباع شده در سفره، جریان پیدا می‌کند. این اطلاعات با کمک مطالب زمین شناسی و نقشه‌های منطقه به دست آمده است. قیمت زمین‌های بایر و آبیاری شده در مدل‌های زیر معرفی شده و متغیرهای توضیحی آن در جدول (۴-۶) آمده است:

$$PRICE_{DRY} = f_{dry}(HBVALUE, TIME, STATIME, SIZE, PRECIP, EARNINGS)$$

$$PRICE_{IRR} = f(HBVALUE, TIME, STATIME, SIZE, EARNINGS, RECHARGE, NIR, DEPTH, WATER) \quad (3-4)$$

مدل‌های فوق از طریق حداقل مربعات معمولی (OLS) تخمین زده شدند.

جدول ۴-۶- تعریف متغیرهای مدل ارزش‌گذاری ضمنی

متغیر	تعریف
PRICE	قیمت زمین بایر یا آبیاری شده در واحد دلار در هر جریب
HBVALUE	ارزش ساختمان و تاسیسات فروخته شده با زمین در هر جریب
TIME	متغیر روند زمان بر حسب تعداد ماه‌ها از ژانویه ۱۹۷۹ که زمین‌ها فروخته شدند (چهار ایالت با دو حرف اول آن‌ها متمایز شده‌اند)
TIME ²	مربع متغیر روند زمان
STATE	ایالتی که زمین در آن واقع شده و به‌صورت چهار متغیر موهومی جداگانه برای چهار ایالت
STATEIME	انتقال دهنده شیب ناشی از اختلاف در روند زمانی قیمت فروش زمین بین ایالت‌های مختلف
SIZE	اندازه زمین بر حسب جریب
EARNINGS	درآمد انتظاری در زمان خرید زمین که با میانگین بازدهی ۳ سال قبل بر هزینه نقدی کاشت محصول در زمین به‌دست آمده است.
PRECIP	میانگین بلند مدت سالیانه بارندگی از ایستگاه‌های هواشناسی در ایالتی که زمین فروخته شده
RECHARGE	متغیر موقعیت که بیان می‌کند زمین در جایی واقع شده که سفره زیرزمینی در آن احیا شود یا نزول کم‌تری داشته باشد.
NIR	حداقل سطح خالص آبیاری مورد نیاز برای رشد محصولات عمده
DEPTH	ارتفاع آب زیرزمینی تا سطح زمین بر حسب فوت
STATHICK	ضخامت اشباع سفره زیرزمینی در محل زمین
YIELD	میزان آبی که با جاذبه از هر فوت مکعب لایه سنگی جریان می‌یابد.
WATER	عمق آب موجود برای پمپاژ (حاصل‌ضرب دو متغیر فوق)
LNWATER	لگاریتم طبیعی متغیر بالا

تمامی ضرایب متغیرهای جدول (۴-۷) از نظر آماری در سطح ۱ درصد معنی‌دار هستند و ضریب تعیین مدل زمین بایر برابر ۰/۶۱ و زمین آبیاری ۰/۷۴ است.

جدول ۴-۷- تخمین ضرایب مدل ارزش‌گذاری ضمنی

متغیر	مدل زمین بایر	مدل زمین آبیاری
INTERCEPT	-۶۷۸	۷۵۰
HBVALUE	۱/۲۸	۱/۱۳
TIME	۹/۶۷	۲۴/۱۵
TIME ²	-۰/۱۵	۰/۳۵
NMTIME	-۱۰/۵۹	-۱۸/۱۴
NMTIME ²	۰/۱۷	۰/۲۷
OKTIME	-۱۳/۳۰	-۳۲/۴۷
OKTIME ²	۰/۱۹	۰/۴۰
KNTIME	-۸/۱۳	-۲۳/۱۱
KNTIME ²	۰/۱۲	۰/۳۰
COTIME	-۶/۲۵	-۳۱/۹۵
COTIME ²	۰/۱۲	۰/۴۰
SIZE	-۰/۱۶	-۰/۲۴
EARNINGS	۳/۸۵	۲/۱۲
PRECIP	۵۷/۱۰	از نظر آماری بی معنی
RECHARGE	از نظر آماری بی معنی	۳۵۵/۸۸
NIR	از نظر آماری بی معنی	-۷/۴۶
DEPTH	از نظر آماری بی معنی	
LNWATER	از نظر آماری بی معنی	۶۲/۸۴
R ²	۰/۶۱	۰/۷۴

اختلاف در ویژگی‌های سفره آب زیرزمینی از نظر آماری معنی‌دار بوده و ضریب متغیر LNWATER اشاره به این دارد که مقدار آب در سفره زمینی عامل مهمی در قیمت زمین بوده است. ضریب بارندگی در زمین‌های بایر نیز عامل مهمی است که افزایش هر اینچ بارندگی در هر جریب، ۵۷/۱۰ دلار به میانگین ارزش زمین می‌افزاید. تفاوت قیمت‌های زمین کشاورزی در حیطه گسترده جغرافیایی روی سفره آب زیرزمینی اوگالالا عمدتاً با اختلاف در درآمد زمین، حداقل شرایط آبیاری، میزان بارندگی و ویژگی‌های زمین توضیح داده می‌شود. روند تخمینی قیمت زمین بایر و آبیاری در هر ایالت با میانگین‌های متغیرهای توضیحی در هر ایالت به دست می‌آید و اختلاف بین قیمت زمین بایر و آبیاری به عنوان ارزش آب تلقی می‌گردد که شامل تجهیزات آبیاری نیز می‌گردد. میانگین ارزش آب در ایالت نیو مکزیکو در سال ۱۹۸۳ برابر ۹/۴۹ دلار در هر جریب - فوت بوده که بیش‌ترین مقدار در بین ایالت‌ها بوده و در سال ۱۹۸۶ به ۶/۶۴ دلار نزول کرده است. این مقدار معادل ۶۴ درصد میانگین کل قیمت فروش زمین آبیاری در این ایالت می‌باشد. ارزش بالای آب در این ایالت به علت بیابانی بودن این ناحیه بوده و تولید در زمین‌های بایر مستلزم ریسک بالایی است.

۳-۴- ارزش‌گذاری اقتصادی آب از طریق برآورد توابع تولید و هزینه

کاربرد روش‌های استقرایی در تخمین منافع عرضه آب آبیاری در ادبیات اقتصادی کم‌تر از روش‌های قیاسی دیده می‌شوند، چون روش‌های استقرایی مستلزم بررسی‌های زمان‌بر و طولانی از استفاده آب و بازده محصول است، مگر این‌که از داده‌های ثانویه در این مطالعات استفاده شود.

۳-۴-۱- برآورد توابع تولید

داده‌های حاصل از بررسی‌های مزارع کشاورزی برای تخمین ارزش تولید نهایی آب آبیاری به ویژه در کشورهای در حال توسعه به کار می‌رود. با تکنیک‌های اقتصادسنجی می‌توان از این داده‌ها، ارزش تولید نهایی را تخمین زد. این روش با کمک داده‌های اولیه و ثانویه صورت می‌گیرد. داده‌های اولیه اطلاعاتی هستند که از طریق پرسش‌نامه از کشاورزان جمع‌آوری می‌شوند و میزان تولید محصولات و نهاده‌ها و قیمت آن‌ها را از نمونه‌های مختلف آماری کشاورزان تهیه می‌کنند. داده‌های ثانویه نیز اطلاعات مذکور را از سالنامه‌ها و منابع آماری رسمی ارایه می‌کنند. با استفاده از چنین داده‌هایی، توابع تولید مختلفی^۱ جهت برآورد تولید محصول و سهم نهاده‌ها در تولید از جمله آب تخمین می‌زنند. تخمین نیز از طریق مدل‌های اقتصادسنجی است که با نرم‌افزارهای مختلفی از جمله Eviews صورت می‌گیرد.^۲ با استفاده از ضریب متغیر آبیاری در تابع تولید تخمینی و قیمت محصول یا محصولات می‌توان ارزش تولید نهایی آب را به دست

۱- برای مرور یا آشنایی با انواع توابع تولید به پیوست ۱ مراجعه کنید.

۲- برای آشنایی با نرم‌افزار Eviews به کتاب کاربرد Eviews در اقتصاد سنجی نوشته شیرین بخش و خونساری، انتشارات پژوهشکده امور اقتصادی مراجعه کنید.

آورد، این ارزش نشان می‌دهد که هر واحد (مثلاً ۱۰۰۰ مترمکعب) آب چه ارزشی در تولید محصولات کشاورزی دارد. این روش از مقیاس یک مزرعه تا سطح کشور کاربرد دارد.

در این قسمت، ۳ مثال در پاکستان، بنگلادش و شهرستان کرمان را که با تابع تولید صورت گرفته به اختصار شرح داده و چند مورد مطالعاتی توابع تولید آب - محصول در آزمایشات میدانی کنترل شده مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه موردی را که از تابع هزینه در ایالات متحده استفاده کرده، اشاره می‌کنیم.

۴-۳-۱-۱- مثال پاکستان

در این مثال (حسین و یونگ، ۱۹۸۵) از تابع تولید کاب - داگلاس برای برآزش داده‌های گردآوری شده از منطقه‌ای در پاکستان استفاده شد. به علت شرایط آب و هوای بیابانی منطقه، تولید محصولات کشاورزی عمدتاً با آبیاری انجام می‌گیرد. شرایط عرضه آب موجود برای کشاورزان در سراسر پاکستان بسیار متفاوت است. برخی مزارع دارای عرضه غیردائمی آب بوده و تنها در تابستان آبیاری می‌شوند و بقیه می‌توانند با آب‌های سطحی در کل سال آبیاری شوند و آب‌های سطحی را با آب‌های زیرزمینی یا مبادلات غیر رسمی با همسایگان تکمیل کنند. چنین تنوعی امکان استنتاج آماری معتبر از تاثیر آبیاری در ارزش تولید را میسر می‌سازد. در حدود ۴۰۰ شبکه آبیاری به طور تصادفی برای مطالعه انتخاب و ۲۰۰۰ کشاورز با توجه به اطلاعات محصول سال‌های ۱۹۷۷-۱۹۷۶ به طور شخصی در سه استان مورد مصاحبه قرار گرفتند. این بررسی، اطلاعاتی درباره استفاده زمین، آب آبیاری، نیروی کار و نهاده‌هایی از قبیل بذر، آفت کش و کود و همچنین بازده و ارزش تولید محصول به دست آورد. میزان آبیاری معادل میانگین ۳ جریب - اینچ^۱ در هر جریب زمین فرض گردید. این اطلاعات در قالب توابع تولید مختلف از قبیل کاب- داگلاس، ترانسندنتال و کاب-داگلاس تعمیم یافته، برآزش شدند. تابع تولید کاب-داگلاس بهتر از بقیه مدل‌ها اطلاعات را برآزش نمود. تابع تولید تخمینی نشان‌گر محصولات چند گانه به جای تک محصول بوده است. ضریب متغیر آبیاری، مثبت، بزرگ و از نظر آماری کاملاً معنی دار بوده است. با جای دادن ضریب متغیر تخمینی مدل در میانگین متغیر آبیاری و محاسبه آن چنین نتیجه گیری شده که استفاده بیش‌تر از آب آبیاری در سال منجر به ارزشی می‌گردد که چندین برابر هزینه محتمل‌ترین گزینه عرضه آب (در این مورد، پمپاژ آب زیرزمینی) است.

۴-۳-۱-۲- مثال کرمان

این مثال (خلیلیان و مهرجردی، ۱۳۸۴) با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده در منطقه مورد مطالعه، شهرستان کرمان در سال ۱۳۸۳-۱۳۸۲، تابع تولید گندم را تخمین زده است. یکی از هدف‌های این تحقیق محاسبه ارزش اقتصادی هر واحد آب در کشت گندم بوده است. برای بررسی هدف‌های تحقیق، تابع تولید مناسب تخمین زده شده و با

استفاده از آن ارزش اقتصادی هر متر مکعب آب محاسبه گردید. براساس ملاک‌های اولیه انتخاب مدل، تابع درجه دوم تعمیم یافته زیر انتخاب شد:

$$Q = \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i + 1/2 \sum_{i=1}^n \gamma_{ii} (x_i)^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=2}^n \gamma_{ij} (x_i)(x_j), i \neq j \quad (۴-۶)$$

در تابع بالا اگر X بتواند نهاده‌های مختلفی نظیر S, K, L, P, M, W, F باشد آن‌گاه متغیرهای مستقل و وابسته در مدل عبارتند از:

$$\begin{aligned} Q &= \text{عملکرد تولید گندم (تن در هکتار)}, \\ W &= \text{مقدار مصرف آب در هکتار}, \\ F &= \text{مقدار مصرف کود شیمیایی در هکتار}, \\ S &= \text{مصرف بذر در هکتار}, \\ K &= \text{نیروی کار به کار گرفته شده در هکتار}, \\ L &= \text{میزان سطح زیر کشت}, \\ P &= \text{میزان سم مورد استفاده}, \\ M &= \text{میزان ماشین‌آلات در هکتار می‌باشد} \end{aligned}$$

بدین منظور اگر ارزش اقتصادی آب را برابر ارزش تولید نهایی آن بدانیم، براساس متغیرهای معنی‌دار شده در تابع تولید، ارزش تولید نهایی برای هر کشاورز از تابع زیر به دست می‌آید:

$$VMP = P_Y \left(\frac{\partial Q}{\partial W} \right) = P_Y (0.277845 - 0.02101W + 0.0026765S) \quad (۴-۷)$$

در تابع بالا:

$$\begin{aligned} VMP &= \text{ارزش تولید نهایی}, \\ W &= \text{مقدار آب مصرف شده در هر هکتار}, \\ S &= \text{مقدار مصرف بذر در هکتار}, \\ P_Y &= \text{قیمت محصول است} \end{aligned}$$

با توجه به مقدار بذر و آب مورد استفاده هر کشاورز و با به کارگیری تابع فوق، ارزش تولید نهایی هر کشاورز محاسبه شد. متوسط ارزش هر متر مکعب آب برای کشاورزان ۲۷۸ ریال برآورد گردید.

۴-۳-۲- توابع تولید آب - محصول^۱ در آزمایش‌های میدانی کنترل شده

تحلیل گران، توابع تولید حاصل از تحلیل آماری داده‌های آزمایشی را به دلیل واقع بینانه بودن و قابل اتکا بودن نسبت به اظهار نظر محلی کارشناسان ترجیح می‌دهند. آزمایش‌های کنترل شده با قطعات کوچک زیادی از یک محصول خاص

با میزان‌های مختلف آب برای آبیاری سر و کار دارد و سایر نهاده‌ها را ثابت در نظر می‌گیرد. آزمایش‌های پیچیده‌تر ممکن است با تغییر میزان آب در مراحل مختلف رشد و تغییر میزان و شکل نهاده‌های دیگر از قبیل کود، آفت‌کش، ترکیب خاک، واقعیت پیچیده انتخاب‌های تولیدکننده را بهتر منعکس کند. چندین بار تکرار آزمایش برای رسیدن به تخمین آماری قابل اتکا لازم است. البته هر قدر نهاده‌های بیش‌تری به‌عنوان متغیر وارد شوند، نتایج واقع بینانه‌تر خواهد بود، اما تعداد آزمایش‌های بیش‌تری لازم خواهد بود. به علت تغییرات جوی سالیانه، آزمایش‌های مشابهی در طی چندین سال، تابع تولید را دقیق‌تر نشان می‌دهد. داده‌های آزمایشی با تکنیک‌های آماری برازش می‌شوند، که عمدتاً رگرسیون حداقل مربعات معمولی برای تخمین بهره‌وری نهایی و کل آب استفاده می‌شود. شکل درجه دوم تابع اغلب انتخاب شده و چنین توابعی با انتظار بهره‌وری نهایی نزولی تطبیق دارد و تولید نهایی به‌صورت خطی بوده و استخراج آن آسان است. در صورتی که داده‌های قیمت ستانده مشاهده شده یا برآوردی با تولید نهایی تخمینی ترکیب شود، ارزش تولید نهایی یعنی تابع تقاضای استخراجی به دست می‌آید و زمانی که با مفروضات قیمت محصول ترکیب شود، تابع تولید آزمایشی منجر به معیار ارزش مکانی آب می‌گردد. احتمالاً گسترده‌ترین مطالعه مربوط به هکسام و هیدی^۱ (۱۹۷۸) است که اثر تغییر در سطوح مختلف کاربرد آب را بر بازدهی چند محصول مهم مطالعه کردند. این آزمایش‌ها در مکان‌های غربی ایالات متحده انجام شد که آب و هوا و خاک در بین آزمایش‌ها متفاوت بوده اما سایر متغیرهای تولید به جز کود تقریباً ثابت بودند. مدل‌های پیچیده‌تر به بررسی اثر زمان‌بندی بر بازدهی محصول نیز پرداختند. اما هزینه بالای آزمایش‌ها و علاقه محدود مهندسان کشاورزی به مفهوم اقتصادی تابع تولید باعث شده تا این روش به چند نمونه محدود شود.

۴-۳-۲-۱- مطالعات غرب ایالات متحده

یارون^۲ (۱۹۷۶) از داده‌های نهاده آب (که شامل باران نیز می‌شد) در آزمایش‌های ابتدایی در طی چندین سال در کرانه باختری استفاده نمود و داده‌ها را با تکنیک رگرسیون توابع درجه دوم ساده به شکل زیر برازش نمود:

$$y = a + b_1X + b_2X^2 \quad (۸-۴)$$

y = بازده هر قطعه در ناحیه،

X = مقدار آب استفاده شده،

a , b_1 و b_2 = ضرایب ثابتی هستند که تخمین زده شدند. برای آزمایش‌های چند ساله، جمله اضافی دیگری برای سال آزمایش به معادله افزوده شده است. این تابع، بازدهی نهایی نزولی و تابع تولید نهایی خطی را نشان می‌دهد. محدودیت‌های بودجه تحقیقاتی و محاسباتی منجر به محدود کردن حیطه آزمایش‌های اولیه گردید. هکسام و هیدی، آزمایشات تابع تولید آب - محصول را در غرب ایالات متحده از ۱۹۶۸ تا ۱۹۷۲ با تیمی از کارشناسان کشاورزی و اقتصاد مورد تحلیل قرار دادند. ۵۲ آزمایش جداگانه در چهار محصول (ذرت، کتان، گندم، چغندر قند) در مکان‌هایی در پنج

1- Hexem and Heady

2- Yaron

ایالت صورت گرفت. تمامی محصولات در هر ایالت مورد مطالعه قرار نگرفتند. آب و کود ازت جزو متغیرهای مستقل بوده و آب و هوا و خاک نیز در بین مکان‌ها متفاوت بودند. تقاضا برای آب از تولید نهایی تابع تخمینی، برآورد شده و براساس واحد پولی بیان شده است.

یک تیم از اقتصاددانان وزارت کشاورزی آمریکا به سرپرستی هاری آیر^۱ (۱۹۸۳) آزمایش‌های تابع تولید آب - محصول را بار دیگر در غرب ایالات متحده در مکان‌های مختلف انجام دادند. به منظور استخراج تخمین نقطه‌ای از ارزش، آن‌ها نتایج را به صورت ارزش نهایی ستانده (با ادغام قیمت مناسب محصول) بیان کرده و آن‌گاه در بعضی سطوح استفاده آب آن‌را حل نمودند با وجودی که آزمایش‌های میدانی، بهترین منابع استفاده از روابط آب - محصول هستند، اما استفاده از آن چندان متداول نیست. دلیل نخست این است که هزینه انجام چنین آزمایش‌هایی نسبت به حدود قابل تعمیم از نتایج آزمایش بسیار بالا است. از سوی دیگر، اندازه‌گیری نهاده‌ها در تعداد زیادی زمین‌های کوچک به خصوص آب، نیازمند کارگران حرفه‌ای با منابع گسترده زمین، کود و سم علاوه بر آب است. در ضمن، اندازه‌گیری بازدهی هر قطعه زمین نیز مستلزم دقت و تلاش زیاد است. تعمیم نتایج حاصل از قطعه زمین‌های کوچک با مراقبت زیاد به زمین‌های بزرگ نیز مشکل است. از این‌رو نتایج آزمایش‌ها برای ارزش‌گذاری کاربردی و تحلیل سیاست‌گذاری نیازمند تعدیل است. اقتصاددانان به ندرت قادر به انجام چنین آزمایش‌هایی بوده و تمایلی هم به انجام آن ندارند، کارشناسان کشاورزی نیز در حیطه علمی دیگری قرار داشته و اختلاف نظر در اهداف مطالعه مطرح می‌شود.

۴-۳-۳- برآورد توابع هزینه

چندین مطالعه از روش کم‌تر متداول تخمین بهره‌وری آب از طریق تابع هزینه نیز صورت گرفته است. مطالعه مور و همکاران^۲ (۲۰۰۰) بر اساس مصاحبه با کشاورزان ۵۰۰ مزرعه آبیاری در شمال غربی اقیانوسیه انجام شده است. آن‌ها کاهش در مازاد تولیدکننده را در اثر افزایش هزینه پمپاژ آب اندازه‌گیری نمودند که این افزایش هزینه در پی برنامه توسعه دولت فدرال در جهت حفظ ماهی‌های روبه انقراض در منطقه مذکور بوده است. مشاهدات حاصل از مصاحبه‌ها همراه با داده‌های ثانویه درباره قیمت‌ها، هزینه‌های انرژی و سایر متغیرها پایگاه اطلاعات را تشکیل دادند و به منظور تخمین تابع هزینه از مدل رگرسیون (Tobit) استفاده گردید.

۴-۴- روش برنامه‌ریزی ریاضی

اولین بار گیسر^۳ و همکاران در سال ۱۹۷۹ از برنامه‌ریزی ریاضی برای ارزش‌گذاری آب کشاورزی و برآورد تابع تقاضا برای آن استفاده کردند. در این مطالعه فایده‌های بالقوه فروش آب کشاورزی به صنعت برق برآورد گردید. در این مدل برنامه‌ریزی ریاضی قیمت‌های سایه‌ای آب در چهار منطقه که در آن‌ها عرضه آب از صفر تا ۴۰ درصد محدود شده است،

1- Ayer

2- Moore et al

3- Gisser

محاسبه شد. با انتقال ۳۰ درصد از آب کشاورزی به صنعت تولید برق قیمت‌های سایه‌ای آب در محدوده ۷ تا ۲۱ دلار در هر جریب در چهار منطقه گفته شده (برای فروش حق‌آبه موقتی) تخمین زده شد.

کاربردهای بسیاری از برنامه‌ریزی خطی در برنامه‌ریزی آبیاری وجود دارد. مدل‌های اولیه (به عنوان مثال بارت^۱ (۱۹۶۴)) تنها به اثر افزایش قیمت یا کمیابی بر محصول نهایی می‌پرداختند. یونگ و بردهافت^۲ (۱۹۷۲) مدل‌هایی متوالی یا چند مرحله‌ای در فرآیند تصمیم‌گیری طراحی کردند که در آن محصول به تغییر در میزان به کارگیری آب پاسخ می‌داد. برناردو^۳ و دیگران (۱۹۸۷) واکنش محصول در هر فصل به آب (با جزییات بسیار دقیق شبیه‌سازی شده کشاورزی) و تکنولوژی آبیاری را، نمایش دادند. یک مدل برنامه‌ریزی در یک مزرعه نمونه غالباً جهت بیشینه کردن بازدهی خالص به جزء باقی‌مانده (منابع آب) را با توجه به قیدهایی که در مورد آب و سایر منابع وجود دارد، به کار می‌رود. حل آن بازدهی خالص را به صورت افزایش در تابع هدف به ازای افزایش در هر سطح آب، نشان می‌دهد. مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی به شکل گسترده‌ای برای تقویم اثرات اقتصادی یک سیاست‌گذاری آبی خاص به کار می‌رود. بون^۴ و یونگ در سال ۱۹۸۶ آثار توزیعی و تخصیصی تعرفه‌گذاری‌های متفاوت آب کشاورزی را در مصر بررسی کردند. علاوه بر آن میکلسون^۵ و یونگ (۱۹۹۳) یک مدل برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت را برای اندازه‌گیری فایده‌های از دست رفته در یک خشکسالی که اگر به واحد تامین آب شهری برای تامین آب کافی در دوره خشکسالی واگذار می‌شد، طراحی کردند. مورد دیگر استخراج تابع تقاضا با حل کردن مدل برای محدوده‌ای از قیمت‌های آب و میزان آب مورد استفاده متناظر با آن است. شرلینگ^۶ و دیگران (۲۰۰۴) با مروری بر تابع تقاضای آب متوسط کشش قیمتی را در حدود ۰/۵- و در محدوده نزدیک به صفر تا تقریباً ۲- برآورد نمودند.

بیش‌ترین مورد استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی مطالعه تقاضای آب کشاورزی است و نتیجه آن حصول تعادل جزیی، قطعی و ایستا است. هویت^۷ در سال ۱۹۸۰ تصمیم‌گیری‌های آبیاری را با برنامه‌ریزی ریاضی درجه دو مدل‌سازی کرد. در این مدل قیمت‌های محصولات به تغییرات ستانده‌های منطقه‌ای از محصولات آبیاری شده، پاسخ می‌دهد. مدل‌های بهینه‌یابی درون منطقه‌ای از تخصیص آب، توسط واکس^۸ در سال ۱۹۸۴، بوکر^۹ و یونگ در سال ۱۹۹۴ توابع تقاضا برای آب کشاورزی را با تقاضا در سایر بخش‌ها ترکیب کردند تا قیمت‌های بهینه آب در یک منطقه یا حوضه آبریز به دست آید. دینار و لتی^{۱۰} در سال ۱۹۹۶ تخصیص آب را در پنج حوضه بزرگ تولیدات کشاورزی در کالیفرنیا به‌وسیله مدل

-
- 1- Burt
 - 2- Bredhoeft
 - 3- Bernardo
 - 4- Bowen
 - 5- Michelsen
 - 6- Scheierling
 - 7- Howitt
 - 8- Vaux
 - 9- Booker
 - 10- Dinar & Letey

برنامه‌ریزی ریاضی انجام دادند. این مدل به صورتی طراحی شده بود که اجازه می‌داد، اثرات تغییرات در الگوی کشت، میزان آب‌بری و به خصوص فن‌آوری آبیاری بر درآمد خالص گزینه‌های متفاوت دیده شود. لازم به ذکر است، کاهش عرضه آب به دلیل افزایش نیازهای زیست‌محیطی، در این گزینه‌ها لحاظ شده بود.

برنامه‌ریزی خطی بیش‌ترین کاربرد را در مدل‌سازی تخصیص آب داشته است در ایران اولین بار به‌وسیله سلطانی برای انتخاب سیستم‌های آبیاری در اراضی زیر سد دز و در تعیین الگوی بهینه کشت در زیر سد درودزن از روش فوق استفاده گردید. یرون و دینر (۱۹۸۲) با تلفیق برنامه‌ریزی خطی و پویا به مساله زمان آبیاری توجه کردند. علاوه بر برنامه‌ریزی خطی روش دیگری که در بهینه‌سازی تخصیص آب شدیداً مورد استفاده قرار گرفته، برنامه‌ریزی چند منظوره^۱ است. به طور مثال مینودین و همکاران (۱۹۹۷) مساله برنامه‌ریزی زراعی بهینه را در پروژه آبیاری آب‌های زیرزمینی موجود در تایلند با اهداف حداکثرسازی سود خالص و سطح زیر کشت آبی مورد بررسی قرار دادند. یکی دیگر از جنبه‌هایی که در مدل‌سازی مورد توجه قرار گرفته است، استفاده تلفیقی از آب‌های سطحی و زیرزمینی و همچنین تلفیق جنبه‌های هیدرولوژیکی و اقتصادی آب می‌باشد. برای نمونه رزگران و همکاران (۲۰۰۰) در مقیاس حوضه آبریز رودخانه میوپا^۲ در شیلی الگوی تلفیقی از اقتصاد و هیدرولوژی در بهره‌برداری از رودخانه میوپا را ارائه کردند. ماهیت تصادفی مقدار آب قابل دسترس با استفاده از برنامه‌ریزی محدودیت تصادفی^۳ در بیش‌تر مطالعات به آن توجه شده است. به طور مثال، ماجی و همکاران (۱۹۷۸) از این روش در تعیین الگوی بهینه کشت و مدیریت سیاست‌گذاری حوضه آبریزی در هند استفاده کردند. در مدل‌سازی تخصیص آب در مقیاس دشت، منطقه و یا حوضه آبریز سعی گردیده است که رابطه آب، خاک و گیاه در حداکثرسازی عملکرد محصولات مختلف و یا درآمد مورد توجه بیش‌تری قرار گیرد. به طور مثال قهرمان و سپاسخواه (۲۰۰۲ و ۲۰۰۴) مساله حداکثرسازی درآمد ناخالص از مقدار آب محدود در مقیاس منطقه‌ای را با استفاده تلفیقی از بهینه‌سازی غیرخطی و الگوریتم تراز آب و خاک مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. زیبایی (۲۰۰۲) در طراحی استراتژی‌های آبیاری در استان فارس تمام جنبه‌های فوق را با هدف حداکثرسازی مطلوبیت انتظاری در مدل خود لحاظ کرد.

۴-۱- مطالعه موردی سد بارزو (شیروان)

این مطالعه تحت عنوان «تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با استفاده از مدل الگوی کشت بهینه تلفیق زراعت و باغداری: مطالعه موردی سد بارزو شیروان» صورت گرفته است. از آنجا که این مطالعه در ایران صورت پذیرفته بر آن شدیم که آن را با جزئیات کامل مطرح کنیم تا نمونه شایسته‌ای در اختیار خوانندگان قرار گیرد (کرامت زاده و همکاران، ۱۳۸۵). داده‌های این مطالعه با روش مصاحبه حضوری و تکمیل ۱۰۰ پرسش‌نامه جمع‌آوری شده و پردازش‌های مورد نیاز نیز از طریق نرم‌افزارهای Excel و Lindo صورت گرفته است.

1- Multi – Objective Programming
2- MAIPO
3- Chance Constrained Programming

فرم ساده مدل برنامه‌ریزی خطی مورد استفاده در این مطالعه به صورت رابطه ۳-۱۶ است که با لحاظ کردن اطلاعات مورد نیاز گسترش یافته است. این مدل ساده جهت بیشینه‌سازی محصول با در نظر داشتن قیدهای مربوط به موجودی منابع و محصولات است:

$$\max z = \sum_{j=1}^n c_j X_j \quad (10-4)$$

s.t:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_j \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad \text{موجودی منابع}$$

$$X_j \geq 0 \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad \text{تعداد محصولات}$$

اکنون به مشروح مبسوط مدل با در نظر داشتن تمام جزییات می‌پردازیم. متغیرهای تصمیم‌گیری در این مدل به شرح زیر می‌باشد:

i : متغیر مربوط به محصولات مختلف (۱۴ محصول) قابل کشت و تولید در مناطق سه گانه تحت شبکه آبیاری سد بارزوست (۱، ۲ و ۳ و ... و ۱۴). این محصولات به ترتیب عبارتند از: گندم (۱)، جو (۲)، ذرت دانه‌ای (۳)، چغندر قند (۴)، آفتابگردان (۵)، پیاز (۶)، سیب‌زمینی (۷)، خیارآبی (۸)، گوجه‌فرنگی (۹)، یونجه (۱۰)، انگور (۱۱)، سیب (۱۲)، زردآلو (۱۳) و گردو (۱۴).

j : متغیر مربوط به مناطق سه گانه تحت شبکه آبیاری سد بارزوست که $j=1$ به منطقه حاشیه رودخانه قلجق، $j=2$ به منطقه زیارت و $j=3$ به منطقه سه یک آب اشاره می‌کند.

k : متغیر مربوط به دوره آبیاری است که به صورت ماهانه و به شرح زیر در نظر گرفته شده است: فروردین: $k=1$ ، اردیبهشت: $k=2$ ، خرداد: $k=3$ ، تیر: $k=4$ ، مرداد: $k=5$ ، شهریور: $k=6$ ، مهر: $k=7$ ، آبان: $k=8$ ، آذر: $k=9$ ، زمستان: $k=10$.

m : متغیر مربوط به فصل‌های مختلف سال جهت تامین نیروی کار مورد نیاز فعالیت‌های مختلف است. این فصل‌ها عبارتند از: فصل بهار ($m=1$)، فصل تابستان ($m=2$)، فصل پاییز ($m=3$)، فصل زمستان ($m=4$).
بقیه متغیرها به شرح زیرند:

X_{ij} : سطح زیر کشت محصول i ام در منطقه j ام

TXZ_j : کل اراضی قابل آبیاری و کشت محصولات زراعی منطقه‌ی j ام

FX_{ij} : سطح زیر کشت فعلی محصول i ام در منطقه j ام

TXK_j : کل سطح زیر کشت محصولات منطقه j ام جهت نیاز خودکفایی

XM_j : سطح زیر کشت محصول خیار پاییزه (کشت مجدد) در منطقه‌ی j ام

- Y_{itr} : سطح زیر کشت محصول i ام در سال t ام در تناوب r ام
- TY_r : سطح زیر کشت محصول هر قطعه تناوبی در تناوب r ام
- f_{ij} : میزان کود فسفات مورد نیاز هر هکتار محصول i ام در منطقه j ام
- Tf_j : میزان کل کود فسفات قابل دسترس محصولات منطقه j ام
- o_{ij} : میزان کود اوره مورد نیاز هر هکتار محصول i ام در منطقه j ام
- To_j : میزان کل کود اوره قابل دسترس محصولات منطقه j ام
- P_{ij} : میزان کود پتاس مورد نیاز هر هکتار محصول i ام در منطقه j ام
- TP_j : میزان کل کود پتاس قابل دسترس محصولات منطقه j ام
- h_{ij} : میزان کود حیوانی مورد نیاز هر هکتار محصول i ام در منطقه j ام
- Th_j : میزان کل کود حیوانی قابل دسترس محصولات منطقه j ام
- s_{ij} : میزان سموم مورد نیاز هر هکتار محصول i ام در منطقه j ام
- Ts_j : میزان کل سموم قابل دسترس محصولات منطقه j ام
- ti_j : میزان به کارگیری تراکتور مورد نیاز هر هکتار محصول i ام در منطقه j ام برحسب ساعت
- Tt_j : کل ساعت بهره‌برداری از تراکتور قابل دسترس منطقه j ام
- k_{ij} : میزان به کارگیری کمباین مورد نیاز هر هکتار محصول i ام در منطقه j ام برحسب ساعت
- Tk_j : کل ساعت بهره‌برداری از کمباین قابل دسترس منطقه j ام
- d_{ij} : میزان به کارگیری دروگر مورد نیاز هر هکتار محصول i ام در منطقه j ام برحسب ساعت
- Td_j : کل ساعت بهره‌برداری از دروگر قابل دسترس منطقه j ام
- W_{ijk} : میزان آب تخصیص داده شده به منطقه j ام در ماه k ام
- L_{ijm} : نیروی کار مورد نیاز هر هکتار محصول i ام منطقه j ام در فصل m ام
- TL_{jm} : کل نیروی کار موجود منطقه j ام در فصل m ام
- c_{ij} : درآمد خالص هر هکتار محصول i ام منطقه j ام
- Tc_j : کل درآمد خالص حاصل از محصولات تولیدی منطقه j ام
- I_j : هزینه‌های سرمایه‌گذاری نقدی مورد نیاز هر هکتار محصول i ام منطقه j ام
- TI_j : کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری نقدی قابل دسترس منطقه j ام
- TXK_j : کل سطح زیر کشت محصولات منطقه j ام جهت نیاز خودکفایی
- اکنون نوبت به معرفی قیدهای مدل می‌رسد:

محدودیت زمین زراعی: در منطقه مطالعاتی علاوه بر محصولات اصلی، امکان کشت بعضی از محصولات نظیر خیار پاییزه به صورت کشت مجدد پس از برداشت غلات موجود دارد، لذا محدودیت‌های مربوط به زمین (سطح زیر کشت) به دو دوره تفکیک و به صورت زیر وارد مدل شده است:

الف- محدودیت سطح زیر کشت آبی محصولات زراعی مناطق مختلف:

$$\sum_{i=1}^{14} X_{ij} - TXZ_j \leq 0 \quad \text{سه منطقه مذکور ۱ و ۲ و ۳} \quad j=1, 2, 3$$

ب- محدودیت سطح زیر کشت آبی محصولات کشت مجدد مناطق مختلف:

$$XM_j - \sum_{i=1}^2 X_{ij} \leq 0 \quad \text{سه منطقه مذکور ۱ و ۲ و ۳} \quad j=1, 2, 3$$

۱- محدودیت آب: از آنجا که دوره کشت و نیاز آبی محصولات و میزان موجودی آب منطقه در ماه‌های مختلف سال با یکدیگر متفاوت است باید محدودیت آب به صورت ماهانه و منفک از هم در نظر گرفته شود.

$$\sum_{i=1}^{14} W_{ijk} X_{ij} - TW_{jk} \leq 0 \quad \text{ماه‌های سال ۱۰ و ۲ و ۱ و k و سه منطقه مذکور ۱ و ۲ و ۳} \quad j=1, 2, 3$$

۲- محدودیت نیروی کار: تقاضا برای نیروی کار در فعالیت‌های مختلف در ۴ دوره فصلی به صورت زیر مدل‌بندی شده است:

$$\sum_{i=1}^{14} L_{ijm} X_{ij} - TL_{jm} \leq 0 \quad \text{سه منطقه مذکور ۱ و ۲ و ۳ و ۴} \quad j=1, 2, 3, 4 \quad m=1, 2, 3, 4$$

۳- محدودیت سم و کود شیمیایی: به دلیل محدود بودن تولید و توزیع یارانه‌ای این نهاده‌ها، در مصرف آن‌ها بین محصولات مختلف رقابت ایجاد می‌شود. به همین منظور در این مطالعه محدودیت میزان مصرف انواع مختلف کودهای شیمیایی یارانه‌ای نظیر کودهای اوره، فسفات، پتاس، کود حیوانی و سموم مختلف، به ترتیب به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

$$\sum_{i=1}^{14} f_{ij} X_{ij} - Tf_j \leq 0 \quad \text{سه منطقه مذکور ۱ و ۲ و ۳} \quad j=1, 2, 3$$

$$\sum_{i=1}^{14} o_{ij} X_{ij} - To_j \leq 0 \quad \text{سه منطقه مذکور ۱ و ۲ و ۳} \quad j=1, 2, 3$$

$$\sum_{i=1}^{14} p_{ij} X_{ij} - Tp_j \leq 0 \quad \text{سه منطقه مذکور ۱ و ۲ و ۳} \quad j=1, 2, 3$$

$$\sum_{i=1}^{14} h_{ij} X_{ij} - Th_j \leq 0 \quad \text{سه منطقه مذکور ۱ و ۲ و ۳} \quad j=1, 2, 3$$

$$\sum_{i=1}^{14} s_{ij} X_{ij} - Ts_j \leq 0 \quad \text{سه منطقه مذکور ۱ و ۲ و ۳} \quad j=1, 2, 3$$

۴- محدودیت ماشین‌آلات کشاورزی: دسترسی به ماشین‌آلات کشاورزی نظیر تراکتور، کمباین و دروگر نیز به ترتیب به صورت محدودیت‌های زیر در نظر گرفته شده است:

$$\sum_{i=1}^{14} t_{ij} X_{ij} - Tt_j \leq 0 \quad \text{سه منطقه مذکور ۳ و ۲ و ۱} = j$$

$$\sum_{i=1}^{14} k_{ij} X_{ij} - Tk_j \leq 0 \quad \text{سه منطقه مذکور ۳ و ۲ و ۱} = j$$

$$\sum_{i=1}^{14} d_{ij} X_{ij} - Td_j \leq 0 \quad \text{سه منطقه مذکور ۳ و ۲ و ۱} = j$$

۵- محدودیت تناوب زراعی: تناوب‌های زراعی عمومی استفاده شده در منطقه به شرح زیر است:

الف- غلات، جالیز، غلات و چغندر قند

ب- چغندر قند، غلات و یونجه

ج- ذرت، غلات و چغندر قند

معادلات محدودیت‌های مربوط به این تناوب‌های زراعی به شرح زیر وارد مدل شده است:

$$\sum_{i=1}^2 Y_{i1r} + \sum_{i=5}^9 Y_{i2r} + \sum_{i=1}^2 Y_{i3r} + \sum_{i=1}^2 Y_{i4r} + Y_{45r} - 5TY_r = 0 \quad \text{تناوب اول } r = 1$$

$$Y_{41r} + \sum_{i=1}^2 Y_{i2r} + Y_{103r} - 3TY_r = 0 \quad \text{تناوب دوم } r = 2$$

$$Y_{31r} + \sum_{i=1}^2 Y_{i2r} + Y_{43r} - 3TY_r = 0 \quad \text{تناوب سوم } r = 3$$

معادله محدودیت مجموع سطح زیر کشت هر محصول در تناوب‌های مختلف نیز چنین است:

$$\sum_{r=1}^3 \sum_{t=1}^5 Y_{itrt} - X_i = 0 \quad \text{محصولات مختلف زراعی و باغی ۱۴ و و ۲ و ۱} = i$$

$$X_i - \sum_{j=1}^3 X_{ij} = 0 \quad \text{محصولات مختلف زراعی و باغی ۱۴ و و ۲ و ۱} = i$$

معادله محدودیت مجموع کل تناوب‌ها نیز به صورت زیر است:

$$5TY_1 + 3TY_2 + 3TY_3 - \sum_{j=1}^3 TXZ_j = 0$$

۶- محدودیت نیاز خودکفایی: محدودیت سطح زیر کشت محصولاتی نظیر گندم و جو جهت تامین نیازهای غذایی اهالی، نیاز دام منطقه و بذر مورد نیاز کشت سال بعد در منطقه به شرح زیر است:

$$\sum_{j=1}^3 X_{1j} \geq TXK_j \quad \text{محصولات گندم و جو ۲ و ۱} = i$$

۷- محدودیت سرمایه‌گذاری نقدی: از آنجا که درآمد بخش کشاورزی محدود است، محصولات تولیدی مختلف در بهره‌گیری از آن با یکدیگر رقابت دارند، بنابراین محدودیت سرمایه به صورت زیر وارد مدل شده است:

$$\sum_{i=1}^{14} I_{ij} X_{ij} - TI_j \leq 0 \quad \text{سه منطقه مذکور ۳ و ۲ و ۱} \quad j=1$$

در سمت چپ این محدودیت نیاز فعالیت‌های تولیدی به سرمایه نقدی، که معادل میزان هزینه‌های متغیر آن در نظر گرفته شده، درج گردیده است و در سمت راست آن مجموع میزان کل سرمایه نقدی قابل تخصیص به فعالیت‌های زراعی مناطق مختلف (TI_j)، که از طریق تدوین الگوی کشت شرایط موجود منطقه (مدل کالیبره) به دست می‌آید، قرار می‌گیرد. بر اساس این مدل تحت دو فرض (دو حالت) نتایج برآورد گردیده است. در حالت اول فرض بر این است که میزان خروجی بهینه ماهانه آب سد مشخص است ولی تخصیص آب در هر منطقه مشخص نیست. در حالت دوم فرض شده است که میزان آب تخصیصی در هر منطقه دقیقاً مشخص است. نتایج در جدول ۴-۸ آمده است. چنانچه ملاحظه می‌شود، در بعضی ماه‌ها ارزش اقتصادی در دامنه نزدیک به صفر قرار داشته است که در جدول صفر آمده است.

جدول ۴-۸- ارزش اقتصادی ماهانه در قالب دو فرض (واحد: ریال/مترمکعب)

منابع آب	فرض اول	فرض دوم	
		منطقه قلجق	منطقه زیارت
فروردین	۸۸۰	۶۵۰	۰
اردیبهشت	۰	۰	۱۲۱۰
خرداد	۰	۲۸۰	۶۹۰
تیر	۴۷۰	۰	۳۷۰
مرداد	۰	۱۶۰۰	۱۹۰
شهریور	۴۷۴	۰	۳۳۷
مهر	۰	۲۳۵	۸۷۰
آبان	۵۹۵	۱۳۵۰	۹۶۲
آذر	۰	۰	۰
زمستان	۰	۰	۰

۴-۴-۲- مطالعه موردی استان خراسان

این مطالعه در واقع رساله دکتری صبوحی (۱۳۸۵) است که با هدف بهینه‌سازی الگوهای کشت تولید محصولات زراعی تهیه شده اما در کنار آن قیمت سایه‌ای آب را نیز در سه سطح مشخص از کارایی آبیاری (نسبت میزان جذب آب توسط گیاه به کل آب) برآورد کرده است. روش مورد استفاده وی برنامه‌ریزی ریاضی است که البته ریسک نیز در آن لحاظ گردیده و الگوهای بهینه کشت این مدل‌ها از بعد منافع اجتماعی و خصوصی مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این مطالعه مدل برنامه‌ریزی ریاضی با محدودیت تصادفی در سطح حوضه توسعه داده شده است.

نظر به این که یکی از نهاده‌های اساسی در فرآیند تولید محصولات زراعی آب آبیاری می‌باشد و با توجه به عدم تعادل موجود در عرضه و تقاضای آن، مدل تنها با فرض محدودیت آب آبیاری طراحی شده است. به بیان دیگر، فرض گردیده از سایر عوامل به مقدار کافی وجود دارد. در سطح حوضه آبریز تعیین‌الگوی بهینه کشت از دید سیاست‌گذار و نه زارع مطرح است. لذا فرض حداکثرسازی منافع اجتماعی با توجه به محدودیت‌های موجود یکی از اهدافی است که می‌توان گفت سیاست‌گذار خواهان دستیابی به آن است. در سطح مزرعه زارع معمولاً در استفاده از آب موجود به دلیل عدم توسعه بازار آب با گزینه مصرف و یا عدم مصرف روبرو است. از طرف دیگر امکان ذخیره آب برای زارع و استفاده از آن در دوره آبی به دلیل ویژگی دسترسی آزاد منابع آب وجود ندارد. در نتیجه، تمایلی در زارعین جهت صرفه‌جویی در مصرف آب مشاهده نمی‌شود. در این شرایط دولت‌ها سعی می‌کنند با اتخاذ سیاست‌هایی از جمله سیاست قیمت‌گذاری آب انگیزه صرفه‌جویی و بهره‌برداری بهینه از منابع آب را در زارعین ایجاد و تقویت کنند. لذا، چون مدل در شرایط عاری از نقص بازار (دسترسی آزاد) و عدم مداخله دولت (مثلاً سیاست قیمت‌گذاری) طراحی می‌شود، لازم است ضرایب فنی به گونه‌ای تعیین گردند که متاثر از حالات فوق نباشد.

نتایج نشان داد، بعضی از محصولات زراعی فاقد مزیت نسبی‌اند و امکان افزایش سود انتظاری واحدهای زراعی وجود دارد. ضمناً قیمت سایه‌ای آب آبیاری در سه سطح کارایی فوق به ترتیب ۵۵۰، ۸۳۰ و ۱۱۹۰ ریال برآورد شده است.

۴-۵- روش داده - ستانده

روش ارزش افزوده یا داده - ستانده گاهی اوقات برای اندازه‌گیری ارزش اقتصادی استفاده آب به ویژه در کشورهای در حال توسعه به کار برده می‌شود. برای مثال، شیفلر و دیگران^۱ (۱۹۹۴) استفاده آب در اردن را با مفهوم‌سازی بهره‌وری آب مورد مطالعه قرار دادند. این کار معادل تقسیم ارزش افزوده بخشی بر آب مصرفی است. در این مطالعه، میانگین بهره‌وری آب در صنعت چندین برابر کشاورزی به دست آمده است.

نمونه جدید دیگر در مطالعه بوهیا^۲ (۲۰۰۱) از اقتصاد آب مراکش است. مطالعه با توسعه مدل داده - ستانده در مراکش با تاکید بر نقش آب صورت گرفته است. ارزش افزوده هر واحد آب دارای نقش کلیدی به‌عنوان معیار فایده اقتصادی در بخش‌های مختلف است. مدل داده - ستانده به‌صورت مدل برنامه‌ریزی خطی مرتب شده و قیمت‌های سایه برای آب استخراج شده و برای سیاست‌های ملی قیمت‌گذاری و سرمایه‌گذاری در افزایش عرضه آب مورد استفاده قرار گرفته است. فرض ضمنی این است که هزینه فرصت نیروی کار، زمین و سرمایه مربوط به استفاده آب صفر است.

ذکر این نکته قابل توجه است که استفاده از ارزش افزوده بخشی برای نسبت دادن ارزش تولید نهایی یا سود اقتصادی خالص به منابع آبی استفاده شده در تولید باعث ایجاد معیار سازگاری با سایر معیارهای ارزش آب نمی‌شود و ارزش درست آب را برای تحلیل اقتصادی در سیاست‌های آب بیش از حد واقعی بیان می‌کند. به همین دلیل لازم است،

1- Schiffler et al

2- Bouhia

هزینه‌های فرصت تمامی نهاده‌های اولیه غیر آبی (از قبیل نیروی کار، مدیریت، سرمایه مالی و منابع طبیعی) برای رسیدن به معیار درست از ارزش افزوده کسر گردد. علاوه بر این، تخمین هزینه فرصت نهاده‌های تملیکی کار آسانی نیست.

۴-۶- روش محاسباتی تعادل عمومی (CCE)

برک و همکاران^۱ (۱۹۹۱) از جمله کسانی هستند که تکنیک محاسباتی تعادل عمومی^۲ (CGE) را در تحلیل سیاست آب به کار بردند. مدل آن‌ها بیان‌کننده وضعیت اقتصاد سان جواکین والی^۳ در کالیفرنیا مرکزی بود که اثرات حذف افزایش عرضه آب آبیاری تا پایه ۵۰ درصد از منطقه را مطالعه می‌کرد. مدل‌های CGE پیشرفت قابل ملاحظه‌ای در مدل‌های داده - ستانده هستند، به طوری که آن‌ها قیمت داخلی، عرضه‌ها و درآمدها را به طور مشترک از طریق سیستم معادلات هم‌زمان غیر خطی تعیین می‌کنند. مدل مذکور به طور درونی، هزینه‌های فرصت زمین و نیروی کار را به حساب آورده و برخی از مشکلات مربوط به تخمین بیش از حد واقعی حاصل از ارزش افزوده را برطرف می‌کند.

۴-۷- روش هزینه جایگزین

روش هزینه جایگزین در ارزش‌گذاری آب در مصارف کشاورزی توجه چندانی را به خود جلب نکرده است، اما در صورتی که از نظر هیدرولوژیکی، فنی و نهادی امکان پذیر باشد، هزینه کامل استخراج آب زیرزمینی ممکن است به‌عنوان گزینه تامین آب سطحی مورد استفاده قرار گیرد. این امر مستلزم آن است که آب زیرزمینی فراوان بوده و به آسانی از طریق فرآیندهای طبیعی احیا شود. اگر منابع آب زیرزمینی محدود بوده و قابل احیا نباشد، ممکن است لازم باشد که چندین هزینه غیرمستقیم دیگر به هزینه‌های استخراج اضافه شود. این هزینه‌های اضافی شامل موارد زیر می‌گردد:

- ۱- هزینه‌های بیرونی از قبیل افزایش هزینه پمپاژ آب به دلیل پایین رفتن سفره آب زیرزمینی
- ۲- نشست زمین و خسارت‌های ساختاری به سطح زمین یا افت کیفیت آب
- ۳- هزینه‌های استفاده‌کنندگان از منبع زمینی که در حال خالی شدن است.

تخمین کامل و درست از ارزش حال هزینه‌های بیرونی و هزینه‌های استفاده‌کنندگان از پمپاژ احتمالاً برای برنامه‌ریزان کار مشکلی خواهد بود (یونگ، ۲۰۰۵).

1- Berck et al
2- Computable general equilibrium
3- San Joaquin Valley

فصل ۵

خلاصه و جمع بندی

ارزش‌گذاری اقتصادی از مباحث پیچیده علم اقتصاد است و وقتی بازارها وجود ندارند یا به‌طور موثر عمل نمی‌کنند، برای تعیین ارزش از روش‌های غیر بازاری بهره می‌جویند. ارزش منابع با توجه به هدف یا اهداف خاص استفاده از آن منابع تعیین می‌شود و منعکس‌کننده سهم منابع در دستیابی به اهداف است. با وجودی که اهداف بهبود توزیع درآمد، ارتقای کیفیت محیطی و نیل به سایر اهداف غیر بازاری مهم هستند اما هدف کارایی اقتصادی به دلایل افزایش کمیابی منابع آبی و رقابت رو به افزایش در بین استفاده‌کنندگان آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. می‌توان آب را به شکل یک دارایی طبیعی در نظر گرفت و ارزش آن را به توانایی‌اش در ایجاد جریان‌های کالا و خدمات در طول زمان نسبت داد. ارزش‌های استخراجی از آب معمولاً به دو صورت ارزش‌های استفاده‌ای و ارزش‌های غیراستفاده‌ای تقسیم می‌شود. ارزش‌های استفاده‌ای شامل دسته‌بندی‌های گوناگونی است که مصارف کشاورزی، صنعتی، خانوارها، تریبری، تفریحات و پساب‌ها را در برمی‌گیرد. ارزش غیر استفاده‌ای شامل ارزش وجودی، میراث و انتخاب می‌گردد. مبانی نظری و کاربردی ارزش استفاده‌ای آب در مصارف کشاورزی در این کتاب مورد بررسی قرار گرفته است.

تولید هر کالا و خدماتی نیاز به ترکیبی از منابع و نهاده‌ها از جمله مواد اولیه، تجهیزات، نیروی کار، مدیریت، سرمایه و زمین دارد. هر یک از این نهاده‌ها در ایجاد ارزش کل محصول سهم دارند. برآورد منافع یا ارزش اقتصادی یک نهاده قیمت‌گذاری نشده مانند آب، مستلزم جداسازی سهم آب در تولید ارزش کل برای محصول از سهم سایر نهاده‌های تولیدی است که در جریان تولید وارد می‌شوند. تئوری تولید و بنگاه، برای نهاده‌هایی از قبیل آب کشاورزی یا صنعتی، اساس تئوریک برای ارزش‌گذاری رفاه اقتصادی را فراهم می‌کند. تئوری سود اقتصادی نیز در یک بیان عمومی و واقعی‌تر در این ارزش‌گذاری وارد می‌شود.

تولیدات غذایی و الیافی دنیا عمدتاً در زمین‌های آبیاری شده به عمل می‌آیند. آبیاری در سرزمین‌های بارندگی کم یا نامنظم به افزایش تولید محصول کمک می‌کند. مدل‌سازی پیچیدگی‌های فرآیندهای تخصیص در تولید محصول کشاورزی، چالشی است که پیش روی تعیین درست ارزش اقتصادی آب در تولید محصول وجود دارد. آنچه که در واقعیت تولید کشاورزی اتفاق می‌افتد این است که کشاورز انتخاب می‌کند که چه محصولی را پرورش داده و چه میزان زمین، نیروی کار و سرمایه را برای هر محصول تخصیص دهد و از چه فن‌آوری استفاده کند. تولید محصول با آبیاری، فرآیند پویایی است که تصمیمات مربوط به نهاده‌ها به‌طور مداوم در طی مراحل کاشت، داشت و برداشت گرفته می‌شود و برخی از تصمیمات در این فرآیند باید ماه‌ها یا سال‌ها قبل از برداشت محصول گرفته شود. هر تصمیم در این فرآیند به اقتضای نتایج تصمیمات گذشته، وقایع قبل و اطلاعات مربوط به آینده اتخاذ می‌شود. کشاورز باید این انتخاب‌های چند نهاده‌ای - چند محصولی را در مواجهه با قیمت‌های نامعین محصول و نهاده، امکانات نامعین تولید، عرضه نیروی کار، نااهنگی و فرصت‌های جایگزین اشتغال برای نیروی کار خانوادگی و سرمایه را در محیط در حال تغییر و نامشخص سیاست‌گذاری کشاورزی ملی اتخاذ کند. این مطالب حاکی از آن است که مدل‌های استفاده شده با اقتصاددانان نمایان‌گر ساده‌سازی‌های عمده‌ای از شرایط دنیای واقعی است.

روش‌هایی که برای تعیین ارزش اقتصادی آب استفاده می‌گردد را به دو دسته قیاسی و استقرایی می‌توان دسته‌بندی کرد. به طور عمده روش‌های قیاسی شامل روش پسماند و بسط آن به علاوه روش‌های هزینه جایگزین، تغییر در خالص سودهای اقتصادی، مدل داده - ستانده، تعادل عمومی محاسباتی و برنامه‌ریزی ریاضی می‌شود. روش‌های استقرایی نیز شامل تحلیل‌هایی مبتنی بر تابع تولید و تقاضای استخراجی از مشاهدات بازار آب و روش ارزش‌گذاری ضمنی است. مثال‌های این روش‌ها در ادبیات اقتصادی به میزان زیادی موجود می‌باشند که فراوانی برخی روش‌ها از قبیل استفاده از برآوردهای اقتصادسنجی، برنامه‌ریزی ریاضی و مدل تعادل عمومی بیش‌تر از بقیه روش‌ها است. در فصل چهارم این نشریه سعی گردید تا از هر کدام از روش‌ها با چند مثال به طور مشروح بر اساس مقالات چاپ شده در مجلات اقتصادی بیان گردد. پروژه‌های عمومی برای توسعه آب در آبیاری محصولات از جمله اولین موارد ارزش‌گذاری‌های غیر بازاری بودند. روش‌های استاندارد تخمین ارزش‌های آب در آبیاری، قیاسی هستند و تخمین سودهای اقتصادی آب از مدل‌های رفتار بنگاه مزرعه‌ای استخراج می‌شوند، که معمولاً با روش پسماند صورت گرفته و درآمدها را پیش‌بینی کرده و آن‌گاه هزینه‌های انتظاری از خرید نهاده‌ها و هزینه فرصت تخمینی از نهاده‌های تملیکی به جز آب کسر می‌شود. این مدل‌ها ممکن است بودجه ساده بازدهی و هزینه محصول یک مزرعه از بازدهی خالص برای یک محصول باشد که ترکیب خاصی از نهاده و بازدهی محصول را فرض می‌کند، یا آن‌ها ممکن است مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی را توسعه دهند که تخصیص بهینه آب مزرعه و سایر منابع در بین چندین محصول بالقوه را نشان می‌دهد و نهاده آب، بازدهی محصول و بازدهی خالص به آب را به صورت بخشی از راه حل استخراج می‌کند. ارزش‌گذاری آب در آبیاری کشاورزی ممکن است تکنیک‌های آماری را برای تحلیل بازارهای آب واقعی یا بازارهای زمین کشاورزی به کار گیرند. روش‌هایی که توسط سازمان‌های عمومی برای اندازه‌گیری فایده‌های اقتصادی اجتماعی پروژه‌های آبیاری عمومی به کار گرفته می‌شوند، بحث‌انگیز هستند. برخی از انتقادات بر مدل‌های مفهومی ضمنی است که به کار می‌رود و بر این اساس است که مدل‌ها هزینه‌های فرصت نیروی کار و منابع سرمایه را در محاسبه بازدهی خالص آب به قدر کافی به حساب نمی‌آورند، همچنین قیمت‌های به کار رفته در ارزیابی پروژه عمومی به درستی تعدیل نشده و ارزش اجتماعی را منعکس نمی‌کنند. با این وجود، مبانی نظری، روش‌ها و مثال‌های عنوان شده در فصل‌های قبل پیش‌زمینه‌ای است برای کسانی که می‌خواهند با روش‌های موجود به برآورد ارزش اقتصادی آب در مصارف کشاورزی مبادرت ورزند.

پیوست ۱

انواع توابع تولید

یکی از معروف‌ترین توابعی که در بیان روابط ساختاری در تولید از گذشته‌های دور مورد استفاده قرار گرفته است، تابع کاب - داگلاس می‌باشد. این تابع خصوصیات ضرورت، همگنی، یکنواختی، تقعر، پیوستگی، مشتق‌پذیری، غیرمنفی و غیر تهی بودن را دارد (گریفین^۱ و همکاران، ۱۹۸۷). پارامترهای تابع کاب - داگلاس کشش‌های تولید نهاده‌ها را نشان می‌دهد. این تابع خصوصیت ضرورت مصرف نهاده را نیز به خوبی نمایان می‌سازد. البته بخشی از محدودیت‌های ساختاری که این تابع اعمال می‌کند، از مطلوبیت آن در کارهای تجربی در سال‌های اخیر کاسته است. از جمله محدودیت‌های این تابع می‌توان به ثابت بودن کشش‌های تولیدی نهاده‌ها در آن اشاره کرد. بدین معنی که بر اساس این تابع، کشش تولید نهاده‌ها در سطوح مختلف مصرف نهاده‌ها یکسان است و ارتباطی به مقدار مصرف نهاده‌های به کار برده شده ندارد، درحالی‌که در دنیای واقعی این کشش‌ها به احتمال در سطوح مختلف مصرف نهاده‌ها متفاوت است. علاوه بر این، این فرم تنها یک ناحیه تولیدی را برای هر نهاده نشان می‌دهد و قادر به تبیین هر سه ناحیه از تابع تولید نیست. همچنین بازده نسبت به مقیاس در این تابع بدون توجه به سطح تولید تعیین می‌شود و برای کلیه سطوح فقط ثابت یا نزولی و یا صعودی است و کشش جانشینی آن نیز برابر عدد ثابت یک است. استفاده از این تابع در صورتی نتایج درستی به دست می‌دهد که این محدودیت‌ها واقعا در ساختار تولید نیز وجود داشته باشد. واضح است که استفاده از توابعی که اجازه دهند هر یک از محدودیت‌های فوق آزمون شوند، بر استفاده از این تابع ترجیح داده می‌شود، چرا که با انجام آزمون‌های لازم از اعمال شرایط خاص بر ساختار تولید پرهیز می‌شود و پارامترهای برآورد شده اعتمادپذیر می‌شوند.

تابع کشش جانشینی ثابت^۲ (CES) که ویژگی‌های همگنی، یکنواختی، تقعر، پیوستگی، مشتق‌پذیری، غیرمنفی، غیرتهی بودن را تامین می‌کند، از دیگر فرم‌های مورد توجه در مطالعات تجربی است (آرو^۳ و همکاران، ۱۹۶۱). با اعمال قیودی بر پارامترهای این الگو، این فرم به توابع خطی، کاب - داگلاس و لئونتیف تبدیل می‌شود و در نتیجه مقایسه میان این سه نوع تابع و انتخاب فرم برتر بر اساس آزمون‌های اقتصادسنجی ممکن می‌شود. این تابع هر سه نوع بازدهی نسبت به مقیاس و یا هر درجه‌ای از همگنی را نشان می‌دهد. از محدودیت‌های فرم CES می‌توان به ثابت بودن کشش جانشینی بین دو نهاده در آن اشاره کرد که بستگی به نسبت نهاده‌ها ندارد و هر عددی از صفر تا بی‌نهایت را ممکن است به دست دهد. همچنین همانند تابع کاب-داگلاس، این تابع نیز همواره تنها یک ناحیه از نواحی تولید را تبیین می‌کند. علاوه بر این، شرط ضرورت برای این تابع نیز تعریف نشده است.

تابع متعالی یا ترانسندنتال شکل تغییر یافته‌ای از تابع کاب - داگلاس است که کلیه ویژگی‌های تابع تولید نئوکلاسیک‌ها را تامین می‌کند (هالتر^۴ و همکاران، ۱۹۵۷). علاوه بر این، از آنجا که تابع کاب - داگلاس جزیی از تابع ترانسندنتال محسوب می‌شود که با مقید کردن به دست می‌آید، لذا امکان آزمون برتری یکی را بر دیگری به راحتی فراهم می‌آورد. کشش‌های تولیدی نهاده‌ها در این فرم ثابت نیست ولی مقدار آن‌ها تنها به میزان مصرف همان نهاده بستگی دارد.

1- Griffin

2- Constant Elasticity of Substitution (CES)

3- Arrow

4- Halter

از خصوصیات مطلوب دیگر این تابع آن است که بازده نسبت به مقیاس در آن ثابت نیست، بلکه بستگی به مقدار مصرف نهاده‌ها دارد. به علاوه این فرم سه ناحیه تولیدی نئوکلاسیک‌ها را نشان می‌دهد. با توجه به این مجموعه صفات، تابع ترانسندنتال را می‌توان یکی از فرم‌های مناسب برای بیان روابط تولیدی بر اساس نظریه تولید دانست. تابع ترانزلگ هم تمامی ویژگی‌های تابع تولید نئوکلاسیک را تامین می‌کند (کریستن^۱ و همکاران ۱۹۷۱).

از مشخصات دیگر این تابع آن است که اجازه می‌دهد کشش‌های جانشینی و کشش‌های تولیدی، بسته به سطح مصرف نهاده‌ها، تغییر کند. به علاوه، مشتق اول این تابع محدودیتی از نظر علامت ندارد. به عبارت دیگر، تابع ترانزلگ هر سه ناحیه تولیدی را نشان می‌دهد و تولید نهایی در آن فزاینده، کاهنده و یا منفی است. در تابع ترانزلگ علاوه بر پارامترهای متغیرهای اصلی، ضرایب روابط متقابل متغیرها نیز برآورد می‌شود. شرط ضرورت در این تابع تعریف نشده است. تابع کاب-داگلاس حالت خاصی از این تابع محسوب می‌شود و در نتیجه به راحتی قابل آزمون است. تابع درجه دوم تعمیم یافته نیز کلیه ویژگی‌های تابع تولید نئوکلاسیک‌ها را به جز شرط ضرورت، تامین می‌کند (چمبرز^۲، ۱۹۸۸). در این فرم، تابع خطی متداخل وجود دارد. علاوه بر این، همانند تابع ترانزلگ، کشش‌های تولیدی در این تابع نیز بستگی به میزان مصرف نهاده‌ها دارد و مشتق اول آن محدودیتی از نظر علامت ندارد. این تابع نیز سه ناحیه تولیدی را نشان می‌دهد. در این تابع نیز پارامترهای روابط متقابل نهاده‌ها برآورد می‌شود و در نتیجه امکان ارزیابی هم‌زمان اثر متقابل نهاده‌ها بر یکدیگر فراهم می‌شود. در این تابع شرط تععر، کلیت ندارد.

تابع لئونتیف تعمیم یافته نیز تمامی خصوصیات ذکر شده در مورد تابع تولید به جز شرط ضرورت را تامین می‌کند. سایر خصوصیات آن نیز شبیه دو تابع قبلی است، به طوری که مشتق اول آن محدودیتی از نظر علامت ندارد و سه ناحیه تولیدی را نیز نشان می‌دهد (دایورت^۳، ۱۹۷۱). اساساً اشکال مختلف تابع تولید در واقع فن‌آوری تولید را نشان می‌دهد و فن‌آوری تولید نیز نحوه ترکیب نهاده‌های مختلف را می‌نمایاند. اختلاف موجود در شرایط تولید و مدیریت کشاورزان موجب می‌شود که آن‌ها به شیوه‌های گوناگون نهاده‌های تولید را با هم ترکیب کنند. بنابراین به توابعی نیاز است که این اختلاف را بهتر نشان دهد. با توجه به ویژگی‌های ذکر شده در خصوص فرم‌های تابعی بررسی شده، می‌توان گفت که سه تابع آخر یعنی ترانزلگ و درجه دوم تعمیم یافته و لئونتیف تعمیم یافته، محدودیت‌های کم‌تری نسبت به دو تابع اول یعنی کاب-داگلاس و CES بر ساختار تولید اعمال می‌کنند. با توجه به این که تعداد پارامترها در فرم‌های تابعی مذکور به اندازه‌ای است که هیچ‌گونه محدودیتی بر ساختار فناوری تولید اعمال نمی‌کند، آن‌ها را فرم‌های انعطاف‌پذیر می‌نامند. این فرم‌ها امکان انعکاس اختلاف در شرایط تولید و مدیریت را نیز بهتر فراهم می‌کنند. انعطاف‌پذیری در اشکال تابعی به مفهوم وجود پارامترهای آزاد در یک شکل تابعی برای ارائه یک تقریب مرتبه دوم از هر تابع دلخواه است. به عبارت دیگر، انعطاف‌پذیری به مفهوم قدرت یک تابع در ارائه تقریبی مرتبه دوم از هر تابع دلخواه پیرامون هر نقطه در دامنه تابع است.

1- Christensen
2- Chambers
3- Diewert

اشکال تابعی کاب - داگلاس و CES و خطی، فاقد خیلی از ویژگی‌های توابع انعطاف‌پذیرند و به دلیل نداشتن پارامترهای کافی، محدودیت‌هایی بر ساختار فن‌آوری تولید اعمال می‌کنند، از این رو اشکال تابعی انعطاف‌ناپذیر نامیده می‌شوند. این نوع توابع، تخمینی خطی (مرتب اول) از متغیرها به دست می‌دهند و در نتیجه دارای پارامترها و قدرت توضیح‌دهندگی کم‌تری نسبت به اشکال تابعی انعطاف‌پذیرند. در جدول (پ. ۱-۱) شکل عمومی و بعضی از خصوصیات تعدادی از شکل‌های تابعی انعطاف‌پذیر و انعطاف‌ناپذیر آمده است.

جدول پ. ۱-۱- شکل و خصوصیات تعدادی از اشکال توابع

نام تابع	شکل تابعی	تولید نهایی $\partial Y / \partial x_i$	کشش نهاده i ام Ex_i	تعداد پارامترها
کاب-داگلاس	$Y = \alpha \prod_{i=1}^n x_i^{\beta_i}$	$\alpha \beta_i x_i^{-1} \prod_{i=1}^n x_i^{\beta_i}$	β_i	$n+1$
CES	$Y = \left[\alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i^{-\rho} \right]^{-\frac{v}{\rho}}$	$\beta_i v x_i^{-1} - \rho$ $= \left[\alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i^{-\rho} \right]^{-\frac{(v+\rho)}{\rho}}$	$\beta_i v y^{-1} - \rho$ $= \left[\alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i^{-\rho} \right]^{-\frac{(v+\rho)}{\rho}}$	$n+3$
ترانسندنتال	$Y = \alpha \prod_{i=1}^n x_i^{\beta_i} e^{\gamma_i x_i}$	$((\beta_i / x_i) + \gamma_i) * Y$	$((\beta_i / x_i) + \gamma_i) * x_i$	$2n+1$
ترانزگ	$\ln(Y) = \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i \ln(x_i)$ $+ 1/2 \sum_{i=1}^n \gamma_{ii} (\ln x_i)^2$ $+ \sum_{i=1}^n \sum_{j=2}^n \gamma_{ij} (\ln x_i)(\ln x_j)$ $i \neq j$	$(\beta_i + \gamma_{ii} (\ln x_i))$ $+ \sum_{j=2}^n \gamma_{ij} (\ln x_j) (Y / x_i)$	$(\beta_i + \beta_{ii} (\ln x_i))$ $+ \sum_{j=2}^n (\ln x_j)$	$1/2(n+1)$ $(n+2)$
درجه دوم تعمیم یافته	$Y = \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i$ $+ 1/2 \sum_{i=1}^n \gamma_{ii} (x_i)^2$ $+ \sum_{i=1}^n \sum_{j=2}^n \gamma_{ij} (x_i)(x_j)$ $, i \neq j$	$(\beta_i + \gamma_{ii} (x_i))$ $+ \sum_{j=2}^n \gamma_{ij} (x_j)$	$(\beta_i + \gamma_{ii} (x_i))$ $= \sum_{j=2}^n \gamma_{ij} (x_j) (x_i / Y)$	$1/2(n+1)$ $(n+2)$
لئونتیف تعمیم یافته	$Y = \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i (x_i)^{1/2}$ $+ \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij}$ $(x_i)^{1/2} (x_j)^{1/2}$	$(1/2 \beta_i (x_i)^{-1/2})$ $+ 1/2 \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} (x_i)^{-1/2} (x_j)^{1/2}$	$((1/2 \beta_i (x_i)^{-1/2} + 1/2$ $\sum_{j=1}^n \gamma_{ij} (x_i)^{-1/2} (x_j)^{1/2}) (x_i / Y)$	$1/2(n+1)$ $(n+2)$

پیوست ۲

مبانی نظری و کاربردهای اقتصادسنجی

پ.۲-۱- کلیات

تئوری‌ها و نظریه‌های اقتصادی در طی قرون گذشته همراه با تجارب اقتصادی کشورها تغییرات و دگرگونی‌های متفاوتی را در خود جای داده است. اغلب این تغییرات براساس شواهد تاریخی و تجربی از اقتصاد کشورهای مختلف به دست آمده‌اند. با پیچیده‌تر شدن روابط اقتصادی، اقتصاددانان به دنبال یافتن روابط کمی برای تعریف دقیق ارتباطات بین عوامل اقتصادی بوده‌اند. بدین منظور آن‌ها به معادلات دقیق ریاضی متوسل شدند. اما از آنجایی که همواره پدیده‌های طبیعی تصادفی هستند و اغلب با نا اطمینانی همراه می‌باشند، روش‌های آماری استفاده از معادلات ریاضی مورد توجه قرار گرفت که این موضوع تحت عنوان اقتصادسنجی شناخته شد. باید توجه داشت که اقتصادسنجی فقط مختص به رشته اقتصاد نمی‌باشد و در اغلب علوم انسانی و اجتماعی و همچنین رشته‌های پزشکی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اقتصادسنجی، در دوران بعد از جنگ جهانی دوم رشد و تکامل فراوانی پیدا کرد. این علم یکی از پایه‌های کاربردی اقتصاد است. اقتصاددانان در مسیر رشد و تکامل این علم، برای یافتن روابط کمی بین پدیده‌های اقتصادی و همچنین به منظور پیش‌بینی روند آتی متغیرهای مورد نظر تحولاتی عظیم را در این رشته اقتصادی به وجود آورده‌اند. به طوری که اکنون این معیار و روش سنجش و پیش‌بینی به صورت یک علم گسترده در ادبیات اقتصادی گنجانیده شده است. حتی دامنه و نقش اقتصادسنجی بسیار وسیع‌تر از اندازه‌گیری‌های اقتصادی است، از جمله می‌توان گفت:

- اقتصادسنجی، تجزیه و تحلیل کمی پدیده‌های اقتصادی واقعی است، که بر مبنای پیشرفت هم زمان نظریه‌های اقتصادی و تجربیات اقتصادی انجام می‌گیرد تا نظریه‌ها و تجربه‌های اقتصادی با روش‌های علمی مناسب به هم ارتباط داده شوند.

- اقتصادسنجی را می‌توان یک علم اجتماعی دانست که ابزارهای نظریه اقتصادی، ریاضیات و آمار را به کار می‌گیرد تا بتواند پدیده‌های اقتصادی را تجزیه و تحلیل کند.

برای کمی‌سازی روابط بین متغیرها، یکی از ابزارهای مورد استفاده در نشریه حاضر به خصوص در زیر سیستم اقتصاد ملی، اقتصادسنجی می‌باشد که در بخش حاضر به ارائه متدولوژی و ادبیات نظری آن پرداخته‌ایم که شامل روش‌های برآورد، الگوهای موجود و روش‌های پیش‌بینی می‌باشد.

پ.۲-۲- تعاریف

واژه اقتصادسنجی ترجمه کلمه انگلیسی Econometrics است که خود از دو کلمه Economics به معنی اقتصاد و Meter به معنی اندازه و سنجش ترکیب شده است. اقتصادسنجی به دو شاخه تقسیم می‌شود:

الف- اقتصادسنجی نظری

اقتصادسنجی نظری، به توسعه و پیشرفت روش‌های مناسب اندازه‌گیری و برآورد روابط و پارامترهای اقتصادی و انتخاب الگوهای مناسب می‌پردازد.

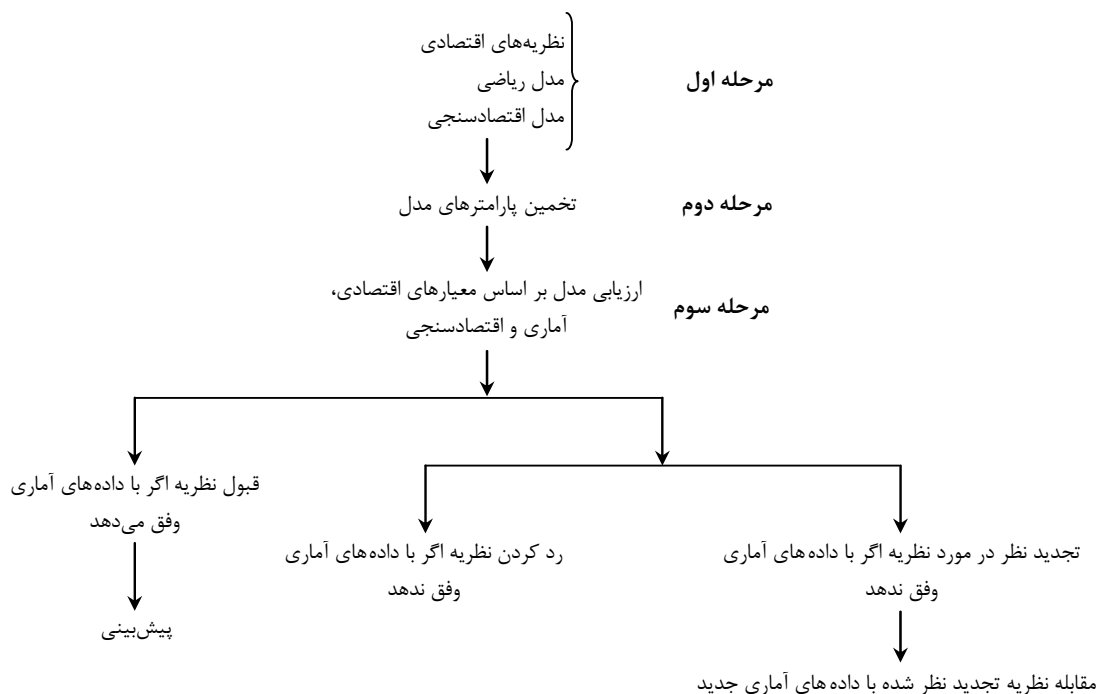
ب- اقتصادسنجی کاربردی

این نوع اقتصادسنجی، ابزارهای اقتصادسنجی نظری را برای مطالعه زمینه‌های خاص اقتصادی، نظیر توابع تولید، مصرف، سرمایه‌گذاری، تقاضا، عرضه و غیره، به کار می‌برد.

اقتصادسنجی با استفاده از نظریه‌های اقتصادی و به کمک مدل‌های اقتصاد ریاضی، داده‌های آماری تولید شده توسط واحدهای اقتصادی یا داده‌هایی که در طول زمان تولید می‌شوند، با ارتباط دادن متغیرها به یکدیگر، روابط بین آن‌ها را برآورد و چگونگی حرکت آن‌ها را در آینده پیش‌بینی می‌کند. نتایج به دست آمده در برآوردهای اقتصادسنجی به سیاست‌گذاران کمک می‌کند که به جای حدس و گمان با احتمال نسبت به آینده و حال، در مورد پارامترهای اقتصادی جامع قضاوت نمایند.

اقتصادسنجی، به تعیین تجربی قوانین اقتصادی می‌پردازد. هنر متخصص اقتصادسنجی، دریافت مجموعه فرضیه‌هایی است که به اندازه کافی مشخص و واقعی باشند تا وی را قادر سازند که بهترین استفاده ممکن را از داده‌های موجود کند. به طور کلی، تئوری اقتصادی به بیان احکام و فرضیه‌هایی می‌پردازد که اساسا و ماهیتا کیفی هستند. برای مثال، تئوری اقتصادی، رابطه‌ای منفی یا معکوس را بین تعرفه و مقدار ورود کالا به بندر فرض می‌کند، اما بیان نمی‌کند که در نتیجه یک تغییر معین در میزان تعرفه، مقدار کالای وارده به بندر به چه میزان افزایش یا کاهش می‌یابد. در واقع وظیفه اقتصادسنجی این است که چنین تخمین‌های عددی را فراهم آورد. به دیگر سخن، این اقتصادسنجی است که به بخش اعظمی از تئوری‌های اقتصادی، اعتبار و محتوای تجربی می‌بخشد. پس از تعیین و تصریح مدل اقتصادسنجی - که از تئوری اقتصادی به دست می‌آید - قدم بعدی در فرآیند تحقیق اقتصادسنجی، به دست آوردن تخمین (مقادیر عددی) پارامترهای مدل از داده‌های موجود است. بعد از به دست آوردن تخمین‌های پارامترها، محقق اقتصادسنجی باید ملاک‌های مناسب را برای ارزیابی مطابقت پارامترهای تخمین زده شده با انتظارات تئوری تحت آزمون بررسی کند. چنانچه مدل انتخابی، موید فرضیه یا تئوری تحت بررسی باشد، در این صورت می‌توان مدل فوق را برای پیش‌بینی مقادیر آینده، متغیر وابسته بر مبنای مقادیر آینده انتظاری یا معلوم متغیر توضیحی به کار برد. همان‌طور که گفته شد هدف اقتصادسنجی به دست آوردن، برآورد یا تخمین پارامترهای مدل‌های اقتصادی است، پس از برآورد پارامترهای مدل، با استفاده از تکنیک‌های خاص، دومین وظیفه اقتصادسنجی و شاید وظیفه اصلی آن که پیش‌بینی روند متغیرهای اقتصادی براساس برآوردهای به دست آمده است، انجام می‌گیرد.

مراحل مختلف تحقیق اقتصادسنجی



پس به طور خلاصه، مراحل اجرایی روش‌شناسی اقتصادسنجی چنین است:

- ۱- بیان فرضیه
- ۲- تعیین و تصریح مدل اقتصادسنجی به منظور آزمون تئوری
- ۳- تخمین پارامترهای مدل انتخابی
- ۴- ارزیابی یا استنتاج آماری
- ۵- پیش‌بینی و آینده‌نگری یا تعمیم‌دهی
- ۶- کاربرد مدل برای مقاصد کنترل و سیاست‌گذاری

در بخش‌های آتی ابتدا روش‌های تحلیل تک معادلات رگرسیونی و روش‌های برآورد آن‌ها توضیح داده می‌شود. آن‌گاه فرض کلاسیک و موارد نقض آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه نیز سیستم معادلات و شیوه‌های پیش‌بینی اشاره خواهد شد. آزمون‌های ایستایی نیز به اختصار قبل از پیش‌بینی به روش VAR توضیح داده می‌شود.

پ.۲-۳- روش‌های تجزیه و تحلیل تک معادلات رگرسیونی

به طور خلاصه می‌توان گفت که منظور از تحلیل رگرسیون، روش‌هایی است که از طریق آن می‌توان روابط مختلف و در نتیجه مقادیر متغیرهای گوناگون و همچنین میزان خطا را با توجه به اطلاعات موجود در رابطه با یک یا چند متغیر

دیگر برآورد نمود. لذا با توجه به توضیحات بالا، بحث اساسی در رابطه با رگرسیون در حقیقت برآورد پارامترها و در نتیجه برآورد معادله رگرسیون می‌باشد. سه دلیل اصلی برای تخمین مدل عبارتند از:

- ۱- اثبات تجربی یک قضیه تئوریک
- ۲- تصمیم‌گیری‌هایی که متضمن هزینه یا فایده است
- ۳- پیش‌بینی مقادیر یک متغیر مشخص برای مقاصد برنامه‌ریزی

برای تخمین پارامترها و در نتیجه تخمین معادله رگرسیون روش‌های مختلفی وجود دارد. از جمله این روش‌ها، می‌توان به روش حداقل مربعات معمولی^۱ و حداکثر درست‌نمایی اشاره کرد. در ادامه، ما به بررسی این دو روش می‌پردازیم.

پ. ۱-۲-۳- روش حداقل مربعات معمولی

براساس روش حداقل مربعات معمولی، ابتدا بر مبنای نمونه مورد بررسی و اطلاعات مربوط درباره دو متغیر x و y ، مختصات این نقاط را بر روی یک محور دو بعدی نشان می‌دهیم. این نمایش هندسی مختصات نقاط را نمودار پراکندگی^۲ می‌نامند.

نمودار پراکندگی این مزیت را دارد که می‌تواند اطلاعات کلی در زمینه نوع رابطه از نظر خطی یا غیر خطی و یا از نظر مستقیم یا معکوس در اختیار ما قرار دهد. در رابطه با این سوال که چگونه می‌توان براساس اطلاعات موجود در نمودار پراکندگی، بهترین خط ممکن را برازش نمود، روش حداقل مربعات معمولی به این صورت پاسخ می‌دهد که چنانچه فرض نماییم که معادله خط برازش شده به صورت زیر باشد:

$$\hat{y} = a + bx \quad (\text{پ. ۱-۲})$$

در این صورت ضرایب این معادله یعنی a و b طوری محاسبه می‌شوند که عبارت زیر حداقل شود:

$$e^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2 \quad (\text{پ. ۲-۲})$$

به همین علت است که به این روش، حداقل مربعات (مجذور خطا) می‌گویند. هر چه تفاوت بین y_i (مقدار واقعی) و \hat{y} (مقدار برازش شده) کم‌تر باشد، در این صورت خط برازش شده از اشتباه و خطای کم‌تری برخوردار بوده و برعکس هر چه انحرافات y_i از \hat{y} زیاد باشد، در این صورت خط برازش شده از اشتباه بیش‌تری برخوردار خواهد بود.

قابل ذکر می‌باشد که علت این امر که مجموع مجذورات انحرافات y_i از \hat{y} ها را در این روش در نظر می‌گیریم، این است که چون طبق تعریف، برخی از نقاط نمودار پراکندگی ممکن است در بالای خط برازش شده قرار گرفته باشند (به عبارت دیگر عبارت $y_i - \hat{y}$ برای آن‌ها مثبت می‌شود) و برخی دیگر از نقاط، در پایین خط برازش قرار گرفته‌اند (بنابراین

1- Ordinary Least Squares Method (OLS)
2- Scatter Diagram

عبارت $\hat{y}_i - y_i$ برای آن‌ها منفی می‌شود، چنانچه مجموع انحرافات معمولی را در نظر می‌گرفتیم، این مجموع به سمت صفر تمایل داشته و بنابراین نمی‌توانستیم براساس آن عمل نماییم.

قبل از بیان چگونگی استفاده از روش حداقل مربعات معمولی در تخمین پارامترهای معادله، نیاز است که به فروض موجود در این روش اشاره شود. این فروض (معروف به فروض کلاسیک‌ها) به شرح زیر می‌باشند:

$$y_i = \alpha + \beta x_i + u_i \quad (\text{پ.۲-۳})$$

۱- در معادله فوق فرض می‌شود که امید ریاضی متغیر تصادفی u_i برابر با صفر است. به عبارتی دیگر:

$$E(u_i) = 0 \quad (\text{پ.۲-۴})$$

این فرض بدین صورت تفسیر می‌شود که با توجه به این که مفهوم امید ریاضی نوعی میانگین تلقی می‌شود، می‌توان گفت در رابطه بین دو متغیر x و y ، متغیرهایی که نادیده گرفته شده‌اند را می‌توان به ۲ گروه تقسیم نمود. یکی گروهی که در آن متغیرهای نادیده گرفته شده دارای اثرات مثبتی بر روی متغیر y هستند و دیگری گروهی که دارای اثرات منفی بر روی متغیر y بوده‌اند. شرط فوق به طور ضمنی فرض می‌نماید که به طور متوسط اثرات مثبت و منفی این گونه متغیرها یکدیگر را خنثی نموده و بنابراین در مجموع به طور متوسط، خالص این اثرات مختلف مساوی با صفر در نظر گرفته می‌شوند.

۲- همان طوری که قبلاً نیز اشاره نمودیم متغیر u یک متغیر تصادفی بوده و بنابراین متغیر y که در حقیقت متغیر وابسته یا درونی معادله رگرسیون می‌باشد نیز یک متغیر تصادفی قلمداد می‌شود. اما باید توجه داشت که متغیر مستقل یعنی x در این روش به عنوان یک متغیر غیر تصادفی^۱ و یا متغیر قابل کنترل^۲ یا متغیر توضیحی^۳ قلمداد می‌شود. بنابراین در تحلیل رگرسیون ساده، هر دو متغیر x و y متغیرهای تصادفی نیستند. با توجه به فرض غیرتصادفی متغیر مستقل x در این صورت می‌توان نوشت:

$$E(x_i u_i) = E(x_i)E(u_i) = 0 \quad (\text{پ.۲-۵})$$

منظور از عبارت فوق این است که متغیر مستقل با جمله پسماند (اختلال) رابطه ندارد و در نتیجه از یکدیگر مستقل فرض می‌شوند.

۳- همسانی واریانس: از نظر ریاضی این فرض را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\delta_{u_i}^2 = E[u_i - E(u_i)]^2 = E(u_i^2) = \delta^2 \quad (\text{پ.۲-۶})$$

با توجه به این که در مدل رگرسیون y_i متغیر تصادفی قلمداد می‌شود، در این صورت از رابطه:

$$y_i = \alpha + \beta x_i + u_i \quad (\text{پ.۲-۷})$$

می‌توان نتیجه گرفت که:

1- Non- Random- Variable
2- Controllable Variable
3- Explanatory Variable

$$\delta^2 u_i = \delta^2 y_i \quad (\text{پ.۲-۸})$$

بنابراین می‌توان گفت که براساس فرض همسانی واریانس، واریانس y_i که در حقیقت با واریانس u_i برابر است، یک عدد ثابت در نظر گرفته می‌شود. این فرض را می‌توان به این صورت تفسیر نمود که پراکندگی و دامنه تغییرات متغیر وابسته y برای x ‌های مختلف فرق نکرده و کماکان ثابت خواهد بود.

۴- عدم وجود خود همبستگی برای جمله پسماند؛ براساس این فرض می‌توان گفت:

$$\text{Cov}(u_i, u_j) = E(u_i u_j) = 0 \quad (\text{پ.۲-۹})$$

به عبارت دیگر بین u_i و u_j (جمله اختلال در زمان‌های مختلف) هیچ‌گونه رابطه‌ای وجود ندارد و به عبارت دیگر u_i ‌ها از یکدیگر مستقل فرض می‌شوند و در نتیجه کواریانس u_i و u_j در نمونه برابر با صفر می‌شود.

۵- فرض توزیع نرمال برای متغیر u_i ؛ این فرض برای آزمون فرضیه‌های مختلف در رابطه با رگرسیون و با

محاسبه فاصله و حدود اعتماد برای پارامترهای مختلف رگرسیون ضروری است. حال بعد از اشاره گذرا به

فروض فوق‌الذکر، به بررسی چگونگی استفاده از روش حداقل مربعات، برای محاسبه و تخمین پارامترهای

معادله رگرسیون می‌پردازیم:

ابتدا معادله رگرسیونی روبرو را در نظر می‌گیریم:

$$y_i = \alpha + \beta x_i + u_i \quad (\text{پ.۲-۱۰})$$

بر اساس مطالب گفته شده لازم است که عبارت زیر را به حداقل برسانیم:

$$\sum_{i=1}^n e^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2 \quad (\text{پ.۲-۱۱})$$

که در آن؛

$$\hat{y} = \hat{\alpha} + \hat{\beta} x_i \quad (\text{پ.۲-۱۲})$$

و یا برای سادگی \hat{y} را به صورت زیر نمایش می‌دهیم:

$$\hat{y} = a + b x_i \quad (\text{پ.۲-۱۳})$$

پارامتر b نیز تخمین زنده‌ای برای β و پارامتر a در حقیقت تخمین زنده برای α در معادله (پ.۲-۱۳) محسوب

می‌شود. بنابراین می‌توان نوشت:

$$\text{MIN} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2 = \text{MIN} \sum_{i=1}^n (y_i - a - b x_i)^2 \quad (\text{پ.۲-۱۴})$$

برای محاسبه a و b از عبارت فوق نسبت به این دو پارامتر مشتق جزئی گرفته و شرط لازم برای به حداقل رسانیدن

عبارت فوق حکم می‌نماید که این مشتق‌های جزئی برابر با صفر باشند. (قوانین موجود در ریاضیات در زمینه حداقل

کردن معادلات) در نتیجه خواهیم داشت:

$$a = \bar{y} - b \bar{x} \quad (\text{پ.۲-۱۵})$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{پ.۲-۱۶})$$

\bar{y} : میانگین y

\bar{x} : میانگین x

پ.۲-۳-۲- روش حداکثر درست نمایی

یکی از روش‌های دیگری که به مراتب در اقتصادسنجی به کار برده می‌شوند، روش حداکثر درست نمایی است. نکته مهم در این روش این است که نمونه‌های آماری متفاوت، از جامعه‌های آماری متفاوت می‌آیند. هر نمونه آماری را اگر به دقت بررسی کنیم، می‌بینیم احتمال این که آن نمونه از جامعه آماری به خصوصی بیاید از احتمال آمدن آن از جوامع آماری مختلف بیش تر است.

برآوردکننده روش حداکثر درست نمایی برای پارامتر β عبارت است از مقداری از $\hat{\beta}$ که با بیش‌ترین احتمال، نمونه مورد بررسی Y_1, Y_2, \dots, Y_n را به دست دهد. به طور کلی اگر Y_i دارای توزیع نرمال، و هر مشاهده Y به طور مستقل از دیگر مشاهدات برگزیده شده باشد، آن‌گاه، هدف برآوردکننده روش حداکثر درست نمایی این خواهد بود که عبارت زیر را به حداکثر برساند:

$$p(Y_1), p(Y_2), \dots, p(Y_n) \quad (\text{پ.۲-۱۷})$$

که در آن P احتمال آمدن هر مشاهده از یک توزیع نرمال است. قبل از این که تعریف فوق را در مورد رگرسیون خطی مستقیماً به کار ببریم، دو نکته را باید متذکر شویم:

۱- مقدار حداکثر درست نمایی به دست آمده بستگی به نمونه انتخابی Y دارد. نمونه‌های متفاوت، برآوردکننده‌های حداکثر درست نمایی متفاوتی خواهند داشت.

۲- عبارت $p(Y_1), p(Y_2), \dots, p(Y_n)$ که معمولاً آن را تابع درست نمایی می‌نامند، نه تنها به مقادیر نمونه بلکه به پارامترهای مجهول مساله نیز بستگی دارد. در تابع احتمال مزبور، در بیش‌تر موارد پارامترهای مجهول را به عنوان متغیر و Y ها را به عنوان مقادیر ثابت در نظر می‌گیرند. این کار منطقی به نظر می‌رسد، زیرا برای پیدا کردن برآوردکننده حداکثر درست نمایی، باید مقادیر مختلفی را که هر پارامتر می‌تواند اختیار کند بررسی شود و آن برآوردکننده‌هایی را پیدا کرد که موجب حداکثر شدن احتمال ایجاد نمونه مورد بررسی باشند.

حال در موقعیتی هستیم که برآوردکننده‌های حداکثر درست نمایی را برای پارامترهای الگوی رگرسیون خطی دو متغیره $(Y = \alpha + \beta X_i + u_i)$ به دست بیاوریم.

بنا به فرض‌های اولیه (فرض‌های موجود در فروض کلاسیک) می‌دانیم که هر Y_i دارای توزیع نرمال با میانگین $\alpha + \beta X_i$ و واریانس δ^2 است، لذا تابع توزیع احتمال Y_i را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$P(Y_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\delta^2}} e^{-\frac{1}{2\delta^2}(Y_i - \alpha - \beta X_i)^2} \quad (\text{پ.۲-۱۸})$$

بنابراین تابع احتمال به صورت زیر است:

$$L(Y_1, Y_2, \dots, Y_n, \alpha, \beta, \delta^2) = P(Y_1)P(Y_2) \dots P(Y_n) = \prod_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi\delta^2}} e^{-\frac{1}{2\delta^2}(Y_i - \alpha - \beta X_i)^2} \quad (\text{پ.۲-۱۹})$$

هدف این است که تابع احتمال را بر حسب پارامترهای δ^2, β, α (که در واقع در این تابع متغیرها هستند) به حداکثر برسانیم. برای این منظور لازم است از تابع مزبور بر حسب δ^2, β, α مشتق جزئی بگیریم و آن را مساوی صفر قرار دهیم و سپس جواب‌ها را برای δ^2, β, α پیدا کنیم، عملاً آسان‌تر است که به جای L ، لگاریتم طبیعی L را به کار بریم:

$$\alpha' = \bar{Y} + \beta' \bar{X} \quad (\text{پ.۲-۲۰})$$

$$\frac{\delta(\log L)}{\delta \alpha} = \frac{1}{\delta^2} \sum (Y_i - \alpha - \beta X_i) = 0 \quad (\text{پ.۲-۲۱})$$

$$\frac{\delta(\log L)}{\delta \beta} = -\frac{1}{\delta^2} \sum (-X_i)(Y_i - \alpha - \beta X_i) = 0 \quad (\text{پ.۲-۲۲})$$

$$\frac{\delta(\log L)}{\delta \delta^2} = -\frac{N}{2\delta^2} + \frac{1}{2\delta^4} \sum (Y_i - \alpha - \beta X_i)^2 = 0 \quad (\text{پ.۲-۲۳})$$

$$\beta' = \frac{\sum (X_i - \bar{X}_i)(Y_i - \bar{Y})}{\sum (X_i - \bar{X}_i)^2} \quad \delta'^2 = \frac{\sum (Y_i - \alpha' - \beta' X_i)^2}{N} \quad (\text{پ.۲-۲۴})$$

همان‌طور که می‌بینیم، برآوردکننده‌های روش حداکثر درست‌نمایی برای β, α عیناً مساوی برآوردکننده‌های روش حداقل مربعات معمولی است. از این رو β', α' بهترین برآوردکننده خطی و بدون انحراف است. اما δ'^2 برآوردکننده‌ای اریب (اگر چه سازگار) از δ^2 است.

پ.۲-۳-۳- آماره F

آزمون F یا تحلیل واریانس بیان‌گر این است که آیا متغیرهای مستقل مدل، جمعاً می‌توانند متغیر وابسته را توضیح دهند یا خیر؟ برای انجام آزمون F لازم است تا به تجزیه و تحلیل واریانس‌ها بپردازیم. کل تغییرات (پراکندگی) را می‌توان به دو جزء تغییرات توضیح داده شده و توضیح داده نشده، تقسیم کرد. اگر از این آزمون نتیجه گرفته شود که عوامل ناشناخته نقشی در توضیح دهندگی ندارند، آن‌گاه گفته می‌شود که برابری واریانس‌ها را داریم و توضیح دهندگی مدل قابل قبول است. همان‌طور که می‌دانیم عوامل تصادفی باعث ایجاد پراکندگی هستند. اگر این عوامل تصادفی

همان قدر که باعث پراکندگی عوامل شناخته شده‌اند، باعث پراکندگی عوامل ناشناخته نیز باشند، گفته می‌شود که تاثیر عوامل ناشناخته معنادار نبوده است. همان طور که از قبل نیز داریم:

$$\sum y_t^2 = \sum \hat{y}_t^2 + \sum \hat{u}_t^2 \quad (\text{پ. ۲-۲۵})$$

$$\text{TSS} = \text{ESS} + \text{RSS}$$

TSS انحرافات کل، ESS انحرافات توضیح داده شده به وسیله متغیرهای مستقل و RSS همان عوامل توضیح داده نشده یا تصادفی می‌باشند. پس کل پراکندگی به دو جزء توضیح داده شده و توضیح داده نشده تجزیه می‌شود. اگر RSS) ESS باشد، یعنی λ ها نقش اساسی در توضیح دهندگی y دارد و نقش عوامل تصادفی کم‌تر است. حال سوال آنست که چقدر باید ESS از RSS بیشتر باشد و حد بحرانی کجاست؟ برای انجام این موضوع به طور ساده یک رگرسیون دو متغیره را در نظر بگیرید:

به شرط توزیع نرمال u ها و تقسیم دو توزیع کای - دو به توزیع F می‌رسیم:

$$\frac{(\hat{\beta}_1 - \beta_1)^2}{\frac{\sigma_u^2}{\sum x_t^2}} \approx \chi_1^2$$

$$\frac{\sum \hat{u}_t^2}{\sigma_u^2} \approx \chi_{T-2}^2$$

$$F(1, T-2) \approx \frac{\chi_1^2}{\chi_{T-2}^2} \approx \frac{\frac{(\hat{\beta}_1 - \beta_1)^2}{\sigma_u^2}}{\frac{\sum \hat{u}_t^2 / T - 2}{\sigma_u^2}} \quad (\text{پ. ۲-۲۶})$$

$$\Rightarrow \frac{\hat{\beta}_1 \sum x_t^2}{\sum \hat{u}_t^2 / T - 2} = \frac{\sum \hat{y}_t^2}{\sum \hat{u}_t^2 / T - 2} \approx F(1, T-2)$$

صورت کسر آخر همان ESS و مخرج همان RSS است که بر درجه آزادی آن‌ها تقسیم شده‌اند. اگر مقدار محاسبه شده این آماره یعنی نسبت واریانس‌های برآورد شده بزرگ‌تر از مقدار بحرانی باشد، می‌پذیریم که تغییرات توضیح داده شده بزرگ‌تر از توضیح داده نشده است و متغیرهای مستقل جمعاً قادرند که به صورت معناداری y را توضیح دهند.

پ. ۲-۳-۴- ضریب تعیین

برای بررسی رابطه بین متغیرهای جامعه، از نمونه‌گیری استفاده کردیم و ضرایب معادله را برآورد کردیم. برای بررسی این‌که آیا هر کدام از متغیرها تاثیرشان بر متغیر وابسته معنادار می‌باشد و یا خیر از آماره t استفاده می‌کنیم. اگر آماره محاسبه شده از مقدار جدول t بزرگ‌تر باشد (به طور تقریبی بزرگ‌تر از ۲ باشد)، گوییم که رابطه بین این متغیر مستقل و متغیر وابسته ما معنادار است و ضریب آن قابل تفسیر می‌باشد. یعنی این‌که متغیر مستقل مورد نظر، به تنهایی

توضیح دهنده متغیر مستقل است و رابطه بین آن‌ها معنادار است. حال این سوال پیش می‌آید که این متغیرهای مستقل جمعا چقدر از تغییرات متغیر مستقل را توضیح می‌دهند. یعنی می‌خواهیم بدانیم که چه مقدار از تغییرات کل متغیر وابسته، به‌وسیله متغیرهای مستقل توضیح داده می‌شود. به بیان دیگر چه مقدار همبستگی میان تغییرات توضیح داده شده و تغییرات کل وجود دارد. بدیهی است که هر چه مقدار تغییرات توضیح داده شده به‌وسیله همه متغیرهای مستقل به مقدار تغییرات توضیح داده شده نزدیک‌تر باشد، می‌توانیم بگوییم که به خوبی جمیع متغیرهای مستقل، متغیر وابسته را توضیح می‌دهند. بر این اساس ضریب تعیین به‌صورت نسبت تغییرات توضیح داده شده به تغییرات کل نشان داده می‌شود. مقدار این آماره بین صفر و یک می‌باشد. پس هر چه مقدار آن به یک نزدیک‌تر باشد، بیان‌گر توضیح‌دهندگی بالاتر متغیرهای مستقل می‌باشد و هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد، برعکس.

$$R^2 = \frac{ESS}{TSS} \quad (\text{پ. ۲-۲۷})$$

برای درک ضریب تعیین، بهتر است که رگرسیون دو متغیره‌ای را در نظر بگیریم. اگر مدل به‌صورت زیر باشد:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + u_t \quad (\text{پ. ۲-۲۸})$$

آن‌گاه همان‌طور که می‌دانیم در این مدل، ضریب برآورد شده متغیر مستقل ($\hat{\beta}$) به‌صورت $\hat{\beta}_1 = \frac{\sum x_t y_t}{\sum x_t^2}$ می‌باشد.

تحت این شرایط، R برابر خواهد بود با:

$$R = \frac{1}{T-1} * \frac{\sum x_t y_t}{S_x S_y} \quad (\text{پ. ۲-۲۹})$$

$$R = \hat{\beta}_1 \frac{S_x}{S_y} \quad (\text{پ. ۲-۳۰})$$

در عبارات بالا S انحراف معیار نمونه و T حجم نمونه است. در این مدل دو متغیره، ماهیتا هیچ تفاوتی بین R و $\hat{\beta}_1$ وجود ندارد، زیرا هر یک می‌خواهند نشان دهند که به ازای تغییر یکی، دیگری چقدر تغییر می‌کند. باید توجه داشت که R ، رابطه علت و معلولی را لحاظ نمی‌کند، درحالی‌که $\hat{\beta}_1$ متکی بر رابطه علت و معلولی است یعنی این‌که از پیش فرض کرده‌ایم که X علت و y معلول است. بدیهی است که بنا به رابطه R و $\hat{\beta}_1$ ، آن دو باید هم علامت باشند، گر چه R^2 از این رابطه زائیده می‌شود، اما کاملا مفهوم دیگری را القا می‌کند:

$$R^2 = \hat{\beta}_1^2 \frac{S_x^2}{S_y^2} = \hat{\beta}_1^2 * \frac{\sum x_t^2}{\sum y_t^2} = \frac{\sum \hat{y}_t^2}{\sum y_t^2} \quad (\text{پ. ۲-۳۱})$$

رابطه (پ. ۲-۳۱) بیان‌گر همان رابطه برابری ضریب تعیین با نسبت تغییرات توضیح داده شده به کل تغییرات می‌باشد.

از طرف دیگر داریم که:

$$\hat{y}_t = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_t \quad (\text{پ. ۲-۳۲})$$

$$\bar{y}_t = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \bar{x}_t \quad (\text{پ. ۲-۳۳})$$

$$(\hat{y}_t - \bar{y}_t) = \hat{\beta}_1(x_t - \bar{x}_t) \Rightarrow \hat{y}_t = \hat{\beta}_1 x_t \quad (\text{پ.۲-۳۴})$$

با توجه به روابط فوق، تفسیر دیگر رابطه R^2 ، این است که نسبت تغییرات توضیح داده شده را به کل تغییرات بیان می‌کند. به عبارت دیگر:

تغییرات توضیح داده نشده + تغییرات توضیح داده شده = کل تغییرات

یا به بیان ریاضی:

$$y_t = \hat{y}_t + \hat{u}_t \quad (\text{پ.۲-۳۵})$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum \hat{u}_t^2}{\sum y_t^2} \quad (\text{پ.۲-۳۶})$$

اما در رگرسیون چند متغیره، توضیح‌دهندگی توسط x ها صورت می‌گیرد و از این روست که R^2 در این مدل‌ها، نسبتی از پراکندگی یا تغییرات y را نشان می‌دهد که توسط متغیرهای مستقل توضیح داده شده است:

$$R^2 = \frac{\sum y_t^2 - \sum \hat{u}_t^2}{\sum y_t^2} = \frac{\sum (y_t - \bar{y})^2 - \sum \hat{u}_t^2}{\sum (y_t - \bar{y})^2} \quad (\text{پ.۲-۳۷})$$

در آمار، تغییرات توسط واریانس اندازه‌گیری می‌شود. در محاسبه واریانس، اگر به اندازه پارامترهای تخمین زده شده از مشاهدات کم کنیم، درجه آزادی به دست می‌آید. برای این که به یک برآورد ناریب دست یابیم، باید درجه آزادی مناسبی داشته باشیم. اگر در محاسبه R^2 توجه کنیم، در صورت کسر مجموع مجذور پسماندها داریم که درجه آزادی آن $T - K - 1$ است که K تعداد متغیرهای مستقل می‌باشد. در مخرج R^2 ، مجموع مجذور انحرافات از \bar{y} است که درجه آزادی آن $T - 1$ است. حال اگر بخواهیم نسبت پراکندگی‌ها را به درستی اندازه‌گیری کنیم، به گونه‌ای که برآورد ناریبی از پارامتر جامعه به ما بدهد، باید R^2 را به صورت زیر محاسبه کنیم که اصطلاحاً به آن ضریب تعیین تعدیل شده (\bar{R}^2) می‌گویند:

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{\sum \hat{u}_t^2 / T - K - 1}{\sum y_t^2 / T - 1} \quad (\text{پ.۲-۳۸})$$

علاوه بر ناریب بودن \bar{R}^2 ، مزیت آن اینست که با افزایش تعداد متغیرهای مستقل، کاهش می‌یابد؛ در صورتی که R^2 با افزایش تعداد متغیرهای مستقل هر چند که بی ارتباط باشند، مقدارش افزایش می‌یابد. پس برای اجتناب از این امر و همچنین برای انجام مقایسه بین چند رگرسیون مختلف از \bar{R}^2 استفاده می‌شود.

پ.۲-۳-۵- چند نکته مهم درباره‌ی تفسیر نتایج رگرسیون

۱- $\hat{\beta}$ ها به عنوان تخمینی از β ، در قالب یک رگرسیون چند متغیره همان مشتقات جزئی است

یعنی $\hat{\beta}_1 = \frac{\partial y}{\partial x_1}$ که اثر جزئی یا تغییرات نهایی را نشان می‌دهند و بدین صورت تفسیر می‌شود که اگر یک

واحد x_1 تغییر کند، با شرط ثابت بودن سایر متغیرها، به طور متوسط y چقدر تغییر می‌کند.

۲- اگر واحد اندازه‌گیری را تغییر دهیم، ضریب x ها تغییر می‌کند، اما اگر به درستی تفسیر شود مشکلی را ایجاد نمی‌کند. (فرض کنید y , x با واحدهای دیگر اندازه‌گیری شده‌اند. به طور مثال به جای ریال به‌عنوان واحد قیمت‌ها با هزار ریال باشند) اگر تغییر در واحد (وزن) را با w و متغیرهای جدید را با ستاره از متغیرهای معرفی شده متمایز کنیم. آن‌گاه در مدل‌های زیر خواهیم داشت:

$$y^*_t = w_1 y_t \quad (\text{پ. ۲-۳۹})$$

$$x^*_t = w_2 x_t$$

$$\begin{aligned} y_t &= \beta_0 + \beta_1 x_t + u_t & \hat{\beta}_0^* &= w_1 \hat{\beta}_0 \\ y^*_t &= \beta_0^* + \beta_1^* x_t^* + \varepsilon_t & \Rightarrow \hat{\beta}_1^* &= \frac{w_1}{w_2} \hat{\beta}_1 \end{aligned}$$

قابل توجه است که \bar{R}^2 در این تغییر واحدها، هیچ تغییری نخواهد داشت.

۳- اگر مدل مورد تخمین‌ها دو طرف لگاریتمی باشد یعنی $\text{Log} y_t = \beta_0 + \beta_1 \text{Log} x_t = u_t$ باشد آن‌گاه β_1 بیان‌گر کشش y نسبت به x می‌باشد.

پ. ۲-۳-۶- موارد نقض فرض کلاسیک

پ. ۲-۳-۶-۱- هم‌خطی

هم‌خطی از ارتباط بین متغیرهای مستقل مدل ناشی می‌شود. باید متذکر شد که هم‌خطی اصولاً مربوط به داده‌های نمونه آماری است و لزوماً در جامعه آماری ممکن است چنین ارتباطی بین متغیرهای مستقل با هم وجود نداشته باشند. پس اصولاً مساله عدم وجود و یا وجود هم‌خطی مطرح نیست بلکه شدت یا درجه‌ی ارتباط متغیرها مساله پیش روی ماست. همچنین باید توجه داشت که هم‌خطی لزوماً ارتباط بین دو متغیر نمی‌باشد، بلکه رابطه می‌تواند بین ترکیبی از متغیرها با یک متغیر باشد. اما چرا مساله هم‌خطی برای ما مهم است؟

اگر هم‌خطی کامل باشد و دو متغیر x_{1t}, x_{2t} به صورت $x_{2t} = \alpha x_{1t}$ با هم در ارتباط باشند و $\alpha = 1$ باشد آن‌گاه ضرایب رگرسیون به روش OLS قابل محاسبه نیست. اما اگر $0 < \alpha < 1$ باشد، ضرایب رگرسیون قابل محاسبه‌اند، ولی هر چه α بزرگ‌تر باشد واریانس برآوردکننده‌ها بیش‌تر می‌شود و آن‌گاه آماره t کوچک‌تر می‌شود و ما قادر نخواهیم بود اثر هر یک از متغیرهای مستقل را به تفکیک اندازه‌گیری کنیم، که علت آن غیر معنی‌دار بودن اکثر ضرایب است. پس بروز هم‌خطی موجب می‌شود که اکثر ضرایب برآورد شده معنی‌دار نباشند. این ضرایب قابل اعتماد نیستند و به محض این‌که داده‌هایمان را عوض کنیم، مقادیر ضرایب برآورد شده به کلی دگرگون می‌شود. یعنی هنگامی که مشکل هم‌خطی داریم، نتایج به وارد کردن یک‌سری از داده‌های جدید و یا با خارج کردن تعدادی از مشاهدات حساس خواهد بود.

حال از کجا بدانیم که مشکل هم خطی داریم، مساله تشخیص هم خطی، مساله پیچیده‌ای است و به طور دقیق نمی‌توان گفت که تا کجا این مساله قابل تحمل است. تحت این شرایط، روش‌هایی که برای اندازه‌گیری شدت رابطه بین متغیرهای مستقل وجود دارد، قطعی نمی‌باشند. در هر صورت بعضی از راه‌های تشخیص هم خطی به صورت زیر است:

- ۱- یکی از راه‌های تشخیص هم خطی این است که ابتدا R^2 مدل را محاسبه می‌کنیم، آن‌گاه متغیرها را هر کدام یک‌بار از معادله حذف می‌کنیم و R^2 معادله جدید را محاسبه می‌کنیم، اگر R^2 هر معادله جدید با R^2 معادله اصلی نزدیک باشد یا اختلاف آن‌ها ناچیز باشد، می‌توان گفت که هم خطی شدید است.
- ۲- هر کدام از متغیرهای مستقل را بر روی سایر متغیرهای مستقل رگرس می‌کنیم و R^2 آن‌ها را محاسبه می‌کنیم. اگر به موردی برخوردیم که R^2 آن بالا بود، باید بپذیریم که آن متغیر ترکیب خطی از سایر متغیرهاست و این موید هم خطی است.
- ۳- روش کلاین ساده‌ترین روش شناسایی هم خطی است. بدین صورت است که ضرایب همبستگی بین هر دو متغیر را محاسبه می‌کنیم اگر از جذر R^2 بزرگ‌تر باشد ($r > \sqrt{R^2}$)، آن‌گاه هم خطی شدید است.

پ. ۲-۳-۶-۱-۱- برخی روش‌های رفع هم خطی

- ۱- افزایش داده‌های نمونه یکی از بهترین روش‌های رفع هم خطی است زیرا هم خطی مربوط به نمونه آماری است و با افزایش داده‌های نمونه به جامعه آماری نزدیک‌تر می‌شویم.
- ۲- راه حل دیگر این است که بدون آن‌که متغیری توضیحی را از مدل خارج کنیم، مدل را طوری طراحی کنیم که تعداد متغیرهای توضیح دهنده کاهش یابد. به طور مثال اگر در مدلی مصرف و جمعیت به‌عنوان متغیرهای مستقل وجود دارند، می‌توان مصرف سرانه را به جای این تعداد متغیرهای مستقل استفاده کرد. به طور مثال در تابع کاب داگلاس پیش‌فرض $1 = \alpha + \beta$ را در نظر می‌گیریم.
- ۳- روش دیگر برای رفع هم خطی، حذف متغیری است که با دیگر متغیرها رابطه دارد. اما این کار ممکن است باعث اریب برآوردهای دیگر شود. اما آماره‌ای توسط والاس و تورد محاسبه شده که مجاز بودن یا نبودن حذف متغیر را آزمون می‌کند و به‌صورت زیر می‌باشد:

q تعداد متغیرهای حذف شده می‌باشد و $\hat{u}' * \hat{u} * \hat{u}' * \hat{u}$ مجموع مجذور پسماندهای رگرسیون است که متغیری از آن حذف شده و $\hat{u}' \hat{u}$ مجموع مجذور پسماندهای رگرسیون اصلی می‌باشد.

$$\frac{(\hat{u}' * \hat{u} * - \hat{u}' \hat{u}) / q}{\hat{u}' \hat{u} / T - K - 1} \approx F \quad (\text{پ. ۲-۴۰})$$

اگر آماره F محاسبه شده از F جدول کوچک‌تر باشد، حذف متغیر مجاز می‌باشد.

پ.۲-۳-۶-۲- خود همبستگی

خود همبستگی به طور ساده یعنی این که جملات اختلال از نظم خاصی پیروی می‌کنند که در این صورت دیگر نمی‌توان گفت: $E(u_i u_j) = 0$ ، یعنی این که جملات اختلال با یکدیگر همبستگی دارند. علت وجود چنین موضوعی را می‌توان به این دلیل دانست که متغیری که تاثیر سیستماتیک روی مدل دارد را ما وارد مدل نکرده‌ایم و بار آن متغیر حذف شده به روش جمله اختلال افتاده است و بنابراین این جمله از نظم خاصی پیروی می‌کند. به طور مثال در نظریه دوران زندگی، مصرف علاوه بر درآمد به سن خانوار نیز وابسته است، حال اگر سن خانوار حذف شود، اثر آن در جمله اختلال پدیدار می‌گردد.

مشکل اصلی در خصوص خود همبستگی، غیرقابل مشاهده بودن جمله اختلال است و تا زمانی که نحوه حرکت آن را نتوانیم پیدا کنیم، نمی‌توان پیامدهای آن را بررسی کنیم. در این شرایط به ناچار باید برای نحوه حرکت جملات اختلال پیش فرض‌هایی را اختیار کنیم. پیش فرض‌های ممکن AR به خصوص AR(1) و الگوی MA، به خصوص MA(1) می‌باشد که به صورت زیر هستند:

$$AR(m): u_t = \rho_1 u_{t-1} + \rho_2 u_{t-2} + \dots + \varepsilon_t \quad (\text{پ.۲-۴۱})$$

$$MA(n): u_t = \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \varepsilon_t$$

توجه کنید که هریک از الگوهای متناهی MA را می‌توان، یک فرآیند AR نامتناهی تبدیل کرد و برعکس.

$$u_t = \theta \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t \Rightarrow \theta u_{t-1} - \theta^2 u_{t-2} + \theta^3 u_{t-3} + \dots + \varepsilon_t \quad (\text{پ.۲-۴۲})$$

الگوی بالا از جانشین کردن مکرر به دست می‌آید.

پ.۲-۳-۶-۱- پیامدهای خود همبستگی

- ۱- با وجود خود همبستگی برآوردکننده‌های OLS کماکان ناریب هستند.
- ۲- با وجود خود همبستگی، فرمول محاسبه واریانس برآوردکننده‌ها تغییر می‌کند و واریانس‌ها کوچک‌تر می‌شوند، که این امر باعث می‌شود که ضریب بعضی از متغیرها که در واقع معنادار نیستند، معنادار شوند یعنی معادله غلط است، اما tها معنی‌دار است.

پ.۲-۳-۶-۲- روش‌های شناخت خود همبستگی

متداول‌ترین آزمون شناخت خود همبستگی، آزمون دوربین و استون است منطبق آزمون دوربین - و استون با اتکا به جملات پسماند است و به طور خلاصه آن را پس از ساده‌سازی می‌توان شرایط AR(1) به صورت زیر نوشت: $d \approx 2 - 2\rho$ اگر $d = 0$ باشد یعنی $\rho = 1$ و خود همبستگی مثبت و کامل است. اگر $d = 2$ باشد یعنی $\rho = 0$ است و خود همبستگی وجود ندارد. اگر $\rho = -1$ باشد آن‌گاه $d = \varepsilon$ است و خود همبستگی منفی و کامل است پس هر چه آماره d یا دوربین و استون، به عدد ۲ نزدیک باشد، خود همبستگی نخواهیم داشت هر چه از عدد ۲ فاصله گیرد و به عدد ۴ نزدیک

شود خود همبستگی منفی خواهیم داشت و هر چه به عدد صفر نزدیک شود، خود همبستگی مثبت خواهیم داشت. اما برای بررسی دقیق تر باید به جدول ارائه شده توسط دوربین و استون مراجعه کرد. نکته حایز اهمیت در آزمون دوربین - واستون آن است که اولاً مدل باید با عرضی از مبدا باشد و متغیر با وقفه وابسته نباید جزء متغیرهای مستقل باشد در غیر این صورت باید از آزمون h دوربین - واستون استفاده کرد.

پ.۲-۳-۶-۲-۳- روش های رفع یا برآورد تحت شرایط خود همبستگی

معمولاً به هنگام مواجهه با مشکل همبستگی پیاپی یا واریانس ناهمسانی، روش مقتضی برآورد، روش حداقل مربعات تعمیم یافته GLS می باشد. اساس روش به گونه ای است که باید اول مدل اصلی را طوری تبدیل کرد که جمله ی اختلالی که از شرایط کلاسیک خارج شده در معادله تبدیل یافته، شرایط کلاسیک را داشته باشد. هنگامی که خود همبستگی داریم، $E(uu') = \sigma^2 \Omega$ است. باید یک ماتریس تبدیل یافته مانند T را در معادله اصلی پیش ضرب کنیم. پس خواهیم داشت:

$$y = X\beta + u \Rightarrow Ty = TX\beta + Tu \Rightarrow y^* = X^* \beta + u^* \quad (پ.۲-۴۳)$$

آن گاه $E(u^* u^{*'}) = E[Tuu'T']$

$= T^* E(uu') T' = T \sigma_u^2 \Omega T' = \sigma_u^2 T \Omega T'$
 باید $T \Omega T'$ برابر با ماتریس یکه باشد، یعنی T باید طوری انتخاب شود که این نتیجه حاصل شود. حال می توان از روش های OLS معادله تبدیل یافته را برآورد کرد. برآوردهای حاصله همان برآوردهای مورد نظر در معادله اصلی خواهد بود که این برآوردها، کارا هستند.

اما پیاده کردن روش GLS محتاج داشتن ماتریس Ω است که داشتن ماتریس Ω محتاج داشتن ρ یا حداقل برآوردی از ρ است. روش های مختلفی برای تخمین ρ وجود دارد که یکی از معمول ترین آن ها روش ککران - اورکات دو مرحله ای است. روش کار بدین صورت است که ابتدا معادله اولیه که مشکل خود همبستگی دارد را به روش OLS تخمین می زنیم. در واقع در این مرحله $\rho = 0$ در نظر گرفته ایم. آن گاه پسماندها را می یابیم و این پسماند \hat{u}_t را بر روی \hat{u}_t رگرسی می کنیم و طبق $(u_t = \rho u_{t-1} + \varepsilon_t)$ ، $\hat{\rho}$ را می یابیم. در قدم بعد براساس این ρ برآورد شده ($\hat{\rho}$) رابطه زیر را تخمین می زنیم.

$$y_t = \beta + \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \dots + \beta_k x_{kt} + u_t$$

$$\rho y_{t-1} = \rho \beta + \rho \beta_1 x_{1t-1} + \rho \beta_2 x_{2t-1} + \dots + \rho \beta_k x_{kt-1} + \rho u_{t-1} \quad (پ.۲-۴۴)$$

$$y_t - \rho y_{t-1} = \beta(1 - \rho) + \beta_1 (x_{1t} - \rho x_{1t-1}) + \beta_2 (x_{2t} - \rho x_{2t-1}) + \dots + \beta_k (x_{kt} - \rho x_{kt-1}) + (U_t + \rho u_{t-1})$$

$$y^* = \beta_0^* + \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \dots + \beta_k x_{kt} + \varepsilon_t$$

و مقادیر $\hat{\beta}$ ها را به دست می آوریم و مجدداً \hat{u}_t ها را به دست می آوریم و مجدداً رابطه $(u_t = \rho u_{t-1} + \varepsilon_t)$ را تخمین زده و ρ جدید را به دست می آوریم و بار دیگر رابطه آخر را با ρ جدید تخمین می زنیم و $\hat{\beta}$ های جدید با $\hat{\beta}$ های قبلی تفاوت

معناداری نداشته باشد و اختلاف ناچیز باشد. باید توجه داشت که تفسیر $\hat{\beta}$ ‌های به دست آمده براساس مدل اصلی صورت می‌گیرد و همچنین $\hat{\beta}_0$ به دست آمده در معادله نهایی را باید بر $(1-\rho)$ تقسیم کرد تا β_0 در معادله اصلی را به دست آورد.

پ.۲-۳-۶-۴- ناهمسانی واریانس

ناهمسانی واریانس نقض پیش‌فرض $E(u_i^2) = \delta_u^2$ است. این مساله بیش‌تر در داده‌های مقطعی روی می‌دهد. تحت شرایطی با بزرگ‌تر شدن متغیر یا متغیرهای مستقل، واریانس جملات اختلال بزرگ می‌شود یا ممکن است کوچک شود. علت این است که هرچه x ‌ها بزرگ‌تر شوند، تنوع و گوناگونی y ‌ها همراه با آن منطقاً زیادتر می‌گردد. به طور مثال هر چه به سمت خانوارهای با درآمد بالاتر می‌رویم، تنوع رفتار مصرفی بیش‌تر است و در نتیجه، فاصله‌ای که از خط رگرسیون می‌گیرند بیش‌تر شده و نهایتاً واریانس این جمله خطا بیش‌تر خواهد بود. در داده‌های مقطعی چون حجم داده‌ها از مشاهده‌ای به مشاهده دیگر یا دامنه x بسیار گسترده‌تر است، اتفاق می‌افتد. دلیل دیگری که برای ناهمسانی واریانس ذکر می‌کنند، آنست که اگر به جای داده‌های انفرادی از داده‌های گروه‌بندی شده استفاده کنیم، آن‌گاه چون واریانس

به صورت $\text{Var}(u_t) = \frac{\delta_u^2}{n_g}$ است، آن‌گاه اگر n_g که تعداد مشاهدات در داخل هر گروه است، با هم برابر نباشد دچار

ناهمسانی واریانس شده‌ایم.

پ.۲-۳-۶-۴- پیامدهای ناهمسانی واریانس

ابتدا باید عنوان کرد که برآوردهای OLS تحت ناهمسانی واریانس کماکان ناراینند و تنها پیامد اصلی ناهمسانی واریانس مساله کارایی است. یعنی این‌که واریانس‌ها و کواریانس‌ها باید از فرمول دیگری محاسبه شوند و فرمول محاسباتی OLS دیگر صحیح نیست. اینجا هم‌مانند خودهمبستگی، نمی‌توان از آزمون t به روش معمول استفاده کرد زیرا پیش‌فرض این آزمون نقض شده است. اما باید توجه داشت که برآوردهای OLS تحت این شرایط سازگار هستند.

پ.۲-۳-۶-۴- روش‌های شناسایی ناهمسانی واریانس

الف- متداول‌ترین روش برای شناخت ناهمسانی واریانس آزمون G است. این آزمون بدین صورت است که ابتدا داده‌ها را براساس متغیری که فکر می‌کنیم واریانس جمله اختلال با آن در رابطه است منظم می‌کنیم (از کوچک به بزرگ). آن‌گاه داده‌ها را به سه قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم و قسمت میانی را حذف می‌نماییم (مثلاً C مشاهده) و آن‌گاه دو رگرسیون مجزا روی قسمت اول و آخر داده‌ها انجام می‌دهیم و مجموع مجذور پسماندها را برای این رگرسیون‌ها می‌یابیم آن‌گاه خواهیم داشت:

$$F_{(T_3-k-1, T_1-k-1)} = \frac{RSS_3}{RSS_1} \quad (\text{پ.۲-۴۵})$$

اگر F محاسبه شده از F جدول بزرگتر باشد برابری واریانس را رد می‌کنیم و می‌گوییم ناهمسانی واریانس داریم. اما این آزمون با محدودیت‌هایی همچون دانستن آن‌که کدام متغیر با جمله اختلال در ارتباط است و کم بودن مشاهدات مواجهه است، زیرا اگر داده‌ها کم باشند، نمی‌توان به خوبی دو رگرسیون را تخمین زد.

ب- آزمون گلیزر که به سادگی صورت می‌گیرد بدین صورت است که OLS را بر روی مدل اصلی پیاده می‌کنیم و جملات پسماند را می‌یابیم آن‌گاه قدر مطلق یا مجذور این جملات پسماند را بر یکی از x ها یا ترکیب خطی از x ها (که به صورت z_i نشان داده می‌شود) به صورت زیر رگرس می‌کنیم:

$$|\hat{u}_i| = y_0 + y_1 z_i^h + v_i \quad (\text{پ.۲-۴۶})$$

h می‌تواند مقادیر ۱، ۲، -۱، -۲، $\frac{1}{p}$ و... را انتخاب کند که به روش آزمون و خطا بهترین معادله ممکن را مشاهده می‌کنیم. حال اگر \hat{y}_1 معنی‌دار باشد باید بپذیریم که ناهمسانی واریانس داریم.

پ.۲-۳-۴-۶-۳- تخمین تحت شرایط ناهمسانی واریانس

روش تخمین تحت این شرایط، همانند همبستگی پیاپی، GLS است و مشکل ما در اینجا نداشتن عناصر ماتریس Ω است. روش بدین صورت است:

مدل اصلی:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_j x_{ji} + \dots + u_i \quad (\text{پ.۲-۴۷})$$

اگر u_i ناهمسانی واریانس داشته باشد و به صورت $\sigma_{ui}^2 = \sigma^2 x_{ji}^2$ باشد آن‌گاه:

$$\frac{y_i}{x_{ji}} = \beta_0 \frac{1}{x_{ji}} + \beta_1 \left(\frac{x_{2i}}{x_{ji}} \right) + \dots + \beta_j + \dots + \frac{u_i}{x_{ji}} \quad (\text{پ.۲-۴۸})$$

در معادله فوق ناهمسانی واریانس داریم. زیرا:

$$\text{var}\left(\frac{u_i}{x_{ji}}\right) = \frac{1}{x_{ji}^2} \text{var}(u_i) = \frac{1}{x_{ji}^2} \sigma^2 x_{ji}^2 = \sigma^2 \quad (\text{پ.۲-۴۹})$$

پس می‌توان OLS را بر روی معادله دوم به کار گرفت و $\hat{\beta}$ را برآورد کرد که این برآورد کاراست. نکته‌ای که باید توجه کرد مربوط به عرض از مبدا است. عرض از مبدا در مدل دوم β_j است نه β_0 و برای به دست آوردن β_0 باید ضریب z امین x را نگاه کنیم.

پ. ۲-۳-۷- خطای تصریح^۱

سه نوع از مهم‌ترین وضعیت‌های خطای تصریح مدل عبارتند از:

- ۱- حذف نا به جای یک متغیر
 - ۲- وارد کردن نا به جای یک متغیر
 - ۳- انتخاب فرم غلط تابع
- هر یک از موارد فوق را به ترتیب مورد بررسی قرار می‌دهیم.

پ. ۲-۳-۷-۱- پیامدهای حذف نا به جای یک متغیر

الف- ضرایب مدلی که تخمین می‌زنیم اریب خواهد بود، مگر آن‌که هیچ رابطه‌ای خطی در داده‌های نمونه بین متغیری که حذف کردیم با سایر متغیرهای مدل وجود نداشته باشد.

ب- وقتی که متغیری را حذف می‌کنیم، ضرایب متغیرهای باقی‌مانده، اثر آن متغیر حذف شده را نیز در خود دارند یعنی β های برآورد شده یا بیش از حد و یا کم‌تر از حد تخمین زده می‌شوند و یا حتی ممکن است علامت آن‌ها تغییر کند.

ج- واریانس ضرایب در معادله‌ای که دارای خطای تصریح است از معادله‌ای که این مشکل را ندارد، کوچک‌تر است و ممکن است t ها به اشتباه معنی‌داری متغیری را تایید کنند.

د- واریانس جمله اختلال به طور متوسط در چنین رگرسیونی که دارای خطای تصریح است، بیش از مقدار واقعیت است.

پ. ۲-۳-۷-۲- پیامدهای وارد کردن نا به جای یک متغیر

الف- ضرایب مدلی که تخمین می‌زنیم ناریب است.

ب- ضریب متغیری که به اشتباه در مدل وارد شده، از متوسط نمونه‌گیری‌هایی که می‌کنیم، صفر است.

ج- در این حالت واریانس جمله اختلال کم‌تر از مقدار واقعیت است.

د- واریانس ضرایب بزرگ‌تر برآورد می‌شود که موجب از دست رفتن کارایی می‌شود.

پ. ۲-۳-۷-۳- پیامد انتخاب فرم غلط تابع

اگر مدل اصلی، به صورت $y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{1t}^2 + u_t$ باشد و ما مدل $y_t = \beta + \beta_1 x_{1t} + u_t$ را برآورد کنیم، با خطای حذف نا به جای متغیر مواجه شده‌ایم و اگر به جای یک تابع ساده، یک تابع پیچیده‌تر را انتخاب کنیم، پیامد آن همانند وارد کردن نا به جای یک متغیر است.

پ.۲-۳-۷-۴- خطای متغیرهای مستقل تصادفی

غیرتصادفی بودن x ها، گرچه چارچوبی ساده‌تر برای مطالعه توزیع نمونه‌گیری برآوردکننده‌ها فراهم می‌کند، لیکن همواره در دنیای واقع مصداق ندارد. نمونه‌گیری‌های مکرر تصور آن که همواره برای تمامی y_1 تا y_T ها همگی x_1 تا x_T خاص را نتیجه دهد، را غیرممکن می‌سازد. برای بررسی پیامدهای این خطا سه حالت را در نظر می‌گیریم:

۱- x متغیر تصادفی است اما مستقل از u می‌باشد. در این شرایط ضرایب برآوردی نارایب هستند، اما دیگر نمی‌توان ضرایب برآوردی را تابع خطی از y ها پنداشت. تحت این شرایط واریانس β ها کم‌تر خواهد بود و کماکان β ها، سازگارند. پس تحت این شرایط، مشکل خاصی برای مدل ما ایجاد نمی‌شود.

۲- x ها متغیر تصادفی‌اند، اما به طور هم زمان با u ها غیرهمبسته‌اند، یعنی $Cov(u, x) = 0$ این پیش‌فرض، شرط ضعیف‌تری از استقلال متغیر است که در قسمت اول فرض شد تحت این شرایط برآورد، نارایب نخواهد بود، اما خواص مجانبی یعنی سازگار را دارا خواهد بود و با بزرگ‌تر شدن نمونه، کماکان برآورد OLS خواص مطلوب را خواهد داشت.

۳- اگر متغیرهای مستقل نه تنها تصادفی‌اند، بلکه با جمله اختلال نیز به طور هم زمان همبسته‌اند در این شرایط حتی اگر حجم نمونه بزرگ هم باشد باز هم تخمین اریب خواهد بود و خواص سازگاری را نیز دارا نمی‌باشد.

پ.۲-۳-۷-۵- خطای اندازه‌گیری

اگر متغیرها را به درستی اندازه‌گیری نکرده باشیم و بدانیم که در اندازه‌گیری دچار مشکل بوده‌ایم، می‌توان آن را در دو قالب بررسی کرد:

۱- اگر خطای اندازه‌گیری مربوط به متغیر وابسته باشد و متغیرهای مستقل به درستی اندازه‌گیری شده باشند، تحت این شرایط برآوردها مشکلی نخواهند داشت و خواص کارایی و نارایی را دارا می‌باشد.

۲- اگر خطای اندازه‌گیری مربوط به متغیرهای مستقل باشد و متغیر وابسته به درستی اندازه‌گیری شده باشد، تحت این شرایط چون بین متغیر مستقل و جمله اختلال رابطه وجود دارد، نه تنها برآوردها نارایب نمی‌باشند، بلکه سازگار هم نیستند. حتی اگر فقط یک متغیر مستقل دارای خطای اندازه‌گیری باشد، بقیه ضرایب نیز دچار اریب می‌شوند و جهت اریب نیز معین نخواهد بود.

پ.۲-۳-۷-۶- متغیر Proxy و خطای اندازه‌گیری

Proxy به معنی وکیل یا نماینده است و در بسیاری از مطالعات اقتصادسنجی، هنگامی که متغیری را نمی‌توانیم به درستی اندازه‌گیری کنیم، یا داده‌های آن در دسترس نمی‌باشد، از متغیر Proxy که در طول زمان همسو با متغیر اصلی

است، استفاده می‌کنند. به طور مثال از GDP می‌توان به‌عنوان Proxy متغیر GNP استفاده کرد. باید توجه داشت که وقتی از Proxy استفاده می‌کنیم با خطای اندازه‌گیری مواجهه نشده‌ایم و در حقیقت به کار بردن Proxy، بهتر از داشتن خطای اندازه‌گیری در متغیر اصلی است و همچنین بهتر از حذف آن متغیر است.

پ.۲-۴- روش‌های تجزیه و تحلیل سیستم معادلات رگرسیونی

تا این قسمت از بخش حاضر به بررسی مدل‌های معروف به تک معادله‌ای پرداخته شد، اما در بعضی از موارد، وقتی متغیر وابسته یک معادله، متغیر توضیحی در سایر معادلات باشد، در آن صورت، به سیستم معادلات هم‌زمان خواهیم رسید. به متغیرهای وابسته در سیستم معادلات، متغیرهای درون‌زا و به متغیرهایی که توسط عوامل بیرون از سیستم تعیین می‌شوند، متغیرهای بیرون‌زا گفته می‌شوند. برای هر متغیر درون‌زا در معادلات هم‌زمان یک معادله رفتاری یا ساختاری خواهیم داشت. چنانچه خواهیم با استفاده از روش OLS، معادلات ساختاری را تخمین بزینم نتایج به دست آمده دارای تورش خواهند بود و تخمین‌های ناسازگاری به دست می‌آیند. این موضوع به تورش معادلات هم‌زمان مربوط می‌شود. برای به دست آوردن تخمین پارامترهای سازگار ابتدا باید فرم خلاصه شده یا حل شده معادلات را به دست بیاوریم. برای بررسی روش‌های تخمین در معادلات هم‌زمان نیاز است که مفاهیم زیر قبل از ارائه روش‌های تخمین تعریف شود.

امکان محاسبه پارامترهای فرم ساختاری معادلات هم‌زمان از پارامترهای فرم خلاصه شده را تشخیص گویند. اگر تعداد متغیرهای بیرون‌زایی که از معادله خارج شده‌اند (ظاهر نشده‌اند)، یکی کم‌تر از تعداد متغیرهای درون‌زایی باشد که در معادله ظاهر شده‌اند، معادله دقیقاً قابل تشخیص است. اما یک معادله، فوق تشخیص است (یا کم تشخیص است) اگر تعداد متغیرهای بیرون‌زایی که در معادله ظاهر نشده‌اند، بزرگ‌تر (یا کوچک‌تر) از تعداد متغیرهای درون‌زایی باشد که در معادله ظاهر شده‌اند. فقط در صورتی که معادله دقیقاً قابل تشخیص باشد می‌توانیم به صورت منحصر به فردی ضرایب فرم ساختاری را از ضرایب فرم خلاصه شده، محاسبه کنیم. بعد از بیان مفهومی سیستم معادلات هم‌زمان، به بررسی روش‌های تخمین در مدل معادلات هم‌زمان پرداخته می‌شود.

۱- روش حداقل مربعات غیر مستقیم^۱ (ILS)

روش ILS مقدار پارامترهای فرم ساختاری را برای معادلات دقیقاً قابل تشخیص، به دست می‌آورد. روش ILS با استفاده از OLS، فرم خلاصه شده را تخمین می‌زند و آن‌گاه ضرایب تخمین زده شده را مبنای محاسبه پارامترهای فرم ساختاری قرار می‌دهد، اما به دست آوردن استاندارد خطای پارامترهای ساختاری کار ساده‌ای نیست.

۲- روش تخمین حداقل مربعات دو مرحله ای^۱ (2SLS)

روش حداقل مربعات دو مرحله‌ای روشی است برای تخمین پارامترهای ساختاری مدلی که فوق تشخیص باشد (در معادلاتی که دقیقاً قابل تشخیص باشد، 2SLS و ILS نتایج مشابهی خواهند داشت ولی در این روش خطای استاندارد تخمین پارامترها نیز به دست می‌آید).

در روش 2SLS، هر متغیر درون‌زا را بر روی همه متغیرهای برون‌زا رگرسی می‌کنیم، آن‌گاه مقادیر پیش‌بینی شده متغیرهای درون‌زا را جایگزین آن‌ها در فرم ساختاری می‌نماییم و سپس فرم ساختاری را تخمین می‌زنیم.

به طور خلاصه می‌توان گفت براساس روش دو مرحله‌ای حداقل مربعات همان‌طوری که از نام این روش مشخص است، دو مرحله وجود دارد:

مرحله اول: در این مرحله ابتدا فرم خلاصه شده را به دست آورده و با استفاده از روش حداقل مربعات پارامترهای این فرم خلاصه شده را برآورد می‌نماییم.

مرحله دوم: در این مرحله با توجه به مقادیر برآورد شده در مرحله اول، و جایگزینی آن در فرم ساختاری، فرم ساختاری را برآورد می‌کنیم.

پ. ۲-۵- پیش‌بینی

آنچه تاکنون از مدل‌های اقتصادسنجی به ما تفهیم شده، این است که یکی از اهداف این مطالعات، پیش‌بینی^۲ است. پس هدف اصلی از ساختن الگوهای پیش‌بینی رگرسیونی است. پیش‌بینی یک برآورد (یا تعدادی برآورد) راجع به احتمال وقایع آینده است که براساس اطلاعات حال و گذشته انجام می‌شود. با به کار بردن الگو برای دوره‌های بعدی و اطلاعات موجود می‌توان وقایع آینده را پیش‌بینی کرد. روش پیش‌بینی به این صورت است که، ابتدا مدلی را براساس داده‌های گذشته تخمین می‌زنیم (چه به صورت تک معادله یا هم زمان) و سپس براساس حرکت متغیرهای برون‌زا در آینده، متغیرهای درون‌زا را پیش‌بینی می‌کنیم. بعدها به این نوع برخورد آینده‌نگری که روش متداول دهه ۶۰ و ۷۰ بوده است ایراداتی وارد شد. از این رو بود که روش‌های دیگری برای آینده‌نگری متغیرها مطرح شد.

پیش‌بینی‌ها بر دو نوع‌اند؛ پیش‌بینی‌های نقطه‌ای، که در آن یک عدد برای هر دوره پیش‌بینی به دست می‌آید، و پیش‌بینی دامنه‌ای یا فاصله‌ای، که دامنه‌ای را که مقدار واقعی هر دوره در آن قرار خواهد گرفت، معرفی می‌کند. اما قبل از پیش‌بینی، لازم است تا به آزمون معنی‌دار بودن رگرسیون انجام شده پرداخته شود. منظور از آزمون معنی‌دار بودن رگرسیون در حالت کلی این است که از نظر آماری مشخص نماییم آیا حداقل ضرایب یکی از متغیرهای مستقل در رگرسیون مخالف صفر می‌باشد یا خیر؟ به عبارت دیگر می‌خواهیم این مساله را مورد بررسی قرار دهیم که آیا حداقل

1- Two-Stage least Squares Method

2- Forecasting

یکی از متغیرهای مستقل می‌تواند متغیر با اهمیتی در معادله رگرسیون تلقی شود یا خیر؟ در صورت صحیح بودن یا به عبارتی معنی‌دار بودن رگرسیون، می‌توان از آن الگو ساخته شده برای پیش‌بینی استفاده نمود و هرگاه دریافتیم که معنی‌دار بودن رگرسیون رد شده است در الگو تجدید نظر می‌کنیم به طوری که بتوان از الگو تجدید شده به پیش‌بینی‌های بهتری دست یابیم. شایان ذکر است که با ۵ مدل زیر می‌توان پیش‌بینی انجام داد، که در ادامه بحث به تشریح برخی از آن‌ها خواهیم پرداخت:

۱- مدل‌های رگرسیون تک معادله‌ای

۲- مدل‌های معادلات هم‌زمان

۳- مدل VAR

۴- مدل‌های ARIMA^۱

۵- مدل‌های شبکه عصبی

در مدل رگرسیون تک معادله‌ای، مدل قیمت زمین در روش ارزش‌گذاری ضمنی را در نظر بگیرید. در این مدل قیمت زمین تابع عواملی از قبیل وضعیت آبیاری زمین، کیفیت خاک، میزان فاصله زمین تا جاده‌های اصلی و سایر عوامل است. با استفاده از داده‌های مقطعی می‌توان مدل مناسب قیمت را تخمین زد و از این مدل برای پیش‌بینی قیمت در آینده یا شرایط مختلف استفاده کرد. البته خطاهای پیش‌بینی برای پیش‌بینی آینده خیلی دور بسرعت افزایش می‌یابد.

در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ که دوره اوج و رونق اقتصاد آمریکا بود، مدل‌های طراحی شده برای اقتصاد آمریکا بر اساس معادلات هم‌زمان برای پیش‌بینی‌های اقتصادی بسیار رواج داشتند. اما به دلیل شوک‌های قیمت نفت در سال‌های ۱۹۷۳ و ۱۹۷۹ و انتقاد لوکاس، تردیدهای زیادی نسبت به این گونه پیش‌بینی‌ها به وجود آمد. مبنای اساسی انتقاد این است که پارامترهای تخمینی از یک مدل اقتصادسنجی به سیاست‌های رایج در بین تخمین مدل وابسته می‌باشد و با تغییر سیاست‌ها تغییر خواهند کرد به طور خلاصه پارامترهای تخمین زده شده مدل با وجود تغییر سیاست‌ها بدون تغییر باقی نمی‌مانند. مدل VAR پس از بیان آزمون‌های ایستایی در سری‌های زمانی بیان خواهد شد.

پ.۲-۶- آزمون ایستایی

از آن‌جا که یکی از انواع مهم داده‌های آماری مورد استفاده در تجزیه و تحلیل تجربی، داده‌های سری زمانی^۲ است، در این قسمت با نگرشی دقیق، این نوع داده‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند. زیرا این نوع داده‌های آماری دارای ویژگی‌های خاصی برای پژوهشگران در اقتصادسنجی است. در رگرسیون مبتنی بر متغیرهای سری زمانی (رگرس یک متغیر سری زمانی بر سری زمانی دیگر) محققان غالباً R^2 بالایی را مشاهده می‌کنند، هر چند که رابطه معنی‌داری بین متغیرها وجود نداشته باشد.

1- Auto Regressive Integrated Moving Average

2- Time Series Data

این وضعیت نشان‌دهنده رگرسیون ساختگی^۱ است این مشکل ناشی از آن است که هر دو متغیر سری زمانی (متغیر وابسته و متغیرهای توضیحی) تمایل شدیدی نسبت به زمان (حرکت‌های صعودی و نزولی) نشان می‌دهند و لذا R^2 بالایی که مشاهده می‌شود، ناشی از وجود متغیر زمان است و به واسطه‌ی ارتباط حقیقی بین متغیرها نیست. خلاصه این‌که استفاده از روش‌های معمولی اقتصادسنجی در کارهای تجربی، مبتنی بر فرض ایستایی متغیرهای سری زمانی موجود در مدل است و از آن‌جا که اکثر سری‌های زمانی اقتصاد کلان، ناپایستا هستند؛ از این‌رو قبل از استفاده از این متغیرهای سری زمانی لازم است نسبت به ایستایی یا ناپیستایی آن‌ها اطمینان حاصل کرد.

پ.۲-۶-۱- آزمون ریشه واحد دیکی - فولر^۲

یکی از آزمون‌هایی که برای بررسی ایستایی متغیرهای سری زمانی به کار برده می‌شود، آزمون ریشه واحد است. برای فهم آسان آن رابطه زیر را در نظر بگیرید.

$$x_t = x_{t-1} + u_t \quad u \approx N(0, \delta^2)$$

u_t جمله خطای استوکاستیک بوده و از فروض کلاسیک تبعیت می‌کند. این جمله خطا در اصطلاحات فنی و مهندسی، جمله اختلال خالص (اختلال سفید^۳) نامیده می‌شود. همان‌طور که ملاحظه می‌شود رابطه فوق یک خود رگرسیون مرتبه اول $AR(1)$ است که در آن، مقدار x_t در زمان t بر روی مقدار آن در زمان $t-1$ رگرس شده است. حال اگر ضریب x_{t-1} برابر یک شود، مواجه با مساله ریشه واحد می‌شویم. یعنی بیان‌گر وضعیت غیر ایستایی سری زمانی x_t است. پس اگر رگرسیون زیر را انجام دهیم $x_t = px_{t-1} + u_t$ و تشخیص دهیم که در واقع $|p|=1$ است گفته می‌شود متغیر x_t دارای ریشه واحد باشد. بنابراین می‌توان برای آزمون ایستایی ابتدا رابطه زیر را نوشت:

$$x_t = px_{t-1} + u \quad u_t \approx N(0, \delta^2) \quad (\text{پ.۲-۵۰})$$

و سپس فرضیه $|p|=1$ را در مقابل فرضیه $|p|<1$ آزمون نمود. چنانچه $|p|=1$ تایید شود، آن وقت متغیر x_t ناپایستا است و باید تفاضل مرتبه اول آن را مورد آزمون قرار دهیم و این کار را تا به جایی که سری زمانی ایستا شود ادامه می‌دهیم. سوالی که ممکن است مطرح شود، این است که چرا در این آزمون حالت $|p|>1$ را در نظر نمی‌گیریم؟ پاسخ این است که $|p|>1$ نشان‌گر یک فرآیند انفجاری است که با داده‌های اقتصادی سنخیت ندارد. لذا به طور خلاصه آزمون می‌کنیم که $|p|=1$ است یا خیر؟

مشکل آزمون فوق از طریق نرم‌افزارهای کامپیوتری آن است که نرم‌افزارهای کامپیوتری مقادیر آماره آزمون t را همواره تحت فرضیه صفر بودن ضریب به دست می‌دهند، نه تحت فرضیه یک بودن آن، لذا می‌توان با تغییرات مناسب، آزمون ریشه واحد را در کامپیوتر عملی کرد. با کم کردن X_{t-1} از طرفین رابطه فوق خواهیم داشت:

1- Spurious Regression
2- Dickey- Fuller Test
3- White Noise

$$\Delta x_t = (p-1)x_{t-1} + \varepsilon_t \rightarrow \Delta x_t = mx_{t-1} + \varepsilon_t \quad (\text{پ.۲-۵۱})$$

که در آن $m = p - 1$ است. پس آزمون $|p| = 1$ به آزمون $m = 0$ تبدیل می‌شود و به این ترتیب، می‌توان رابطه فوق را به عنوان معادله رگرسیون برازش کرده و آزمون $m = 0$ را انجام داد. اگر فرضیه $H_0: m = 0$ رد شود، x_t ایستا است، در غیر این صورت نایستا است.

اما در نرم‌افزارهای کامپیوتری، آماره آزمون t به شکل معمولی نبوده و نمی‌توان آن را با t جدول مقایسه کرد. بلکه باید از آماره‌های که مقادیر بحرانی آن توسط دیکی - فولر براساس شبیه‌سازی مونت کارلو به دست آمده و به آماره τ یا دیکی - فولر (DF) مشهور است، استفاده کرد. این آماره توسط مک کینون، بسط، گسترش و جدول‌بندی شده است. پس هرگاه آماره τ محاسباتی به طور قدر مطلق از مقادیر بحرانی مک کینون بزرگ‌تر باشد، ریشه واحد رد می‌شود و در غیر این صورت سری زمانی دارای ریشه واحد است. چنانچه یک سری زمانی در سطح داده‌ها نایستا باشد و پس از یک بار تفاضل‌گیری ایستا شود، آن را انباشته از درجه یک می‌نامند و با نماد $x_t = I(1)$ نشان می‌دهند. در حالت کلی، هرگاه سری زمانی نایستا باشد و پس از d بار تفاضل‌گیری ایستا شود، انباشته از درجه d گویند و با نماد $x_t = I(d)$ نشان داده می‌شود. و به طور متعارف، اگر $d = 0$ باشد در نتیجه فرآیند $t(0)$ نشان‌دهنده یک فرآیند ایستا خواهد بود. بسته‌های نرم‌افزاری نظیر Microfit, Eviews مقادیر بحرانی دیکی فولر و مک کینون را برای آماره آزمون DF ارائه می‌نمایند. آزمون‌های مختلف دیکی فولر بر حسب عدم وجود جمله ثابت، متغیر روند به صورت‌های زیر بیان می‌شوند:

$$\Delta x_t = mx_{t-1} + u_t \quad (\text{پ.۲-۵۲})$$

$$\Delta x_t = mx_{t-1} + u_t + \beta t \quad (\text{پ.۲-۵۳})$$

$$\Delta x_t = mx_{t-1} + u_t + \beta t + \alpha \quad (\text{پ.۲-۵۴})$$

که در آن α عرض از مبدا (جمله ثابت) و t متغیر روند است و در تمام معادلات فوق u_t جمله اختلال خالص است. علت حضور متغیر روند در معادله‌ی DF آن است که سری زمانی نایستا ممکن است با تفاضل‌گیری هم، ایستا شود، زیرا عنصری از روند (زمان) در آن وجود داشته است.

پ.۲-۶-۲- آزمون ریشه واحد دیکی - فولر تعمیم یافته

هرگاه در معادلات قبلی دیکی - فولر فرض ناهمبسته بودن جمله اختلال رد شود، از آزمون دیگری که به آزمون دیکی - فولر تعمیم یافته مشهور است و به صورت زیر می‌باشد استفاده می‌کنند:

$$\Delta x_t = \alpha + \beta t + mx_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta x_{t-1} + \varepsilon_t \quad (\text{پ.۲-۵۵})$$

که در آن Δ عملکرد تفاضل اول و ε_t جمله اختلال خالص است. در این حالت نیز، فرضیه صفر، داشتن ریشه واحد برای متغیر سری زمانی x_t است. به عبارت دیگر، فرضیه‌ی $H_0: m = 0$ بوده که معادل $|p| = 1$ است. تعیین تعداد

وقفه‌ها معمولاً به طور تجربی به دست می‌آید. یک روش برای تعیین تعداد وقفه‌ها استفاده از آماره دوربین - واتسون (D.W) است. همچنین، می‌توان از آماره t برای تعیین تعداد وقفه‌ها استفاده کرد.

نکته مهمی که باید ذکر شود، آن است که وارد کردن تفاضل‌هایی از متغیر توضیحی به صورت با وقفه، موجب از بین رفتن خود همبستگی جمله اختلال می‌شود. به عبارت دیگر علت وارد کردن $\sum_{t=1}^m \alpha \Delta x_{t-1}$ به خاطر از بین بردن خود

همبستگی ε_t بوده تا ε_t به صورت تصادفی خالص گردد. در آزمون ریشه واحد دیکی - فولر تعمیم یافته نیز از آماره t مربوطه دیکی فولر که با τ نشان می‌دهند همراه با جدول مقادیر بحرانی مک کینون استفاده کنیم. مادامی که $|\tau|$ بزرگ‌تر از نقطه بحرانی مربوطه باشد، آن‌گاه می‌توان فرضیه‌ی عدم وجود ریشه واحد را رد کرد.

اما اکنون که شکل مدل به صورت رابطه است، پیدا کردن ریشه واحد برای ایستایی تفاضل مرتبه اول سری کافی نیست. چرا که اگر ضریب t غیر صفر باشد، تفاضل مرتبه اول x_t به زمان بستگی داشته و لذا تفاضل سری فوق نایستا نخواهد بود. پس باید فرضیه هم زمان صفر بودن ضرایب t و x_{t-1} را مورد آزمون قرار دهیم. قاعدتاً این فرضیه با آماره F صورت می‌گیرد، و از جدول دیگری که دیکی - فولر تهیه کرده‌اند و آماره مربوطه را با ϕ^3 نشان داده‌اند، می‌توان استفاده کرد و اگر آماره ϕ^3 کوچک‌تر از مقدار بحرانی باشد، نمی‌توان فرضیه H مبنی بر ایستا بودن تفاضل مرتبه اول را رد کرد. برای ایستا کردن متغیرهای روند - ایستا^۱ باید روندزایی کرد. سپس کار خود را با باقی‌مانده ادامه می‌دهیم. اگر فرض کنیم مدل به شکل رابطه زیر باشد:

$$\Delta x_t = \alpha + \rho x_{t-1} + \beta T + u_t \quad (\text{پ. ۲-۵۶})$$

که در آن $|\rho| < 1$ ، $\beta \neq 0$ باشد، در آن صورت متغیر سری زمانی x_t روند - ایستا خواهد بود و باید روند خطی قطعی را حذف کرد تا سری حاصله ایستا باشد، در غیر این صورت، استفاده از روند در یک رگرسیون منجر به خطای تصریح مدل می‌شود که تخمین و آزمون را غیر معتبر می‌سازد.

پ. ۲-۷- الگوی خود توضیح‌برداری^۲ (VAR)

در تحلیل چند متغیره سری‌های زمانی، باید ارتباط درونی سری‌های زمانی بررسی شود. هنگامی که تعداد متغیرهای مدل بیش از دو باشد، ممکن است بیش از یک بردار هم‌انباشتگی بین متغیرها وجود داشته باشد. در چنین شرایطی برای این که ارتباط تمامی متغیرها با یکدیگر در نظر گرفته شود باید به روش‌های دیگری توسل جست. یکی از روش‌های مرسوم برای چنین امری، استفاده از مدل معادلات هم زمان است. ویژگی که این مدل دارد این است، که متغیرهای با وقفه درون‌زا به عنوان متغیرهای از پیش تعیین شده وارد مدل شده‌اند و به همین دلیل به چنین مدلی «مدل معادلات

1- Trend - Stationary

2- Vector Autoregressive Model

هم زمان پویا^۱ گویند. اما در این مدل، با دو مشکل اساسی مواجه هستیم، مشکل اول تقسیم‌بندی متغیرهای سری زمانی به درون‌زا و برون‌زا است و دیگر اعمال قیود بر روی پارامترهای مدل، به منظور تشخیص و شناسایی الگو است. سیمز (۱۹۸۰)، با استفاده از قیود اعمال شده برای شناسایی الگوها معتقد است که این قیود با تئوری اقتصاد پویا سازگاری ندارد. وی می‌نویسد: تئوری اقتصادی فقط در مورد این‌که چه متغیرهایی در طرف راست معادلات باید ظاهر شود، سخن می‌گوید. بر مبنای این روش، گروه متغیرهای برون‌زا وجود نداشته و فقط یک دسته معادلات با وقفه‌های مساوی برای همه متغیرها تخمین زده می‌شود. سیمز این روش را اتو رگرسیون می‌نامند. به عنوان مثالی ساده از یک الگوی خود رگرسیون برداری، دو سری زمانی X_t و Y_t را در نظر بگیرید در این صورت مدل VAR برای هر دو متغیر به صورت زیر خواهد بود.

$$X_t = \alpha_1 + \sum_{i=1}^m \beta_i X_{t-i} + \sum_{j=1}^m \gamma_j Y_{t-j} + \varepsilon_{1t} \quad (\text{پ.۲-۵۷})$$

$$Y_t = \alpha_2 + \sum_{i=1}^m \delta_i X_{t-i} + \sum_{j=1}^m p_j Y_{t-j} + \varepsilon_{2t}$$

که در آن، ε_t ها دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس ثابت هستند. مدل بالا را می‌توان با k متغیر درون‌زا و m وقفه، علامت‌گذاری ماتریسی به صورت زیر نشان داد:

$$X_t = \alpha + A_1 X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (\text{پ.۲-۵۸})$$

که در آن X_{t-1} ارزش‌های با وقفه آن و ε_t برداری $1 \times k$ و A_1, A_2, \dots, A_{1m} ماتریس‌های $k \times k$ ضرایب ثابت هستند. برای درک مطلب، سیستم دو متغیره بالا را بر حسب عملکرد وقفه L مجدداً به صورت زیر بازنویسی می‌کنیم و برای سادگی کار، عرض از مبدا را در نظر نگرفته‌ایم. از حل مدل فوق به روش وارون خواهیم داشت.

$$\Delta = (1 - a_{11}L)(1 - a_{22}L) - (1 - a_{12}L)(1 - a_{21}L) = 1 - (a_{11} + a_{22})L + (a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21})L^2 \quad (\text{پ.۲-۵۹})$$

$$= (1 - \lambda_1 L)(1 - \lambda_2 L) \rightarrow \lambda_2 - (a_{11} + a_{00})\lambda_1 + (a_{11}a_{22} + a_{12}a_{22}) = 0$$

مطابق فرآیند VAR، یک سیستم، زمانی با ثبات است که قدر مطلق مقادیر ویژه ماتریس ضرایب کوچک‌تر از یک باشد. (یعنی ماتریس A کوچک‌تر از یک باشد). به این منظور قبل از برآورد مدل VAR باید دو امر زیر صورت پذیرد:

۱- بررسی ایستایی متغیرها

۲- انتخاب تعداد وقفه بهینه مدل

در مورد اهمیت مساله اول باید گفت که اگر همه متغیرهای الگو ایستا باشند. در آن صورت استفاده از یک مدل VAR ساده مناسب خواهد بود، ولی اگر متغیرها نایستا یا $I(1)$ باشند در این صورت می‌توان از یک مدل VAR نامقید با متغیرهای تفاضل‌گیری شده استفاده کرد. البته این روش، زمانی که بین متغیرها هم‌انباشتگی وجود نداشته باشد، کاربرد دارد و روش‌های تشخیص شوک‌ها همانند قبل (الگوسازی با متغیرهای ایستا) اعتبار خواهد داشت. هر چند

تفسیر شوک‌ها بسته به این که متغیرها $I(1)$ یا $I(0)$ باشند، متفاوت خواهد بود. برای متغیرهایی که در سطح داده‌ها ایستا هستند یک شوک اثر موقتی دارد، در حالی که برای متغیر تفاضلی مرتبه اول یک شوک اثر موقتی روی تفاضل، اما اثر دائمی روی سطوح متغیرها خواهد داشت.

هنگامی که متغیرها $I(1)$ هم‌انباشته هستند، الگوسازی با اولین تفاضل متغیرها مناسب نیست. از این‌رو از بردار پسماندهای حاصل از رگرسیون هم‌انباشتگی به عنوان متغیری توضیحی در طرف راست معادله استفاده می‌شود.

مساله دیگری که در مدل VAR وجود دارد، پیدا کردن وقفه‌های بهینه الگو با توجه به حجم نمونه و تعداد متغیرها است. این مرحله به دلیل این که با افزایش هر وقفه تعداد متغیرهای تخمین در الگو با توان دوم تعداد متغیرها افزایش می‌یابد و درجه آزادی سیستم را کاهش می‌دهد، ضروری است. این مرحله، به ویژه زمانی که حجم نمونه سری‌های زمانی محدود است، بسیار حائز اهمیت است. معیارهای مختلفی برای انتخاب طول وقفه بهینه وجود دارد که می‌توان به معیار آکائیک (AIC) و شوارتز (SC) اشاره نمود. وقفه‌ای که کم‌ترین مقدار (AIC) و (SC) را ارائه دهد به عنوان رتبه بهینه وقفه، انتخاب می‌شود. تعیین طول وقفه بهینه در مدل VAR به راحتی از طریق نرم‌افزار کامپیوتری Microfit, Eviews مقدور است. فرض کنید طبق تئوری اقتصادی، بین دو متغیر X_t و Y_t یک رابطه تعادلی به صورت زیر وجود داشته باشد:

$$X_t^* - \beta Y_t^* = 0 \quad (\text{پ. ۲-۶۰})$$

که در آن X_t^* و Y_t^* مقادیر تعادلی X_t و Y_t هستند.

اما همان‌طور که می‌دانیم، در عمل مقادیر تعادلی X_t و Y_t قابل رؤیت نیست و صرفاً مقادیر هر یک در زمان t در دست است. لذا حتی در صورت وجود رابطه تعادلی بین X_t و Y_t الزاماً در هر مقطع زمانی t رابطه $X_t^* - \beta Y_t^* = 0$ صدق نخواهد کرد. پس در شرایطی که هنوز متغیرهای X_t و Y_t به مقادیر تعادلی با ثبات بلند مدت خود نرسیده‌اند تنها می‌توان رابطه دو متغیر را به صورت زیر نوشت: $X_t = \beta Y_t + U_t$ که در آن U_t را «خطای عدم تعادل» گویند. چنانچه دو متغیر X_t و Y_t در بلندمدت رابطه با ثباتی داشته باشند، می‌توان انتظار داشت که U_t در حول و حوش میانگین خود نوسان کند تا متغیرهای X_t و Y_t در طول زمان از هم فاصله زیادی نگیرند. در چنین صورتی اصطلاحاً گویند که دو متغیر X_t و Y_t هم‌انباشته‌اند. پس مفهوم اقتصادی هم‌انباشتگی آن است که حتی چند متغیر سری زمانی مطابق مبانی تئوریک اقتصادی با یکدیگر رابطه تعادلی بلند مدتی داشته باشند، هر چند ممکن است خود متغیرهای سری زمانی رابطه اقتصادی دارای روند تصادفی (ناایستا) باشند. اما در طول زمان این متغیرها از همدیگر فاصله زیاد نگرفته و تفاضل بین آن‌ها با ثبات است. پس مفهوم هم‌انباشتگی اقتصادی تداعی کننده وجود یک رابطه تعادلی بلند مدت بین متغیرهای اقتصادی است. از لحاظ اقتصادسنجی رابطه هم‌انباشتگی به صورت زیر تعریف می‌شود:

هرگاه در یک رابطه اقتصادی نظیر رابطه X_t و Y_t در معادله $X_t = \alpha + \beta Y_t + U_t$ ، X_t و Y_t هر دو گام تصادفی باشند و با یک بار تفاضل‌گیری ایستا شوند، آن‌گاه ترکیب خطی آن‌ها به شکل $U_t = X_t - \beta Y_t$ انباشته^۱ از مرتبه صفر باشد یعنی $U_t \approx I(0)$ در این صورت رگرسیون $X_t = \alpha + \beta Y_t + U_t$ رگرسیون هم‌انباشته و β را پارامتر هم‌انباشتگی می‌نامیم. در چنین صورتی میان متغیرهای X_t و Y_t رابطه بلند مدت وجود دارد و رگرسیون به دست آمده جعلی نیست و هیچ‌گونه اطلاعات بلندمدتی را نیز از دست نمی‌دهیم. روش‌های مختلفی برای آزمون هم‌انباشتگی بین متغیرها از قبیل آزمون انگل - گرانجر^۲ و آزمون هم‌انباشتگی با روش حداکثر درست‌نمایی وجود دارد.

پ.۲-۸- آزمون هم‌انباشتگی با روش حداکثر درست‌نمایی یوهانسون^۳

در تحلیل چند متغیره سری‌های زمانی، ممکن است بیش از یک رابطه هم‌انباشتگی بلند مدت بین متغیرها وجود داشته باشد. در این حالت روش انگل - گرانجر توانایی‌های لازم برای تعیین بردارهای هم‌انباشتگی را به طور مستقیم نخواهد داشت. مشکل دیگری که روش انگل - گرانجر دارد، آن است که روش دو مرحله‌ای بوده و از ابتدا فرض می‌کند که متغیرها با هم هم‌انباشته هستند و براساس این فرض، معادله رگرسیون تخمین زده می‌شود تا سری \hat{U}_t به دست آید. بدیهی است که هر خطایی که در برآورد \hat{U}_t در مرحله اول مرتکب شویم، به مرحله بعدی منتقل خواهد شد و در مرحله دوم که آزمون ریشه واحد برای \hat{U}_t است خطای مرحله اول اثر می‌گذارد. همچنین هاریس^۴ (۱۹۹۵) یادآور می‌شود، حتی در مدل دو متغیره روش انگل - گرانجر خالی از ضعف نیست، زیرا تخمین مدل، بالقوه به برآوردهای ناکارا منجر می‌شود.

برای اجتناب از این مشکلات چندین روش ارائه شده است که معروف‌ترین آن‌ها روش یوهانسون می‌باشد که از طریق برآوردکننده‌های حداکثر درست‌نمایی^۵ قادر به برطرف کردن مشکل دو مرحله‌ای انگل - گرانجر بوده و هم‌چنین دارای توان تشخیص هم‌انباشتگی چندگانه می‌باشد و علاوه بر این، این روش توان آزمون بردار هم‌انباشتگی به صورت مقید و برآورد پارامترهای سرعت تعدیل را دارند. این روش در سال ۱۹۹۰، توسط یوهانسون و یوسیلیوس تکمیل گردید. این روش براساس رابطه بین رتبه^۶ یک ماتریس و ریشه مشخصه^۷ می‌باشد. ابتدا یک مدل VAR به صورت زیر را در نظر می‌گیریم:

$$X_t = A_1 X_{t-1} + A_2 X_{t-2} + \dots + A_m X_{t-m} + V_t \quad V_t \approx IN(., \Sigma) \quad (\text{پ.۲-۶})$$

در رابطه فوق X_t و وقفه‌های آن بردارهای $K \times 1$ مربوط به متغیر الگو هستند. V_t برداری $K \times 1$ است و ضرایب A_t برای $I = 1, 2, 3, \dots, m$ ماتریس‌های $K \times K$ ضرایب الگو هستند. اکنون برای پیوند دادن رفتار کوتاه مدت X_t به مقادیر تعادلی بلندمدت آن می‌توان رابطه بالا را در قالب الگوی تصحیح خطای برداری^۸ (VECM) به صورت زیر در آورد:

-
- 1- Integrated
 - 2- Engle- Granger test of Cointegration
 - 3- Johansen Maximum likelihood Approach
 - 4- Harris
 - 5- Maximum likelihood
 - 6- Rank
 - 7- Characteristic Root
 - 8- Vector Error Correction Model

$$\Delta X_t = \pi_1 \Delta X_{t-1} + \pi_2 \Delta X_{t-2} + \dots + \pi_{m-1} \Delta X_{t-m+1} + \pi X_{t-m} + V_t \quad (\text{پ.۲-۶۲})$$

که در معادله فوق داریم:

$$\pi_i = -(I - A_1 - A_2 - \dots - A_i) \quad i = 1, 2, \dots, m-1 \quad (\text{پ.۲-۶۳})$$

$$\pi = -(I - A_1 - A_2 - \dots - A_m)$$

و تنها تفاوت معادله فوق با یک مدل VAR سنتی که بر حسب تفاضل مرتبه اول نوشته می‌شود، در مقدار πX_{t-1} است. در حالت کلی با استفاده از ریشه ماتریس π که آن را با r نشان می‌دهیم، می‌توان اطلاعاتی در مورد روابط بلندمدت بین متغیرها به دست آورد. لازم به توضیح است که در روش یوهانسون - یوسیلیوس، عرض از مبدا و سایر عوامل جبری از قبیل روند نیز وارد مدل می‌شود. به عبارت دیگر به حالت زیر خواهد بود:

$$\Delta X_t = \sum_{i=1}^{m-1} \pi_i \Delta X_{t-i} + \pi X_{t-m} + \alpha D_t + V_t \quad (\text{پ.۲-۶۴})$$

که در آن X_t ماتریس متغیرهای نایستا، $I(1)$ هست و D نیز ماتریس عوامل جبری است. در روش یوهانسون، توجه بر رتبه ماتریس اثر π در یک مدل (VECM) متمرکز شده است و رتبه ماتریس π برابر تعداد بردارهای هم‌انباشتگی است. اگر رابطه بالا را بر حسب πX_{t-m} مرتب کنیم، خواهیم داشت:

$$\pi X_{t-m} = \Delta X_t - \sum_{i=1}^{m-1} \pi_i \Delta X_{t-i} - \alpha D_t - V_t \quad (\text{پ.۲-۶۵})$$

طبق فرض، X_t شامل متغیرهای نایستا است. مدل یوهانسون یک مدل بردار تصحیح خطاست. در این صورت طرف راست معادله فوق تنها شامل متغیرهای ایستا است. زیرا وقتی X_t تنها شامل $I(1)$ باشد، ΔX_t تنها شامل $I(0)$ خواهد بود. D تنها متغیرهای جبری را شامل است و V_t هم طبق فرض، $I(0)$ است. در نتیجه معادله فوق وقتی درست است که طرف چپ $I(0)$ باشد. چون X_t فقط شامل متغیرهای $I(1)$ است و تنها در صورتی چنین چیزی ممکن است که πX_{t-m} مجموعه‌ای از ترکیبات متغیرها را با انباشتگی یکسان ارائه کند. به عبارت دیگر سطرهای ماتریس اثر π که ضرایب ثابت را در بردار باید بردارهای هم‌انباشتگی برای متغیرهای X_t باشند. پس ماتریس π حاوی اطلاعات مربوط به روابط تعادلی بلند مدت است. در واقع $\pi = \alpha \beta^1$ است که در آن α ضرایب تعدیل عدم تعادل و نشان دهنده سرعت تعدیل به سمت تعادل بلند مدت و β ماتریس ضرایب روابط تعادلی بلند مدت است. بنابراین جمله $\beta^1 X_{t-m}$ ملحوظ در VECM، معادل جمله تصحیح خطا در الگوی تک معادله‌ای است.

$$U_t = y_t - \beta X_t \quad (\text{پ.۲-۶۶})$$

با این تفاوت که حداکثر دارای $(K-1)$ بردار مستقل می‌باشد. با استفاده از این روش هم انباشتگی بین متغیرها مورد آزمون قرار می‌گیرد.

پیوست ۳

برنامه ریزی ریاضی

پ.۳-۱- مفهوم برنامه‌ریزی ریاضی

در حقیقت برنامه ریاضی به بهینه‌سازی در یک ساختار مشخص می‌پردازد: بیشینه (کمینه) سازی یک تابع هدف با توجه به مجموعه‌ای از قیود. تابع هدف و قیود شامل متغیرهای تصمیم‌گیری و پارامترها است. شکل عمومی مساله برنامه‌ریزی ریاضی را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\begin{aligned} \text{Max (Min)} \quad & F(X_1, X_2, \dots, X_n) \\ \text{S.t} \quad & g_1(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0 \\ & g_2(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0 \\ & \dots \\ & \dots \\ & g_m(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0 \end{aligned} \quad (\text{پ.۳-۱})$$

که در آن $F(X_i)$ تابع هدف و $g_j(X_i)$ قیود مساله می‌باشند. X_i ها متغیرهای تصمیم‌گیری هستند که مقادیر آنها مورد سوال است و پارامترها هم در نماد تابع مستتر است. لازم به ذکر است که قیود مساله می‌توانند به شکل نامساوی نیز باشند. وجود نامساوی در قیود به معنی این است که استفاده از منابع نمی‌تواند از میزان دسترسی به آن تجاوز کند. وجود روابط نامساوی امکان وجود ظرفیت بیکار در اقتصاد را نشان می‌دهد. حل یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی منجر به یافتن بهترین تصمیمات در سیستم تحت بررسی می‌شود. لذا جواب آن شامل مجموعه‌ای از مقادیر برای متغیرهای تصمیم‌گیری است. جوابی که تمامی قیود را تامین کند به عنوان «جواب ممکن» (قابل حصول) شناخته می‌شود. حل مساله به صورت ترسیمی یا از روش لاگرانژ ممکن است که روش اخیر مرسوم است. در این روش ابتدا تابع لاگرانژ به صورت زیر نوشته می‌شود و سپس با مساوی صفر قرار دادن مشتق‌های تابع نسبت به متغیرهای تصمیم‌گیری و ضریب یا ضرایب لاگرانژ λ (در صورت وجود چند قید) شرط کافی بهینه‌یابی حاصل می‌شود:

$$L = F(X_1, X_2, \dots, X_n) - \sum_{j=1}^m \lambda_j g_j(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad \text{تابع لاگرانژ}$$

شرایط بهینه‌یابی

$$\frac{\partial F}{\partial X_i} = \sum_{j=1}^m \lambda_j \frac{\partial g_j}{\partial X_i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{پ.۳-۲})$$

$$g_j(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0 \quad j = 1, 2, \dots, m$$

در این صورت قیمت سایه‌ای هر یک از متغیرهای تصمیم‌گیری، ضریب لاگرانژ مربوطه است.^۱

۱- جزییات مربوطه و اثبات موضوع در همین منبع (هیل، ۱۳۸۵) موجود است.

پ.۳-۲- برنامه‌ریزی خطی

پرکاربردترین روش در برنامه‌ریزی ریاضی، برنامه‌ریزی خطی است. برنامه‌ریزی خطی نوع خاصی از برنامه‌ریزی ریاضی است که در آن تمامی توابع (شامل هدف و قیود) خطی فرض می‌شوند. خطی بودن به این مفهوم است که توابع حاصل جمع متغیرهای تصمیم‌گیری است که هر کدام از آن‌ها در یک پارامتر ضرب شده‌اند و هیچ متغیری توان بیش از یک ندارد. فرض دیگر در این‌گونه مدل‌ها غیر منفی بودن متغیرها است. به طور معمول این روش برای بیشینه‌سازی تابع تولید با توجه به قیودی مانند کارگر و سرمایه به کار می‌رود. اما از آنجا که بیشینه‌سازی ستانده، قرینه کمینه‌سازی هزینه است، می‌توان از این روش به عنوان یک راه‌حل هم‌زمان برای تخصیص بهینه منابع و ارزش‌گذاری منابع استفاده کرد. برنامه‌ریزی متعارف معمولاً به برنامه «اولیه» و قرینه آن به برنامه «ثانویه» موسوم است. برنامه ثانویه روابط معینی با برنامه اولیه دارد. روابط خاصی بین این دو نوع برنامه‌ریزی برقرار است: ضرایب تابع هدف اولیه به عنوان قیود (پارامترها) در حل ثانویه ظاهر می‌شوند (و برعکس). جهت علامت نامساوی در قیود برعکس می‌شوند. هدف از برنامه ثانویه، ارزش‌گذاری عوامل تولید است. برای روشن شدن بحث و به ویژه درک تعامل بین صورت اولیه و ثانویه ابتدا مثال ساده‌ای می‌آوریم، سپس به بسط مساله با جزییات بیشتر و استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی در سطوح مختلف خواهیم پرداخت.

- مثال

به طور ساده فرض کنید، در اقتصادی دو محصول گندم (X_1) و برنج (X_2) با استفاده از دو نهاده آب و نیروی کار تولید می‌شود. قیمت هر واحد گندم ۱ ریال است، در حالی که در تولید آن از ۲ واحد آب و ۴ واحد نیروی کار استفاده می‌شود. قیمت هر واحد برنج نیز ۴ ریال است، در حالی که جهت تولید هر واحد از آن ۱۰ واحد آب و ۵ واحد نیروی کار مورد نیاز است. در این صورت می‌توان مساله اولیه برنامه‌ریزی ریاضی را به صورت زیر نوشت:

$$\begin{array}{ll} \text{Max} & Z = 9X_1 + 4X_2 \\ \text{S.t.} & 2X_1 + 10X_2 = 1000 \\ & 4X_1 + 5X_2 = 600 \\ & X_1 \geq 0, \quad X_2 \geq 0 \end{array}$$

قید آب
 قید نیروی کار
 شرط غیرمنفی بودن

در این مساله، Z تابع هدف، میزان ستانده‌ها (شامل گندم و برنج) متغیرهای تصمیم‌گیری و تعداد واحدهای آب مورد نیاز، تعداد نیروی کار لازم برای هر واحد ستانده، کل منابع در دسترس (آب و نیروی کار)، قیمت هر واحد از ستانده‌ها (گندم و برنج) پارامتر هستند. لازم به ذکر است که در تابع هدف واحد متغیرهای سمت راست با متغیر سمت چپ Z باید یکسان باشد. حل این مساله با ترسیم هندسی یا حل ریاضی ممکن است.

نوشتن صورت ثانویه این مساله نیز مقدور است. همان‌طور که گفتیم هدف از به کارگیری صورت ثانویه ارزش‌گذاری نهاده‌های تولید است. در مساله ثانویه تابع هدف، تابع مخارج است که باید کمینه شود:

Min	$\hat{Z} = 1000Y_1 + 600Y_2$	هزینه فرصت تولید گندم
S.t.	$2Y_1 + 4Y_2 = 1$	هزینه فرصت تولید برنج
	$10Y_1 + 5Y_2 = 4$	
	$Y_1 \geq 0, Y_2 \geq 0$	شرط غیرمنفی بودن

در این مساله ارزش آب و ارزش نیروی کار، متغیرهای تصمیم‌گیری و تعداد واحدهای آب مورد نیاز، تعداد نیروی کار لازم برای هر واحد ستانده، کل منابع در دسترس (آب و نیروی کار)، قیمت هر واحد از ستانده‌ها (گندم و برنج) پارامتر هستند. روشن است که $\hat{Z} = Z$.

پ.۳-۳- روش‌های حل برنامه‌ریزی ریاضی

در برنامه‌ریزی خطی و با وجود دو متغیر روش حل هندسی و روش جای‌گذاری ممکن است. اما چنانچه تعداد متغیرها بیش از دو تا باشد، روش حل برنامه‌ریزی خطی سیمپلکس خواهد بود^۱. در صورت استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی غیرخطی، لازم است از نرم‌افزار مقتضی استفاده شود که نرم افزار Lindo از جمله آن‌ها است.

۱- روش حل سیمپلکس در اکثر کتاب‌های برنامه‌ریزی اقتصادی از جمله برنامه‌ریزی اقتصادی تألیف دکتر زهرا افشاری صفحات ۱۴۷-۱۴۰ آمده است.

پیوست ۴

مبانی نظری مدل‌های محاسباتی

تعادل عمومی (CGE)^۱

تحلیل جزئی هر پدیده یا سیاست اقتصادی بدون توجه به اثرات غیرمستقیم ناشی از روابط متقابل اقتصادی می‌تواند کم‌دقت و حتی گمراه‌کننده باشد. الگوهای تعادل عمومی قابل محاسبه یک روش کاربردی مناسب برای تحلیل اقتصادی با احتساب روابط متقابل بخش‌ها، بازارها و بازیگران اقتصادی است. الگوهای تعادل عمومی تعاملات سیستماتیک متغیرهای اقتصادی، شامل دو گروه متغیرهای درون‌زا و برون‌زا را در قالب معادلاتی قابل حل بیان می‌دارند. این الگوها برای پیش‌بینی اقتصادی در مورد اثرات تغییر در متغیرهای برون‌زا بر متغیرهای درون‌زا با در نظر گرفتن ارتباطات بخش‌ها و بازارهای مختلف اقتصادی با به کارگیری اطلاعات دنیای واقعی کاربرد دارند.

در این بخش ابتدا الگوی محاسباتی تعادل عمومی معرفی می‌شود، بدین ترتیب که ابتدا نظری اجمالی به الگوهای محاسباتی تعادل عمومی چند بخشی و تاریخیچه کاربرد این الگوها در کشورهای مختلف خواهیم پرداخت. آن‌گاه تعاریف و مفاهیم انواع مختلف مدل‌های تعادل عمومی ارائه می‌شود. در قسمت آخر نیز به بررسی ساختار مدل‌های تعادل عمومی خواهیم پرداخت.

پ.۴-۱- الگوهای محاسباتی تعادل عمومی

از اوایل دهه ۱۹۸۰ همراه با ظهور تعدیل ساختاری و خصوصی‌سازی مدل‌های محاسباتی تعادل عمومی نیز به طور فزاینده‌ای برای تجزیه و تحلیل آثار گزینش سیاست‌های کلان اقتصادی و تخصیص منابع در کشورهای در حال توسعه همانند کشورهای توسعه یافته به کار گرفته شده‌اند.

رساله دکتری لیف (CGE) اولین کار تجربی در تدوین مدل‌های محاسباتی تعادل عمومی جوهانسون^۱ در سال ۱۹۶۰ مربوط می‌شود، که برای اقتصاد نروژ طراحی شده است. او در رساله دکتری خود تحت عنوان مطالعه چند بخشی رشد اقتصادی، سعی در بررسی عوامل موثر بر رشد اقتصاد نروژ داشت. که در این مدل روند تخصیص منابع (کار و سرمایه) و روابط مبادله تجاری را در جریان رشد اقتصادی به تصویر کشید. این نوع الگوها نسخه کاربردی ساختار تعادل عمومی والراس می‌باشند، که در دهه ۱۹۵۰ توسط کنث آرو^۲ و جرارد دبرو^۳ و دیگران فرمول‌بندی شده است. اما نکته مهم در این میان این می‌باشد که چرا از مدل‌های تعادل عمومی با رشد فزاینده‌ای در ارزیابی اثرات اتخاذ سیاست‌های مختلف نسبت به مدل‌های رقیب به کار گرفته شده‌اند؟

برای پاسخگویی به این سوال بهتر است جواب خود را با توجه به ماهیت و ویژگی خاص مدل محاسباتی تعادل عمومی ارائه کنیم. مدل‌های متداولی که در ارزیابی سیاست‌های اقتصادی تا به حال به کار گرفته شده‌اند به دو گروه کلی دسته‌بندی می‌شود:

1- Johansen
2- Arrow
3- G. Debreu

۱- مدل‌های تعادل جزئی

۲- مدل‌های تعادل عمومی

مدل‌های تعادل جزئی به جهت این‌که در بررسی اثرات سیاست‌های مختلف تنها به تحلیل جزئی یک پدیده، بدون لحاظ نمودن آثار و پیامدهای آن در سایر بازارها و بخش‌های اقتصادی می‌پردازند، از جامعیت و دقت کافی برخوردار نمی‌باشند. به عبارت دیگر با توجه به این‌که در مدل تعادل جزئی وابستگی‌های بین بخشی و آثار بازخوردی آن‌ها در تجزیه و تحلیل سیاست‌ها در نظر گرفته نمی‌شوند، از اعتبار کافی برخوردار نیستند. بنابراین پیش‌بینی‌های به دست آمده از مدل تعادل جزئی ممکن است به نحو فاحشی از اهداف سیاست‌گذاران و نتایج نهایی اتخاذ چنین سیاست‌های متفاوت باشد. بدین ترتیب تاکید بر این مدل‌ها برای اهداف سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی‌های بلندمدت و کلان‌نگر خالی از اشکال نمی‌باشد.

اما با توجه به طیف وسیع مدل‌های تعادل عمومی در اقتصاد باید این نکته مورد توجه قرار گیرد که چرا از دهه ۱۹۸۰ مدل‌های داده ستانده و ماتریس حسابداری اجتماعی که از نوع مدل‌های تعادل عمومی بوده و در برنامه‌ریزی توسعه و تجزیه و تحلیل سیاست‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند در مقایسه با مدل‌های تعادل عمومی کاربردی کم‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای درک دقیق‌تر این مساله بهتر است که محاسن و معایب این مدل‌ها مشخص گردند. مدل‌های تعادل عمومی از نوع مدل‌های داده ستانده و ماتریس حسابداری اجتماعی، فروض زیر را در بررسی‌های خود لحاظ می‌دارند:

۱- هزینه‌ها به صورت خطی و به صورت توابع با ضرایب ثابت در نظر گرفته می‌شوند.

۲- تقاضا در این مدل‌ها برون‌زا بوده و خارج از سیستم تعیین می‌شود.

۳- محدودیتی برای سمت عرضه اقتصاد متصور نبوده و بنابراین قیمت‌ها نمی‌توانند نقش کلیدی را در این الگوها ایفا نمایند.

این مدل‌ها ممکن است برای تجزیه و تحلیل سیاست‌ها در کوتاه مدت مناسب باشند ولی فروض آن‌ها برای برآزش نمودن واقعیات اقتصادی که طیفی از اقتصاد سرمایه‌داری تا اقتصاد مختلط را در بردارد، مناسب نمی‌باشد. چرا که در هر اقتصادی که قسمت عمده فعالیت‌ها در کنترل دولت نبوده و قیمت‌ها در آن تعدیل می‌شوند جانشینی نهاده‌ها احتمالاً به صورت غیرخطی وجود دارد، عرضه و تقاضا در تعامل با یکدیگر می‌باشند و محدودیت منابع نقش کلیدی در آن دارد.

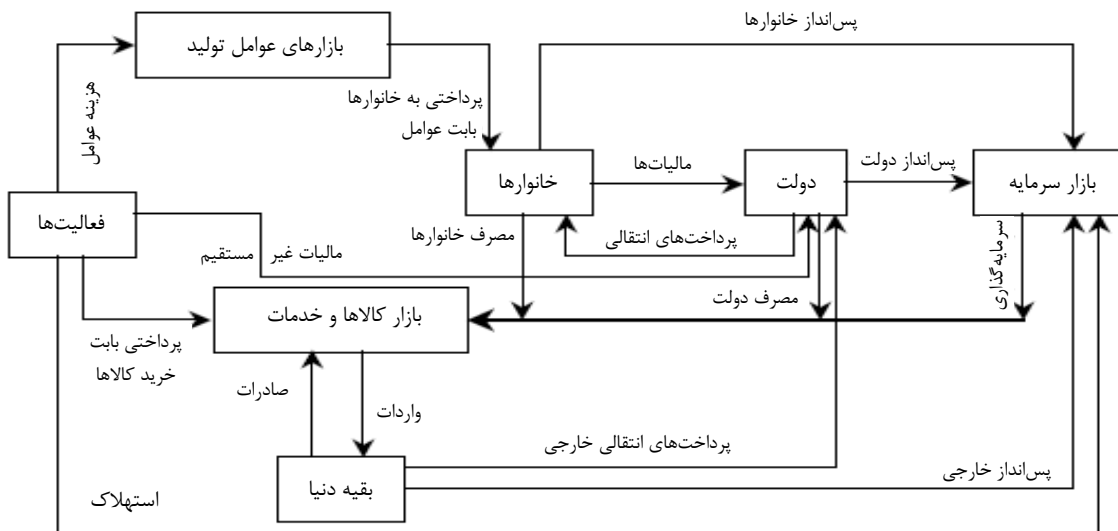
بدین لحاظ این مدل‌ها در مقایسه با مدل محاسباتی تعادل عمومی که مبتنی بر تعادل والراسی می‌باشند از اواخر دهه ۱۹۸۰ با توجه به عدم لحاظ تغییرات قیمت و جانشینی کالاها و نهاده‌ها در مباحث مربوط به اثرات و پیامدهای تعدیل ساختاری، خصوصی‌سازی و جهانی شدن به ندرت مورد استفاده قرار می‌گیرند. دروارجان^۱ (۱۹۸۸) به صورت مشخص سه دلیل عمده برای ارجحیت مدل‌های CGE نسبت به سایر مدل‌های تعادل عمومی ارائه می‌کند:

۱- قیمت‌ها در آن لحاظ شده و قیمت‌ها و مقادیر در آن بدنبال یک شوک یا یک متغیر سیاستی به طور هم زمان تعیین می‌شوند.

۲- در مدل‌های تعادل عمومی ارتباط بین بخشی لحاظ می‌شود، که شامل بازارها (مانند بازار کالاها و خدمات و بازار عوامل تولید)، نهادها (مانند بنگاه‌ها، خانوارها و دولت) و سایر ارتباطات بین بخشی می‌باشد.

۳- ساختار اقتصادی در این مدل‌ها لحاظ می‌شود. مدل‌های تعادل عمومی بر ساختار اقتصاد مورد بررسی متمرکز می‌شوند.

با توجه به ملاحظات فوق طراحی الگوی تعادل عمومی به معنی فرمول‌بندی جریان چرخشی مخارج و درآمد و یا به عبارت دیگر مبادلات بین عاملین اقتصادی می‌باشد که در نمودار (پ.۴-۱) نشان داده می‌شود:



نمودار پ.۴-۱- الگوی چرخشی درآمد - مخارج اقتصاد

همان‌طوری که ملاحظه می‌شود، در این الگو، تولید با استفاده از کالاها و خدمات واسطه و ترکیب آن با عوامل اولیه تولید که توسط خانوارها ارائه می‌گردد، صورت می‌گیرد. خانوارها نیز درآمد حاصل از فروش عوامل تولیدی را بعد از کسر مالیات توسط دولت و انواع انتقالات بین نهادی، مصرف و یا پس‌انداز می‌نمایند. نهاد دولت در این الگو درآمد خود را از طریق مالیات‌های مستقیم (دریافتی از خانوارها) و یا مالیات غیرمستقیم و پرداخت‌های انتقالی خارجی‌ها تامین می‌نماید و این درآمدها را یا مصرف نموده و یا این‌که به صورت پس‌انداز دولتی (مازاد بودجه) در اختیار بازار سرمایه می‌گذارد، بازار سرمایه با استفاده از منابع پس‌انداز خصوصی و دولتی و پس‌اندازهای خارجی، اقدام به سرمایه‌گذاری از کالاها و خدمات مختلف می‌نماید. همچنین لازم به ذکر است که در این الگو بازار کالاها و خدمات در تعامل با دنیای خارج می‌باشد. بنحوی که به آن کالا و خدمات صادر نموده و از آن کالا و خدمات وارد می‌نماید (به این مدل‌ها، مدل‌های قیمت - برون‌زا نیز اطلاق می‌شود، چون مبتنی بر تغییر قیمت‌ها به طور آزادانه تا ایجاد سازگاری بین تصمیم‌گیرندگان در طرف تولید و خانوارها و سایر تصمیم‌گیرندگان مستقل در طرف تقاضا است).

به طور کلی تعادل عمومی به مدل رقابتی والراس اطلاق می‌گردد، به طوری که بنگاه‌ها در آن قیمت‌پذیر هستند و در صدد حداکثر نمودن سود یا مطلوبیت خویش می‌باشند، در این مدل‌ها قیمت‌ها تا تسویه کامل بازار تعدیل می‌شوند، به طوری که نتیجه این چارچوب منجر به برابری عرضه و تقاضا در کلیه بازارها می‌گردد اما در این میان نکته قابل تامل این است که چرا مدل‌های تعادل عمومی با رشد فزاینده‌ای در ارزیابی اثرات اتخاذ سیاست‌های مختلف نسبت به مدل‌های رقیب در عرصه‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد؟

جواب این سوال می‌تواند در این واقعیت باشد که یکی از مدل‌های متداول اقتصادی، مدل‌های اقتصادسنجی هستند که به طور طبیعی می‌توانند به تحلیل سیاست‌های اقتصادی با برآورد روابط اقتصادسنجی بپردازند. این مدل‌ها به جهت این که در بررسی اثرات سیاست‌های مختلف تنها به تحلیل جزئی یک پدیده می‌پردازند و آثار این سیاست‌ها را در سایر بازارها و بخش‌های اقتصادی نادیده می‌انگارند، لذا از جامعیت لازم در بررسی‌های اقتصادی برخوردار نمی‌باشند. به عبارت دیگر وابستگی‌های بین بخشی و آثار بازخوردی^۱ در تجزیه و تحلیل مدل‌های تعادل جزئی در نظر گرفته نمی‌شود. همچنین مدل‌های اقتصادسنجی به دلایل زیر که توسط درویس و ملو^۲ (۱۹۸۲) ارائه می‌شود، جهت ارزیابی سیاست‌ها در کشورهای در حال توسعه از اعتبار کافی برخوردار نیستند:

۱- فقدان داده‌های سری زمانی برای دوره‌های به اندازه کافی طولانی

۲- نامناسب بودن داده‌ها در زمان دسترسی

۳- کوتاه بودن دوره مورد بررسی برای تست آزمون‌ها (مثلاً نتیجه یک تغییرات مهم و سریع در رژیم‌های سیاستی)

بنابراین نتایج به دست آمده از مدل‌های تحلیل جزئی ممکن است به نحو فاحشی از هدف سیاست‌گذاران و اثرات مستقیم پیش‌بینی شده توسط مدل‌های تعادل جزئی متفاوت باشد. بدین ترتیب با توجه به ارجحیت مدل‌های تعادل عمومی در بررسی آثار و نتایج اتخاذ سیاست‌های مختلف نسبت به مدل‌های تعادل جزئی و همچنین با پیشرفت روش‌های حل و افزایش قدرت محاسبات توسط رایانه‌ها این مدل‌ها در سال‌های اخیر بسیار رشد کرده‌اند. به عبارت دیگر در دسترس بودن داده‌ها و توسعه چشمگیر و ارزان رایانه‌ها باعث گرایش به استفاده بیش‌تر از مدل‌های محاسباتی تعادل عمومی به عنوان ابزاری جذاب به ویژه در یافتن راه‌حل‌های پیچیده در عرصه اقتصاد گردیده است.

کاربرد این مدل‌ها در اقتصاد کشورهای توسعه یافته معمولاً در محدوده اقتصاد خرد با تمرکز بر تخمین اثرات ساختارهای متفاوت مالیات و تعرفه یا سیاست‌های انرژی روی رفاه انجام می‌گیرد. در کشورهای در حال توسعه نیز این مدل‌ها در برنامه‌ریزی‌های میان مدت و بلندمدت سناریوهای اقتصاد خرد و کلان به کار گرفته شده است.

1- Feedback Effect

2- Dervis, K., de Melo, J.

پ.۴-۲- مفاهیم مدل‌های تعادل عمومی

مدل محاسباتی تعادل عمومی به عنوان چارچوبی بر اساس تعادل عمومی اقتصاد کلان که میان درآمدهای مختلف گروه‌ها، الگوی تقاضا، تراز پرداخت‌ها و ساختار چند بخشی ارتباط برقرار می‌کند، تعریف می‌شود:

به این مدل‌ها از آن جهت تعادلی اطلاق می‌شود که یک مجموعه از قیمت‌ها و مقادیر وجود دارد که اضافه تقاضا برای کلیه کالاها و خدمات را در مقادیر اسمی و حقیقی صفر می‌سازد (طبق قانون تعادلی والراس به بیان ریاضی $Z(P^*) = 0$ و $P.Z(P) = 0$ که در آن Z تابع مازاد تقاضا و P بردار قیمت است. P^* مقادیر تعادلی است که مازاد تقاضا در آن قیمت‌ها مساوی صفر می‌باشد).

به عبارت دیگر می‌توان این مدل‌ها را همانند یک آزمایشگاه تجربی در اقتصاد دانست که اثرات کمی سیاست‌های اقتصادی و شوک‌های خارجی را بر اقتصاد داخلی مورد بررسی قرار می‌دهد. از جمله ویژگی‌های این مدل‌ها لحاظ نمودن ارتباطات بین فعالیت‌های مختلف و بازار متعدد کالاها و خدمات، عوامل تولید و نهادها به صورت خطی و غیرخطی می‌باشد.

مدل‌های محاسباتی تعادل عمومی با عناوین مدل‌های ارزش معاملات^۱، مدل‌های تعادل عمومی کاربردی^۲ و مدل‌های تعادل عمومی بر پایه ماتریس حسابداری اجتماعی^۳ نیز در ادبیات معرفی می‌شوند. مدل‌های تعادل عمومی با توجه به دیدگاه‌های مختلف، طبقه‌بندی‌های متعددی دارند به عنوان مثال بر اساس دیدگاه روش‌شناسی ریاضی در دسته‌های زیر گروه‌بندی می‌شوند:

۱- بهینه‌یابی یا شبیه‌سازی

۲- ایستا یا پویا

۳- خطی یا غیرخطی

امروزه مدل‌های محاسباتی تعادل عمومی برای تحلیل دامنه گسترده‌ای از مسایل اقتصادی در کشورهای توسعه یافته یا در حال توسعه تدوین می‌شود که هر یک از آن‌ها ممکن است با تاکید متفاوت و از دیدگاه‌های تئوریک متعدد در سطح کشور یا روستا، یک منطقه از کشور، یا چند منطقه از چند کشور یا در سطح جهانی به صورت ایستا یا پویا مدل‌سازی گردد. اغلب این مدل‌ها از نوع مدل‌های حقیقی می‌باشند که قیمت‌های نسبی در آن‌ها درون‌زا بوده، اما قیمت‌های مطلق و سطح عمومی قیمت‌ها را نمی‌توان از آن‌ها استخراج کرد بنا شده‌اند. دسته‌ای از مدل‌های محاسباتی تعادل عمومی موارد زیر را مورد بررسی قرار می‌دهند:

۱- فقر و توزیع درآمد

۲- سیاست‌های تعدیل اقتصادی

1- Transaction Value Models

2- Applied General Equilibrium Models

3- SAM- based General Equilibrium models

- ۳- سیاست‌های مالیاتی
- ۴- استراتژی‌های توسعه صنعتی
- ۵- بهره‌وری و رشد
- ۶- پیش‌بینی آثار (تولیدی، رفاهی و...) عضویت در سازمان تجارت جهانی
- ۷- سیاست‌های تجاری
- ۸- مدل‌های اقتصاد انرژی
- ۹- انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان و آثار وضع مالیات برای مقابله با آن
- ۱۰- توسعه پایدار

همان‌طوری که اشاره شد مدل‌های CGE ایستا یا پویا هستند. مدل‌های تعادل عمومی ایستا عموماً برای به دست آوردن تجربه و بررسی‌های آمار مقایسه‌ای به کار گرفته می‌شوند، بنابراین به طور ضمنی زمان به‌صورت یک دوره‌ای در این مدل‌ها وجود دارد. بدین ترتیب که فرض می‌شود زمان کافی برای تسویه تمام بازارها به اندازه کافی بزرگ باشد. مدل‌های ایستا یا تک دوره‌ای CGE ابزار بسیار مفیدی برای یافتن پاسخ سوالات متفاوتی درباره سیاست‌های اقتصادی است.

پ. ۴-۳- ساختار الگوی محاسباتی تعادل عمومی

همان‌طور که قبلاً نیز عنوان شد، الگوهای تعادل عمومی به فرمول‌بندی جریان چرخشی درآمد - مخارج یک اقتصاد می‌پردازند، که در آن بازارهای تولیدکنندگان، عوامل تولید و مصرف‌کنندگان در نظر گرفته می‌شود. مبادلات در این مدل‌ها براساس رفتار بهینه‌سازی عاملین اقتصادی صورت می‌گیرد. به نحوی که مصرف‌کنندگان تابع مطلوبیت خویش را با توجه به سطح بودجه به حداکثر می‌رسانند و به این ترتیب طرف تقاضای مدل مشخص می‌شود، تولیدکنندگان نیز در پی حداکثر نمودن سود خویش هستند و بدین روال طرف عرضه مدل معین می‌شود. قیمت‌های بازار در وضعیت تعادلی شرایط لازم را برای تعادل فراهم می‌آورند. برای تمامی کالاها و خدمات عرضه برابر تقاضا خواهد بود و در صورتی که بازده نسبت به مقیاس ثابت باشد، شرط سود صفر برای کلیه فعالیت‌ها صادق است.

بناگاه‌های اقتصادی در بازار عوامل متقاضی هستند که توسط مالکین آن‌ها یعنی خانوارها به بازار عرضه می‌شود. تمامی عاملینی که در بازار متقاضی کالا هستند، یا از کالای داخلی و یا از کالای خارجی استفاده می‌نمایند و این دو گروه کالاها جانشین یکدیگر فرض می‌شوند.

آنچه که عاملین اقتصادی را به مصرف محصولات داخلی و یا خارجی سوق می‌دهد، قیمت نسبی کالاهاست که نرخ ارز در آن نقش کلیدی ایفا می‌کند. نرخ ارز نیز در بازار ارز که شامل عرضه ارز (صادرات کالا و ورود سرمایه) و تقاضای ارز (واردات کالا و خروج سرمایه) می‌باشد، تعیین می‌گردد.

نمودار (پ. ۴-۲) تصویری از اجزاء عمده الگوی محاسباتی تعادل عمومی، شامل عوامل تولید، قیمت‌ها و کالاها و نیز اشکال تبعی ارتباط‌دهنده هر یک از اجزاء با یکدیگر را ارائه می‌دارد.

در این الگو تولیدکننده، نهاده‌های واسطه را به صورت تابع لئونتیفی به همراه عوامل تولید (ارزش افزوده) به صورت کشش جانشینی ثابت در فعالیت‌های مختلف جهت تولید به شکل تابع کاب - داگلاس و یا ترانزلگ در اختیار می‌گیرد. در مرحله بعد تولیدکننده با توجه به قیمت نسبی تولیدات خود در داخل و خارج از کشور بر اساس شکل تبعی کشش تبدیل ثابت تصمیم می‌گیرد که تولیدات خود را به چه نسبتی در داخل و خارج از کشور به فروش برساند.^۱ مصرف‌کنندگان نیز از کالاهای مرکب جهت مقاصد مختلف (مصرف خصوصی، سرمایه‌گذاری، مخارج مصرفی دولت) بهره می‌گیرند.

متغیرهای الگوی تعادل عمومی را می‌توان به سه دسته درون‌زا، برون‌زا و سیاست‌گذاری تقسیم نمود. متغیرهای درون‌زا مانند قیمت‌ها (قیمت کالاها، قیمت عوامل و نرخ ارز)، تولید و اشتغال به تفکیک فعالیت‌ها شامل متغیرهایی هستند که در بازارهای سه‌گانه معرفی شده و شاخص‌های کلان آن‌ها را به تعادل می‌رسانند. متغیرهای برون‌زا مانند موجودی عوامل تولید، قیمت‌های جهانی و برخی از تنگناهای ساختاری شامل متغیرهایی هستند که توسط شرایط داخلی و یا خارجی به سیستم دیکته می‌شود و سیستم نمی‌تواند تاثیری روی آن‌ها داشته باشد. متغیرهای سیاست‌گذاری مانند نرخ‌های تعرفه، سوبسید، مالیات‌های مستقیم و غیرمستقیم، هزینه‌های دولت و نرخ ارز (در صورت ثابت بودن آن) متغیرهایی هستند که با هدف تاثیرگذاری بر متغیرهای درون‌زا تعیین می‌گردند.^۲

همچنین در مدل‌های تعادل عمومی دسته‌ای از متغیر با عنوان پارامترها وجود دارند که به عنوان مثال چگونگی حساسیت متغیرهای درون‌زا را به متغیرهای برون‌زا و متغیرهای درون‌زا به همدیگر را نشان می‌دهند. به طور کلی مدل محاسباتی تعادل عمومی، سیستمی از معادلات هم‌زمان شامل پارامترهای θ می‌باشد، به طوری که از بردار متغیرهای برون‌زای Z ، بردار متغیرهای درون‌زای Y نتیجه خواهد شد:

$$F(\theta, Z, Y) = 0 \quad (\text{پ. ۴-۱})$$

همان‌طوری که ملاحظه می‌شود مدل‌های CGE فاقد جملات خطا می‌باشند، عدم وجود جزء خطا در سمت راست معادله حاکی از تفسیر مدل‌سازی CGE به عنوان شیوه‌ای غیرتصادفی بوده که لزوماً مغایر با شیوه تصادفی اقتصادسنجی می‌باشد.^۳

در هر دسته از معادلات CGE قسمت سیستماتیک مدل شامل مجموعه پارامترهای θ و بردار Z باعث بروز واکنش کلی در Y قسمت غیرتصادفی مدل می‌شود. انتخاب مقادیر پارامترهای مدل تاثیر زیادی در نتیجه حاصل از شبیه‌سازی سیاست‌ها دارد. برآورد پارامترها و یا تصریح عددی مدل‌های تعادل عمومی در ادبیات اقتصادی مبتنی بر دو روش عمده متمایز و جایگزین زیر می‌باشد که هر یک از آن‌ها به نوبه خود مزایا و معایبی را دارند.

۱- لازم به ذکر است که کلیه کالاهای واسطه‌ای مورد استفاده تولیدکننده به صورت ترکیبی از کالاهای وارداتی و داخلی می‌باشد که این ترکیب نیز توسط فرم تبعی کشش جانشینی ثابت صورت می‌گیرد.

۲- برخی از متغیرها در الگوهای تعادل عمومی مانند نرخ ارز، سرمایه‌گذاری، موجودی سرمایه و نرخ بازدهی سرمایه به تفکیک فعالیت‌های مورد نظر با توجه به موضوع مورد مطالعه در الگو می‌تواند درون‌زا و یا برون‌زا تعریف شوند.

۳- این امر به معنی اعتقاد مدل‌سازان CGE به غیرتصادفی بودن پدیده‌های واقعی نیست، بلکه آنان مدل‌سازی CGE را عکس‌العمل سیستماتیک و نه تصادفی متغیرهای اقتصادی به محرک‌های برون‌زا می‌دانند.

پ.۴-۳-۱- روش اقتصادسنجی

روش اقتصادسنجی اولین بار توسط برندت و جرگنسون (۱۹۷۳)^۱ و هادسون و جرگنسون (۱۹۷۴)^۲ به کار گرفته شد که از روش‌های آماری برای برآورد پارامترهای مدل CGE استفاده می‌کند. به طوری که هر پارامتری که براساس روش اقتصادسنجی محاسبه می‌شود، در ارتباط با انحراف معیار و فاصله اطمینان می‌باشد. هر چند روش مطلوب در برآورد پارامترها (θ) بهره‌گیری از شیوه اقتصادسنجی با به حساب آوردن محدودیت‌های گسترده سیستم است، لیکن این شیوه به طور معمول توسط سازندگان مدل‌های CGE تا به حال به دلایل زیر به ندرت مورد استفاده قرار گرفته است^۳:

- ۱- تعداد بسیاری از مدل‌های CGE مدل کم‌تر از حد مشخص است (برای مثال معمولاً مدل‌های کامل تعادل عمومی دارای شرط تسویه بازار می‌باشند، که نیازمند برابری مجموع نیروی کار و سرمایه به کار رفته در کلیه بخش‌ها با ذخایر ثابت این عوامل است، در این صورت جملات خطا در توابع تقاضا برای نهاده‌ها از یکدیگر مستقل نبوده و مدل کم‌تر از حد مشخص خواهد بود).
- ۲- برای اغلب مدل‌های کاربردی CGE با افزایش تعداد بخش‌ها و یا مصرف‌کنندگان، پارامترهای مدل به نسبت بسیار بیش‌تری افزایش می‌یابد، بنابراین در بسیاری از مدل‌های کاربردی، در حجم‌های نمونه کوچک، تعداد پارامترهای مدل از تعداد داده‌های موجود تجاوز نموده و مشکلات مربوط به درجه آزادی ظاهر می‌گردد. اگر چه تفکیک مدل به زیر مدل‌های مناسب ممکن است مشکل فوق را تقلیل داده یا بر آن فایق آید، لیکن در این حالت امکان اعمال کلیه محدودیت‌های تعادلی مسیر نیست.
- ۳- سری‌های اطلاعاتی عموماً برحسب مقادیر ارزشی هستند و تفکیک آن‌ها به مشاهدات مجزای قیمت و مقدار مقدور نیست، لذا هم زمان نمودن مشاهدات تعادلی با واحدهای سازگار طی زمان، امری که برای برآوردهای سری‌های زمانی جنبه ضروری دارد، عملاً امکان پذیر نمی‌باشد.^۴

پ.۴-۳-۲- روش کالیبراسیون^۵

روش دوم در برآورد پارامترهای مدل تعادل عمومی روش کالیبراسیون می‌باشد، این روش ساده و آسان بوده و نسبت به روش اقتصادسنجی به اطلاعات کم‌تری نیاز دارد. در این روش پارامترها براساس اطلاعات مورد نظر یک سال خاص

1- Berndt & Jorgenson (1973)

2- Hudson, E.A. and Jorgenson, D.W.

3- Mansur, A. and Whalley, J.

۴- تا به حال مشکلات مذکور بر سر راه برآورد کامل سیستم‌های تعادل عمومی از طریق اقتصادسنجی وجود داشته، گرچه پیشرفتهایی در این زمینه توسط کنت کلمنتس (۱۹۸۰) منصور (۱۹۸۰) و دیل جورگنسون (۱۹۸۴) صورت گرفته است.

5- Calibration

سنجش می‌شود. روش کالیبراسیون CGE اولین بار از دهه ۱۹۶۰ توسط جانسون معرفی گردید و این روش در برآورد پارامترهای مدل‌های ۱۹۷۰ به طور وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

روش کالیبراسیون معمولاً در چهار مرحله اجرا می‌گردد: مرحله اول، ساخت و ایجاد یک مجموعه اطلاعاتی سازگار با مدل تعادل عمومی مورد مطالعه می‌باشد. مرحله دوم، تعیین برخی از پارامترها از مطالعات قبلی و پیشین مربوطه می‌باشد (مانند برخی از کشش‌های خاص). مرحله بعد، پارامترهای باقی‌مانده نامشخص به وسیله معادلات مورد نظر مدل و بر پایه مجموعه اطلاعات تعادلی ایجاد شده در مرحله اول، محاسبه می‌شود. مرحله نهایی در این فرآیند اجرا نمودن و به کارگیری این پارامترها برای بررسی درستی تصریح عددی آن‌ها می‌باشد. به عبارت دیگر براساس پارامترهای موجود برای مدل تعادل عمومی مورد نظر باید مجموعه اطلاعات اولیه، توسط روابط و معادلات تعریف شده در مدل دوباره ایجاد شود.^۱ اگر با استفاده از این پارامترها جواب صحیح از مدل اخذ نشود، باید مدل عیب‌یابی شده و این کار تا زمانی که مشاهدات سال پایه توسط مدل ارائه نشده، باید تکرار شود. همان‌طوری که اشاره گردید مزایای این روش ساده بودن محاسبات و نیاز اطلاعاتی کم‌ترش می‌باشد، اما معایب آن به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- ارزش پارامترهای محاسبه شده به وسیله این روش طبیعتاً تعیین شده بوده و فاقد انحراف معیار و یا ملاکی برای تشخیص اعتبار می‌باشند.
- ۲- نتایج مدل‌هایی که پارامترهای آن از روش کالیبراسیون حاصل شده، حساسیت بالایی به این پارامترها و در نتیجه اطلاعات سال پایه دارند.
- ۳- طبق نظر لاو (۱۹۸۰) این روش توانایی برآورد کلیه پارامترها براساس اطلاعات پایه را ندارد (مانند کشش‌ها). با وجود این معایب، روش کالیبراسیون به طور فزاینده‌ای در همه مدل‌های تعادل عمومی کاربردی برای کشورهای در حال توسعه به دلایل محدودیت‌های اطلاعاتی آن‌ها و آسان بودن محاسبه پارامترهای نامشخص در مقایسه با روش اقتصادسنجی به کارگرفته می‌شوند. همان‌طوری که اشاره گردید، اطلاعات پایه مورد نظر در روش کالیبراسیون باید با مدل تعادل عمومی مورد نظر سازگاری داشته باشند. طبق نظر والی و منصور (۱۹۸۴) نیازهای اطلاعاتی سازگار بدین صورت مشخص می‌شود که:

- ۱- عرضه و تقاضا برای همه کالاها با همدیگر برابر باشد.
 - ۲- سود منفی برای همه فعالیت‌ها وجود دارد.
 - ۳- تقاضای تمامی نهادهای داخلی محدود به قیدهای بودجه‌ای آن‌ها می‌باشد.
 - ۴- اقتصاد در تعادل با دنیای خارج می‌باشد.
- ماتریس حسابداری اجتماعی کلیه این شرایط را ارضاء نموده و به عنوان چارچوب مناسب آماری برای روش کالیبراسیون مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱- به این دلیل این روش را کالیبراسیون نام نهاده‌اند.

پ.۴-۳-۲-۱- ماتریس حسابداری اجتماعی (SAM)^۱

اولین اقدام برای تبدیل SAM از چارچوبی برای جمع‌آوری اطلاعات به قالب الگوی اقتصادی به عنوان ابزاری جهت مطالعه تغییر در حساب‌های برون‌زا بر حساب‌های درون‌زا، مشخص کردن حساب‌های درون‌زا و برون‌زا است. برخلاف الگوی داده - ستانده معمولی که در آن داد و ستد بین بخش‌ها، درون‌زا و بقیه حساب‌ها، برون‌زا محسوب می‌شوند، حساب‌های درون‌زا در الگوی SAM معمولاً از حساب‌هایی چون فعالیت‌های تولیدی، عوامل تولید، خانوارها، سایر موسسات و امثال آن، تشکیل می‌شود که داد و ستد بین بخش‌ها جزئی از آن به حساب می‌آید. به این ترتیب An که به پایات و راوند به جای A (ماتریس ضرایب فنی الگوی داده - ستانده) معرفی شده است به عنوان مبانی تحلیل‌های SAM مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول پ.۴-۱- حسابداری اجتماعی

جمع	حساب‌های برون‌زا		حساب‌های درون‌زا					عوامل تولید	
	سایر نقاط دنیا	دولت	سرمایه‌گذاری	سایر موسسات	خانوارها	فعالیت‌های تولیدی			
درآمد ناخالص عوامل تولید	دریافتی عوامل تولید از خارج	---	---	---	---	دریافتی عوامل تولید از تولیدات داخل	---	عوامل تولید	حساب‌های درون‌زا
ستانده کل	صادرات	مصرف دولت	سرمایه‌گذاری	---	مصرف خانوارها	مصرف واسطه	---	فعالیت‌های تولید	
درآمد خانوارها	---	انتقالات دولت به خانوارها	---	توزیع درآمد بین صاحبان موسسات خصوصی	انتقالات بین خانوارها	---	توزیع درآمد بین خانوارها	خانوارها	
درآمد سایر موسسات	---	---	---	---	---	---	توزیع درآمد بین موسسات	سایر موسسات	
پس‌انداز کل	تراز پس‌انداز و سرمایه	سرمایه‌گذاری دولت	---	پس‌انداز سایر موسسات	پس‌انداز خانوارها	---	پس‌انداز عوامل تولید	سرمایه‌گذاری	حساب‌های برون‌زا
خالص درآمد دولت	خالص انتقالات دولت به منطقه	---	---	---	انتقالات خانوارها و مالیات بر دارایی	خالص مالیات‌های غیرمستقیم	خالص مالیات‌های مستقیم	دولت	
جریان وجوه به خارج	واردات خانوارهای خارجی	---	واردات کالاهای سرمایه‌ای	انتقالات موسسات عمومی	واردات کالاهای مصرفی	واردات واسطه‌ای	پرداختی به عوامل تولید خارج	سایر نقاط دنیا	
---	جریان وجوه به داخل	هزینه دولت	سرمایه‌گذاری کل	پرداخت‌های سایر موسسات	مخارج خانوارها	نهاده کل	پرداختی به عوامل تولید	جمع	

بنابراین رابطه اساسی الگوهای SAM به صورت زیر در می‌آید:

$$A_{11}X + Y = X \quad (\text{پ.۴-۲})$$

بردارهای ستون X جمع سطری کل حساب‌ها و Y جمع سطری قسمت برون‌زای حساب‌ها هستند. بردار X می‌تواند

بر اساس بردار برون‌زای Y محاسبه شود. یعنی:

$$X = (I - A_n)^{-1} \cdot Y \quad (\text{پ. ۳-۴})$$

با فرض $(I - A_n)^{-1} = C^*$ ، معکوس ماتریس لئونتیف است. به عنوان مثال اگر ماتریس C^* از ۱۶ بلوک به شکل زیر تشکیل شده باشد:

$$C^* = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & C_{24} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & C_{34} \\ C_{41} & C_{42} & C_{43} & C_{44} \end{bmatrix}$$

به این ترتیب، برای مطالعه تاثیر تغییر در تقاضای نهایی بر تولید، از عناصر ماتریس مربع به شکل بلوک C_{22} واقع در سطر و ستون‌های (۳۶-۱۰) ماتریس C^* که با CP نشان داده شده است، استفاده می‌شود:

$$CP = \begin{bmatrix} c_{10,10} & c_{10,11} & \dots & c_{10,36} \\ c_{11,10} & c_{11,11} & \dots & c_{11,36} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ c_{36,10} & c_{36,11} & \dots & c_{36,36} \end{bmatrix}$$

C_{ij} مقدار تولید مورد نیاز در بخش i برای پاسخگویی به یک واحد تقاضای نهایی برونزای ایجاد شده در بخش j را نشان می‌دهد. جمع ستونی C_{ij} یعنی:

$$TB_j = \sum_{i=10}^{36} c_{ij}$$

نشان‌گر تولید مورد نیاز در تمامی بخش‌های اقتصادی منطقه برای پاسخ‌گویی به یک واحد تقاضای نهایی ایجاد شده در بخش j است. به عبارت دیگر، این شاخص که شاخص ارتباط کلی پسین نامیده می‌شود؛ مقدار تقاضای مستقیم، غیرمستقیم و القایی در اثر یک واحد کالای نهایی تولید شده در بخش j را برای تولیدات منطقه نشان می‌دهد. بخش‌هایی که در مقایسه با سایر بخش‌های اقتصادی از شاخص ارتباط کلی پسین بالاتری برخوردارند، در جریان فعالیت‌های تولیدی قدرت تحرک‌آفرینی بیشتری در اقتصاد منطقه دارا هستند.

منابع و مراجع

- ۱- اسدی، هرمز و غلامرضا سلطانی (۱۳۸۶) «قیمت‌گذاری آب کشاورزی در ایران: مطالعه موردی در اراضی زیر سد طالقان»، پایان نامه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
- ۲- افشاری، زهرا (۱۳۸۰) «برنامه‌ریزی اقتصادی»، انتشارات سمت.
- ۳- ترکمانی، ج. غ. سلطانی و ه. اسدی (۱۳۷۶) «تعیین آب‌بها و بررسی ارزش بازده نهایی آب کشاورزی»، آب و توسعه، شماره ۱۷: ۱۳-۵.
- ۴- چیدری، ا.ح. و ح. میرزایی خلیل آبادی (۱۳۷۸) «روش قیمت‌گذاری و تقاضای آب کشاورزی باغ‌های پسته شهرستان رفسنجان»، فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، شماره ۲۶: ۹۹-۱۱۳.
- ۵- حاج رحیمی، محمود و جواد ترکمانی (۱۳۷۵) «کاربرد برنامه‌ریزی هدف در تعیین برنامه بهینه واحدهای کشاورزی: مطالعه موردی استان آذربایجان غربی»، اقتصاد کشاورزی و توسعه، شماره ۲۰.
- ۶- حسین زاده، جواد و حبیب‌الله سلامی (۱۳۸۳) «انتخاب تابع تولید برای برآورد ارزش اقتصادی آب کشاورزی: مطالعه موردی تولید گندم»، اقتصاد کشاورزی و توسعه، شماره ۴۸.
- ۷- خلیلیان، صادق و محمدرضا زارع مهرجردی (۱۳۸۴) «مطالعه ارزش‌گذاری آب‌های زیرزمینی در بهره‌برداری‌های کشاورزی، مطالعه موردی گندمکاران شهرستان کرمان (۳-۱۳۸۲)»، اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال سیزدهم، شماره ۵۱.
- ۸- دهقانیان، سیاوش و ناصر شاهنوشی (۱۳۷۳) «برآورد تابع تقاضای تجویزی آب و تعیین الگوی بهینه کشت بر اساس قیمت سایه آب»، مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۸، شماره ۲.
- ۹- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (۱۳۸۴) «راهنمای تشخیص اثرهای اقتصادی، اجتماعی، ارزش‌گذاری و توجیه اقتصادی طرح‌های توسعه منابع آب»، ضابطه شماره ۳۳۱.
- ۱۰- سلطانی، غلامرضا (۱۳۷۲) «مطالعه تعیین آب‌بها و تخصیص آب در اراضی سد درودزن فارس»، مجموعه مقالات دومین سمپوزیم سیاست کشاورزی ایران، انتشارات دانشگاه شیراز، صص. ۱۹۵-۲۱۱.
- ۱۱- سلطانی، غلامرضا (۱۳۷۵) «نرخ‌گذاری آب کشاورزی»، مجله آب و توسعه، شماره ۱۲: ۲۱-۱۲.
- ۱۲- سلطانی، غلامرضا و منصور زیبایی (۱۳۷۵) «نرخ‌گذاری آب کشاورزی»، مجله آب و توسعه، فصلنامه امور آب وزارت نیرو، شماره ۱۴: ۲۴-۵.
- ۱۳- سلطانی، غلامرضا، منصور زیبایی و احمد علی کهخا (۱۳۷۸) «کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی در کشاورزی» سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
- ۱۴- سلطانی، غلامرضا و هرمز اسدی (۱۳۷۹) «بررسی واکنش مصرف‌کنندگان آب خانگی و کشاورزی نسبت به نرخ آب»، اقتصاد کشاورزی و توسعه، شماره ۳۲: ۱۸۵-۱۶۷.

- ۱۵- شرزهای، غلامعلی، امیرحسین چیدری و علی کرامت‌زاده (۱۳۸۴) «تعیین ارزش اقتصادی آب با رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی» مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۷۱: ۶۶-۳۹.
- ۱۶- صبوحی صابونی، محمود (۱۳۸۵) «بهینه‌سازی الگوهای کشت با توجه به مزیت نسبی حوضه آبریز در تولید محصولات زراعی: مطالعه موردی استان خراسان» پایان نامه دکترای رشته اقتصاد کشاورزی، دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی.
- ۱۷- صمدی نژاد، ا. و ح. اسلامی (۱۳۸۰) «ارزش اقتصادی آب کشاورزی: مطالعه موردی دشت مرکزی ساوه»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
- ۱۸- صنوبر، ناصر (۱۳۷۵) «قیمت‌گذاری اقتصادی آب: مطالعه موردی سد علویان»، مجموعه مقالات پوستری نخستین گردهمایی علمی - کاربردی اقتصاد آب، وزارت نیرو، صص. ۶۵-۷۱.
- ۱۹- کرامت‌زاده، علی و همکاران (۱۳۸۵) «تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با استفاده از مدل الگوی کشت بهینه تلفیق زراعت و باغداری: مطالعه موردی سد بارز و شیروان»، مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه؛ سال چهاردهم، شماره ۵۴.
- ۲۰- مقدسی، رضا (۱۳۷۵) «بررسی اقتصادی کاربرد آب در کشاورزی استان اصفهان»، مجموعه مقالات پوستری نخستین گردهمایی علمی - کاربردی اقتصاد آب، معاونت امور آب وزارت نیرو، ۱۳۶-۱۳۲.
- ۲۱- هیل، ج.ام (۱۳۸۵) «نظریه برنامه‌ریزی اقتصادی»؛ ترجمه مهدی عسلی، انتشارات آگاه؛ ۱۳۸۵
- 22- Agudelo, J.A. (2001) "The Economic Valuation of Water: principles and Methods," Value of Water Research Report Series No. 5; IHE Delft.
- 23- Ahmad, M. 2000. "Water Pricing and Markets in the Near East: Policy Issues and Options," Water Policy 2(3): 229-242.
- 24- Alvarez, J.F.O., J.A. de Juan Valero, J.M.T. Martin-Benito, and E.L. Mata (2004) "MOPECO: an economic optimization model for irrigation water management," Irrigation Science 23: 61-75.
- 25- Amir, I. and F.M. Fisher (1999) "Analyzing agricultural demand for water with an optimizing model," Agricultural Systems 61: 45-56.
- 26- Arrow, K.J., H.B. Chenery, B.S. Minhas and R.M. Solow (1961) "Capital-Labor substitution and economic efficiency," Review of economics and statistics, 43: 50-225.
- 27- Ayer, H.W., J. Prentzel, and P.Hoyt (1983) "crop-water production functions and economic implications for Washington," Staff Report AGES 830314. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture.
- 28- Beare, S.C., R. Bell, and B.S. Fisher (1998) "Determining the Value of Water: The Role of Risk, Infrastructure Constraints, and Ownership," American Journal of Agricultural Economics 80(5): 916-940.
- 29- Berck, P., S. Robinson, and G. Goldman (1991) "The Use of Computable General Equilibrium Models to Assess Water Policies," in A. Dinar and D. Zilberman (eds.) The Economics and Management of Water and Drainage in Agriculture, Norwell, MA: Kluwer Academic Publishing.

- 30- Blaug, Mark (1997) "Economic Theory in Retrospect," 5PthP ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- 31- Bontemps, C., S. Couture, and P. Favard (2001) "Is the Irrigation Water Demand Really Convex?," Fondazione Eni Enrico Mattei, Paper No. 82.2001 (October).
- 32- Bouhia, H. (2001) "Water in the Macro Economy," Burlington, VT: Ashgate Publishing Ltd.
- 33- Brill, E., E. Hochman, and D. Ziberman (1997) "Allocation and Pricing at the Water District Level," American Journal of Agricultural Economics 79(3): 952-963.
- 34- Bryant, K.J., P. Tacker, E.D. Vories, T.E. Windham, and S. Stiles (2001) "Estimating Irrigation Costs," University of Arkansas, Cooperative Extension Service, Publication No. FSA28-PD-5-01N, available online at www.uaex.edu (last accessed 06/22/04).
- 35- Carey, J.M. and D. Zilberman (2002) "A Model of Investment under Uncertainty: Modern Irrigation Technology and Emerging Markets in Water," American Journal of Agricultural Economics 84(1): 171-183.
- 36- Caswell, M., E. Lichtenberg, and D. Zilberman "The Effects of Pricing Policies on Water Conservation and Drainage," American Journal of Agricultural Economics (November): 883 – 890.
- 37- Chambers, R. G. (1988) "Applied production analysis: A dual approach," Cambridge University Press.
- 38- Chambers, R. G. and R. E. Just (1989) "Estimating multioutput technologies," American Journal of Agricultural Economics 71: 980-995.
- 39- Chowdhury Nasima Tanveer (1996) "The economic value of water in the Ganges-Brahmaputra-Meghana river basin," Working paper.
- 40- Christensen, L.R. ,D.W Jorgenson and L.J. Lau (1971) "Conjugate and the transcendental logarithmic function," Econometrica 39: 68-259.
- 41- Conradie B., Hoag D. (2004) "A review of mathematical programming models of irrigation water values," Water SA, vol. 30, No. 3.
- 42- Cummings, R. G., and V. Nercissiantz (1992) "The Use of Water Pricing as a Means for Enhancing Water Use Efficiency in Irrigation: Case Studies in Mexico and the United States," Natural Resources Journal, 32, 731-755.
- 43- Datt, G. and M. Ravallion (1998) "Farm Productivity and Rural Poverty in India," the Journal of Development Studies 34(4): 62-85.
- 44- Diao, X., T. Roe, and R. Doukkali (2002) "Economy-wide Benefits From Establishing Water User-Right Markets in a Spatially Heterogeneous Agricultural Economy," International Food Policy Research Institute, TMD Paper No. 103 (October).
- 45- Diewert, W.E. (1971) "An application of the Shephard duality theorem: A generalized Leontief production function," Journal of Political Economics 79:481-507.
- 46- Dinar, A., S.A. Hatchett, and E.T. Loehman (1991) "Modeling Regional Irrigation Decisions and Drainage Pollution Control," Natural Resource Modeling 5(2): 191-212.
- 47- Draper, A.J., M.W. Jenkins, K.W. Kirby, J.R. Lund, and R.E. Howitt (2003) "Economic-Engineering Optimization for California Water Management," Journal of Water Resources Planning and Management (May/June): 155-164.
- 48- Droogers, P. and R.G. Allen (2002) "Estimating reference evapotranspiration under inaccurate data conditions," Irrigation and Drainage Systems 16: 33-45.

- 49- Duarte, Rosa, Julio Sanchez – Choliz, and Jorge Bielsa (2002) "Water use in the Spanish economy: an input – output approach," *Ecological Economics* 43: 71-85.
- 50- Dukhovny, V.A. 2003. "The Aral Sea Basin – Rumors, Realities, Prospects," *Irrigation and Drainage* 52: 109-120.
- 51- Evers, A.J.M., R.L. Elliot, and E.W. Stevens (1998) "Integrated Decision Making for Reservoir, Irrigation, and Crop Management," *Agricultural Systems* 58(4):529-554.
- 52- Faux, J. and G.M. Perry (1999) "Estimating Irrigation Water Value Using Hedonic Price Analysis: A Case Study in Malheur County, Oregon," *Land Economics* 75(3): 440-452.
- 53- Freeman III, A.M. (1986) "The valuation problem: Comment 1. In: D.W. Bromley. *Natural Resource Economics: Policy problems and contemporary analysis*," Boston: Kluwer Nijhoff Publishing. [Recent Economic Thought Series]
- 54- Freeman III, A.M. (1993) "The measurement of environmental and resource values: Theory and methods," Washington, D.C.: Resources for the Future.
- 55- Gardner, B.D., Y. Madhi, S. Partovi and S. Mehdi (1974) " Pricing irrigation water in Iran," *Water Resources Research* 10(6): 1080-89.
- 56- Garrido, A. (2000) "A mathematical programming model applied to the study of water markets within the Spanish agricultural sector," *Annals of Operations Research* 94.
- 57- George, B.A., H.M. Malano, V.K. Tri, and H. Turrall (2004) "Using Modelling to Improve Operational Performance in the Cu Chi Irrigation System, Vietnam," *Irrigation and Drainage* 53: 237-249.
- 58- Gisser, R., R.R. Landford, W.D. Gorman, B.J. Creel, and M. Evans (1979) "Water Tradeoff between electric energy and agriculture in the Four Corners area," *Water Resources Research* 15(3): 529-538.
- 59- Goldin, I. and D. Roland-Holst (1995) "Economic Policies for Sustainable Resource Use in Morocco," in I. Goldin and L.A. Winters (eds.) *The Economics of Sustainable Development*, Cambridge: Cambridge University Press.
- 60- Goodman, D.J. (2000) "More Reservoirs or Transfers? A Computable General Equilibrium Analysis of Projected Water Shortages in the Arkansas River Basin," *Journal of Agricultural and Resource Economics* 25(2): 698-713.
- 61- Gopalakrishnan, C. and L.J. Cox. (2003) "Water Consumption by the Visitor Industry:
- 62- Griffin, R. C., J. M. Montgomery and M.E.Rister (1987) "Selecting functional form in production analysis," *Western Journal of Agricultural Economics*, 12:216-227.
- 63- Halter, A.N., H.O. Carter and J.G. Hocking (1957) "A note on the transcendental production function," *Journal of Farm Economics* 39: 966-974.
- 64- Harberger, A.C. (1974) "Project Evaluation: Collected Papers," Chicago, IL: Markham.
- 65- Hardaker, J. B., S. Pandey, and L.H.Patten (1991) " Farm Planning under Uncertainty: a review of alternative programming models," *Rev. Mktg. Agric. Econ.*59: 9-22.
- 66- He, Jing and Xikang Chen (2004) "A dynamic computable general equilibrium model to calculate shadow prices of water resources: implications for China," Working Paper: Institute of Systems Science, Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing, P.R. China.
- 67- Heckelei, T. (2002) " Calibration and estimation of programming models for agricultural supply analysis," *Habilitationsschrift*, University of Bonn.

- 68- Hexem, R.W., and E.O. Heady (1978) "Water production functions for irrigated agriculture," Ames, IA: Iowa State University Press.
- 69- Howitt, R.E., W.D. Watson, and R.M. Adams (1980) "A Reevaluation of Price Elasticities for Irrigation Water," *Water Resources Research* 16(4): 623-628.
- 70- Hussain, R.Z., and R.A. Young (1985) "Estimates of the economic value productivity of irrigation water in Pakistan from farm surveys," *Water Resources Bulletin* 26(6): 1021-1027.
- 71- Jaeger, W.K. (2004) "Water Allocation in the Klamath Reclamation Project: Brief #1," Oregon State University, Extension Service Report No. EM 8843-E (January).
- 72- James, L.D. & Lee, R.R. (1971) "Economics of water resources planning," New York: McGraw-Hill Book Company. [McGraw-Hill series in water resources and environmental engineering]
- 73- Johansson, R.C (2005) "Micro and Macro Level Approches for Assessing The Value Of Irrigation Water," World Bank Policy Research Working Paper 3778.
- 74- Just, R.E.; Hueth, D.L.; & Schmitz, A. (1982) "Applied welfare economics and public policy," Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- 75- Keeney, R.L. (1992) "Value-focused thinking; a path to creative decision-making," Cambridge: Harvard University Press.
- 76- Kim, C.S. and G.D. Schaible (2000) "Economic Benefits Resulting from Irrigation Water Use: Theory and an Application to Groundwater Use," *Environmental and Resource Economics* 17: 73-87.
- 77- Latinopoulos, P., V. Tziakas and Z. Mallios (2004) "Valuation of irrigation water by the hedonic price method: a case study in Chalkidiki, Greece," *Water, Air, and Soil Pollution: focus* 4: 253-262.
- 78- Lindgren, A. (1999) "The value of water: a study of the Stampriet Aquifer in Namibia," Umea University, Department of Economics.
- 79- Lipton, D.W.; Wellman, K.F.; Sheifer, I.C.; Weiher, R.F. (1995) "Economic valuation of natural resources: A Handbook for Coastal Resource Policymakers," Silver Spring, Maryland: U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Coastal Ocean Office. [NOAA Coastal Ocean Program, Decision Analysis Series, 5]
- 80- Llewelyn, R.V. and A.M. Featherstone (1997) "A Comparison of Crop Production Functions Using Simulated Data for Irrigation Corn in Western Kansas," *Agricultural Systems* 54(4): 521-538.
- 81- Loomis, J.B., K. Quattlebaum, T.C. Brown, and S.J. Alexander. 2003. "Expanding Institutional Arrangements for Acquiring Water for Environmental Purposes: Transactions Evidence for the Western United States," *Water Resources Development* 19(1): 21-28.
- 82- Marikar, F., J. Wilkin-Wells, S. Smolnik, and R.K. Sampath (1992) "Irrigation system performance and its impact on crop productivity in Sri Lanka," *Water Resources Development* 8(4): 226-234.
- 83- McCarl, B. A. and T. H. Spreen (2005) "Applied Mathematical Programming Using Algebraic Systems," University of California.
- 84- McGuckin, J.T., N. Gollehon, S. Ghosh (1992) "Water Conservation in Irrigated Agriculture: A Stochastic Production Frontier Model," *Water Resources Research* 28(2): 305-312.
- 85- Michelsen, M.; Young R. A. (1993) "Optioning Agricultural Water Rights for Urban Water Supplies during Drought," *T American Journal of Agricultural Economics* T, Vol. 75, No. 4.

- 86- Moore, M.R., N.R. Gollehon, and D.M. Hellerstein (2000) "Estimating Producer's Surplus with the Censored Regression Model: An Application to Producers Affected by Columbia River Basin Salmon Recovery," *Journal of Agricultural and Resource Economics* 25(2): 325-346.
- 87- Moore, M.R., N.R. Gollehon, and M.B. Carey (1994) "Alternative models of input allocation in multicrop systems: Irrigation water in the Central Plains, United States," *Agricultural Economics* 11: 143-158.
- 88- Ogg, C.W. and N.R. Gollehon (1989) "Western Irrigation Response to Pumping Costs: A Water Demand Analysis Using Climatic Regions," *Water Resources Research* 25(5): 767-773.
- 89- Pazvakawambwa, G.T. and P. van der Zaag (2000) "The value of irrigation water in Nyanyadzi smallholder irrigation scheme, Zimbabwe," 1st WARFSA/WaterNet Symposium, Maputo (November).
- 90- Quba'a, R., M. El-Fadel, and M.R. Darwish (2002) "Water Pricing for Multi-sectoral Allocation: A Case Study," *Water Resources Development* 18(4): 523-544.
- 91- Randall, A. (1986) "Valuation in a policy context in Natural resource economics: Policy problems and contemporary analysis," Boston: Kluwer-Nijhoff Publishing. [Recent Economic Thought Series]
- 92- Ranganathan, C.R. and K. Palanisami (2004) "Modeling economies of conjunctive surface and groundwater irrigation systems," *Irr. and Drainage Systems* 18: 127-143.
- 93- Ray, I. (2002) "Farm-level incentives for irrigation efficiency: some lessons from an Indian canal," *Water Resources Update* 121(January): 1-16.
- 94- Rodríguez, J.A. and Martínez, Y. M. (2004) "Multicriteria Modelling of Irrigation Water Market at Basin Level," *Fundación Centro de Estudios Andaluces, Working Paper No. E2004-26, Spain.*
- 95- Rogers, P., C. Hurst, and N. Harshadeep (1993) "Water Resources Planning in a Strategic Context: Linking the Water Sector to the National Economy," *Water Resources Research* 29(7): 1895-1906.
- 96- Rosegrant, M.W., C. Ringler, D.C. McKinney, X. Cai, A. Keller, and G. Donoso (2000) "Integrated Economic-Hydrologic Water Modeling At The Basin Scale: The Maipo River Basin," *International Food Policy Research Institute, EPTD Discussion Paper No. 63, Washington, DC (June).*
- 97- Rosegrant, M.W. and R.G. Schleyer (1996) "Establishing tradable water rights: implementation of the Mexican water law," *Irrigation and Drainage Systems* 00: 263-279.
- 98- Sahibzada, S.A. (2002) "Pricing Irrigation Water in Pakistan: An Evaluation of Available Options," *The Pakistan Development Review* 41(3): 209-241.
- 99- Schaible, G.D. (1997) "Water Conservation Policy Analysis: An Interregional, Multi- Output, Primal-Dual Optimization Approach," *American Journal of Agricultural Economics* 79(1): 163-177.
- 100- Schaible, G.D. (2000) "Economic Conservation Tradeoffs of Regulatory vs. Incentivebased Water Policy in the Pacific Northwest," *Water Resources Development* 16(2): 221-238.
- 101- Schaible, G.D. and M.P. Aillery (2003) "Irrigation Technology Transitions in the Mid-Plains States: Implications for Water Conservation/Water Quality Goals and Institutional Changes," *Water Resources Development* 19(1): 67-88.

- 102- Scheierling, S.M., G.E. Cardon, and R.A. Young (1997) "Impact of irrigation timing on simulated water-crop production functions," *Irrigation Science* 18: 23-31.
- 103- Schuck, E. and G.P. Green (2003) "Conserving One Water Source at the Expense of Another: The Roles of Surface Water Price in Adoption of Wells in a Conjunctive Use System," *Water Resources Development* 19(1): 55-66.
- 104- Torell, L.Allen, James D. Libbin, and Michael D.Miller (1990) "The Market Value of Water in the Ogallala Aquifer" *Land Economics* Vol. 66. No.2.
- 105- Tsur, Y., T. L. Roe, R. M. Doukkali and A. Dinar (2004) "Pricing Irrigation Water: Principles and Cases from Developing Countries," RFF Press: Washington, D.C.
- 106- Varela-Ortega, C., J.M. Sumpsi, A. Garrido, M. Blanco, and E. Iglesias. (1998) "Water pricing policies, public decision making and farmers' response: implications for water policy," *Agricultural Economics* 19: 193-202.
- 107- Wang, H. and S. Lall (1999) "Valuing Water for Chinese Industries: A Marginal Productivity Assessment," The World Bank, Policy Research Working Paper No. 2236, Washington, DC.
- 108- Weinberg, M., C.L. Kling, and J.E. Wilen (1993) "Water Markets and Water Quality," *American Journal of Agricultural Economics* 75(2): 278-291.
- 109- Williams, H.P. (1999) *Model Building in Mathematical Programming*, 4PthP ed. New York, NY: Wiley.
- 110- Yaron, D (1967) "Empirical Analysis of the Demand for water by Israeli Agriculture," *Journal of Farm Economics* 49(2):461-473.
- 111- Young, R.A. (1996) "Measuring Economic Benefits for Water Investment and policies," Washington DC: The World Bank.
- 112- Young, R.A. (2005) "Determining the Economic Value of Water; Concepts and Methods," Washington DC: Resources for the Future.