

تعیین حق بیمه شاخص آب و هوایی و تابع غرامت آن برای محصول سیب در شهرستان دماوند: کاربرد انواع مختلف مفصل‌های بیضوی و ارشمیدسی

- ساسان ترابی^۱، آرش دوراندیش^{۲*}، محمود دانشور کاخکی^۳، علی کیانی راد^۴، حسین محمدی^۵
- ۱، دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی پردیس بین الملل دانشگاه فردوسی مشهد
 ۲، دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
 ۳، استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
 ۴، استادیار اقتصاد کشاورزی موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی
 ۵، استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
 (تاریخ دریافت: ۹۶/۳/۲۱ - تاریخ تصویب نهایی: ۹۶/۱۰/۱۷)

چکیده

با توجه به چالش‌های بیمه فعلی محصولات کشاورزی مانند بالا بودن هزینه‌های اجرایی، مشکلات ناشی از اطلاعات نامتقارن و زیان‌ده بودن صندوق بیمه کشاورزی، ارائه الگوی بیمه‌ای مناسب، از مهم‌ترین مسایل در زمینه مدیریت ریسک محصولات کشاورزی به‌شمار می‌رود. از این‌رو، با توجه به تجربه موفق جهانی، اقدام به طراحی بیمه شاخص آب و هوایی برای محصول سیب در شهرستان دماوند - به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین مراکز تولید سیب در کشور - شده است. اطلاعات مورد نیاز طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۶۶ از مدیریت جهاد کشاورزی و ایستگاه هواشناسی شهرستان دماوند جمع‌آوری گردید. با توجه به کاربرد فراوان توابع مفصل بیضوی و ارشمیدسی در مدل‌سازی ریسک‌های چندمتغیره، ساختار وابستگی بین متغیرهای آب و هوایی و عملکرد سیب با استفاده از این توابع، تبیین شد و از روش بیزین برای تخمین پارامتر مفصل استفاده شد. بررسی انواع مختلف مفصل نشان داد که مفصل جو بهتر از بقیه مفاصل، تابع توزیع توأم را مدل‌سازی می‌کند. بنابراین، بین متغیرهای آب و هوایی و عملکرد سیب یک ساختار وابستگی غیر متقارن مثبت قوی وجود دارد. خسارت مورد انتظار ناشی از شرایط نامناسب آب و هوایی برای کل شهرستان ۶۴۲۸۱/۲۵ تن به‌دست آمد و به این ترتیب، میزان حق بیمه برای هر هکتار در سطح پوشش ۱۰۰ درصد ۳۶۳۴۸/۹۱ هزار ریال محاسبه شده است. بررسی نتایج تابع غرامت نیز نشان داد که سرما مهم‌ترین عامل خسارت در شهرستان دماوند برای محصول سیب است. با توجه به نتایج موفق این سیستم بیمه‌ای در جهان، توصیه می‌شود که مسئولین و سیاست‌گزاران با بررسی طرح‌های بیمه شاخص آب و هوایی اجرا شده در کشورهای مختلف جهان و شناسایی ابعاد مختلف آن اقدام به اجرای این سیستم بیمه‌ای در کشور نمایند.

واژه‌های کلیدی: بیمه شاخص آب و هوایی، مفصل‌های بیضوی و ارشمیدسی، روش بیزین، سیب درختی، دماوند.

مقدمه

آفات، بیماری، ریسک‌های بازار و مواد اولیه مواجه‌اند. هر ساله کشاورزان به دلیل داشتن یک درآمد نامطمئن نگران پرداخت وام، هزینه‌های زندگی و امثال آن هستند

کشاورزی، فعالیتی همراه با ریسک است، به‌طوری‌که کشاورزان با انواع مختلفی از ریسک‌های آب و هوایی،

بالقوه خسارت و زیان افزایش یابد (Wenner & Arias, 2003). با توجه به مسایل طرح‌های فعلی بیمه محصولات کشاورزی، طراحی الگوهای بیمه‌ای جدید و ارایه آن‌ها به‌گونه‌ای که از یک‌طرف درآمد تولیدکنندگان این بخش را تثبیت کند و از طرف دیگر، هزینه‌های بیمه را بکاهد ضروری است. لذا، انتخاب شیوه مناسب بیمه باید از مهم‌ترین مسایل محققین در حوزه مدیریت ریسک و بیمه محصولات کشاورزی باشد (Kochakzai & Kochankzai, 2015).

بیمه محصولات کشاورزی بر اساس شاخص‌های آب و هوایی از طرح‌های بیمه‌ای جدید است که بسیاری از مشکلات مانند اطلاعات نامتقارن در بیمه فعلی را حل نموده است. بیمه شاخص آب و هوایی، محصولی منحصر به فرد، جهت حمایت از کشاورزان در مقابل خسارت‌های ناشی از تغییرات و ریسک‌های آب و هوایی است (Kochakzai et al. 2013). این نوع بیمه برای مقابله با خسارت سیستماتیک از جمله خشکسالی، تگرگ و دماهای نامناسب طراحی شده است. در این نوع بیمه مبنای پرداخت غرامت شاخص‌های اقلیمی مانند میزان بارندگی و دما می‌باشد که همبستگی بالایی با تولید دارند (Conradt et al. 2015). در نظام بیمه‌ای مبتنی بر شاخص‌های آب و هوایی بر خلاف طرح‌های فعلی، حق بیمه و غرامت بر اساس مقدار شاخص و تأثیر آن بر افت محصول تعیین می‌شود و از آنجا که این شاخص‌ها بر اساس منابع داده‌های شفاف و مشخص هستند، بسیاری از نارسایی‌های ناشی از اطلاعات نامتقارن را بر طرف می‌کند. با استفاده از بیمه شاخص آب و هوا، پرداخت خسارت به کشاورزان به حفظ یا شکست محصولات بستگی نخواهد داشت. بنابراین، کشاورزان حداکثر تلاش خود را برای حفظ محصول انجام می‌دهند (Pishbahar et al. 2015). علاوه بر این، بر خلاف طرح‌های فعلی در پرداخت غرامت، شرکت‌های بیمه نیازی به بازدید از مزارع به‌منظور تعیین حق بیمه یا ارزیابی خسارت‌ها ندارند و هنگامی که مقدار شاخص آب و هوایی کمتر یا بیشتر از مقدار هدف باشد، خسارت پرداخت می‌شود (Aziznasiri, 2011; Doran & Stainforth, 2014; Kochakzai et al. 2013; Dourandish & Nikoukar, 2008; Bokusheva, 2010; Leblois & Quirion, 2010). با توجه به موارد بیان شده، از مهم‌ترین

(Kochakzai & Kochankzai, 2015). دامنه گسترده‌ای از ریسک‌ها در درآمد حاصل از تولیدات کشاورزی تأثیرگذار است (Jie et al. 2013). بیمه محصولات کشاورزی سازوکار مناسب برای ایجاد ثبات در درآمد تولیدکنندگان است که از طریق مشارکت تولیدکنندگان در پذیرش ریسک هنگام بروز خطر، از زیان دیدن تولیدکننده جلوگیری یا درآمد با ثباتی ایجاد می‌کند (Aziznasiri et al. 2012; Leblois & Quirion, 2010).

حق بیمه و غرامت‌های پرداختی کلیه زیر بخش‌های کشاورزی از سال زراعی ۱۳۸۲-۱۳۸۱ الی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ نشان می‌دهد که به‌طور متوسط ۶۵/۶۰ درصد حق بیمه را دولت می‌پردازد و نسبت غرامت پرداختی به حق بیمه دریافتی بزرگتر از واحد است. همچنین، در ۱۰ سال مذکور حق بیمه دریافتی و غرامت پرداختی روند افزایشی داشته و این مسئله نشانگر زیان‌ده بودن برنامه‌های بیمه‌ای فعلی صندوق بیمه محصولات کشاورزی است (Agricultural Insurance Fund, 2013). بیمه محصولات کشاورزی از مشکلات فزاینده‌ای رنج می‌برد که ناشی از اطلاعات نامتقارن است. اطلاعات نامتقارن، مشکلاتی مانند انتخاب نامناسب و مخاطرات اخلاقی را ایجاد می‌کند (Skees et al. 2002). انتخاب نامناسب به این معنی است که تشخیص بیمه‌گزاران پرخطر از بیمه‌گزاران کم‌خطر، دشوار یا هزینه‌بر است؛ در نتیجه، شرکت بیمه یک نرخ حق بیمه متوسط برای همه کشاورزان تعیین می‌کند و همه بیمه‌گزاران آن‌را می‌پردازند. به مرور زمان، کشاورزان کم‌خطر، به دلیل بالا بودن حق بیمه در مقایسه با میزان ریسک‌شان، بیمه را خریداری نمی‌کنند، اما کشاورزان پرخطر به دلیل پایین بودن حق بیمه در مقایسه با ریسک‌هایی که با آن مواجه‌اند، بیمه را خریداری می‌کنند و پس از مدتی، بیمه‌گر با تعداد زیادی بیمه‌گزار پرخطر و با غرامتی بیش از غرامت مورد انتظار مواجه می‌شود و سودآوری بیمه‌گر کاهش می‌یابد. مخاطرات اخلاقی نیز زمانی به وقوع می‌پیوندد که بیمه‌گزار، رفتار خود را پس از خرید بیمه تغییر دهد و یا به‌طور عمدی موجبات بروز خسارت را فراهم نماید. به‌عبارتی دیگر، بیمه‌گزاران بتوانند رفتارشان را به‌گونه‌ای تغییر دهند که احتمال یا مقدار

نشان دادند که استفاده از بیمه شاخص آب و هوایی یک ابزار کارآمد جهت تعیین حق بیمه می‌باشد و استفاده از این نوع بیمه را برای آینده بسیار مناسب برشمردند. *Di Falco et al. (2013)* در ایتالیا در مطالعه‌ای با استفاده از داده‌های پانل کشاورزان بزرگ مقیاس ایتالیایی به بررسی تاثیر تغییرات آب و هوا بر تقاضای بیمه پرداختند. پژوهشگران دریافتند که تقاضای بیمه با تغییرات آب و هوایی رابطه مستقیم دارد ولی ریسک تولید را کاهش می‌دهد و بیمه شاخص آب و هوایی جایگزینی مناسب برای بیمه فعلی می‌باشد. *Hill et al. (2013)* در اتیوپی به بررسی عوامل موثر بر تمایل به پرداخت برای بیمه شاخص آب و هوایی پرداختند. اطلاعات از ۱۴۰۰ خانوار اتیوپی طی ۱۵ سال جمع‌آوری شد. نتایج حاصل نشان از تاثیر منفی و معنی‌دار متغیرهای قیمت و ریسک پایه در پذیرش بیمه شاخص آب و هوا داشته است و استفاده از بیمه شاخص را مناسب‌تر از بیمه فعلی دانستند. *Jie et al. (2013)* در استان شان‌دونگ چین و با استفاده از داده‌های سری زمانی بین سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ رابطه بین شاخص خشکسالی و میزان تولید گندم را به‌دست آوردند. آن‌ها نشان دادند که استفاده از بیمه شاخص خشکسالی می‌تواند به‌عنوان یک مرجع برای تحقیق و توسعه سیاست‌های بیمه محصولات کشاورزی در این منطقه معرفی شود. *Bokusheva (2010)* با استفاده از اطلاعات سری زمانی متغیرهای عملکرد و شاخص‌های آب و هوایی قزاقستان طی سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۳، نشان داد که از لحاظ آماری ساختار وابستگی بین این متغیرها وجود دارد. وی پیشنهاد داد که در بیمه شاخص آب و هوا از متغیرهایی نظیر بارش تجمعی استفاده شود که بیشترین تأثیر را در عملکرد دارند.

زیربخش باغبانی در ایران یکی از مهم‌ترین زیربخش‌های کشاورزی است و محصولات باغی، اقتصادی‌ترین بخش کشاورزی ایران هستند که بیشترین ارزش افزوده بخش کشاورزی را به خود اختصاص داده‌اند. سیب درختی یکی از محصولات اصلی زیربخش باغبانی است که به‌صورت تجاری در ایران کاشته می‌شود و محصول آن به بازارهای جهانی عرضه می‌گردد. بالا بودن عملکرد و تجاری بودن سیب درختی

مزیت‌های این طرح بیمه‌ای، برطرف کردن مشکلات ناشی از انتخاب نامناسب و مخاطرات اخلاقی است.

مطالعات گسترده‌ای در زمینه اتخاذ بیمه شاخص آب و هوایی محصولات کشاورزی صورت گرفته است. *Kochakzaei & Kochankzaei (2015)* در بررسی تطبیقی بیمه کشاورزی در کشورهای منتخب بر پایه شاخص‌های آب و هوایی نشان دادند که بیمه شاخص آب و هوایی، وسیله انتقال ریسک برای تولیدات کشاورزی در کشورهای با درآمد پایین بوده و یک نیاز اصلی و عامل مؤثر و مکانیسم کارا برای انتقال ریسک حوادث طبیعی بوده و باعث افزایش درآمد کشاورزان می‌شود. *Pishbahar et al. (2015)* در مطالعه‌ای به محاسبه حق بیمه شاخص‌های آب و هوایی گندم دیم میانه طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۶۶ پرداختند. نتایج نشان داد که حق بیمه محاسبه شده در بیمه شاخص آب و هوا کمتر از حق بیمه فعلی بوده است. نتایج مربوط به تابع غرامت نیز نشان داد که متغیر رطوبت نسبی میانگین، بیشترین همبستگی را با عملکرد گندم دیم میانه دارد که مقادیر آستانه و حد آن به ترتیب ۵۱/۸۳ و ۲۳/۰۷ درصد است. *Kochakzaei et al. (2013)* در مطالعه‌ای به محاسبه حق بیمه کشاورزی محصول گندم دیم با استفاده از شاخص بارش در شهرستان درگز پرداختند. نتایج حاصل از تخمین مدل‌های مختلف نشان داد همبستگی عملکرد گندم و بارندگی تا ۹۸ درصد نیز رسیده است. *Afrasiabi et al. (2013)* در شهرستان اهر نشان دادند که متوسط حق بیمه تمایل به پرداخت گندم‌کاران اهر به ازای هر هکتار گندم برابر با ۹۱۴۷۰ ریال محاسبه شده است که در مقایسه با حق بیمه فعلی بیمه عملکرد گندم (۱۴۵۰۰۰ ریال) مقدار معقولی بوده است. از دیگر مطالعات انجام شده در حوزه پژوهش حاضر می‌توان به مطالعات *Khajehpour & Keykha (2014)*; *Aziznasiri et al (2012)*; *Aziznasiri (2011)* اشاره نمود. *Conradt et al. (2015)* به بررسی انعطاف‌پذیری شاخص‌های آب و هوایی و طراحی آن در تولید گندم در قزاقستان پرداختند. آن‌ها استفاده از بیمه شاخص را در تولید، مؤثرتر از بیمه‌های فعلی دانسته‌اند. همچنین، استفاده از این شاخص را در کاهش ریسک موثرتر دانستند. *Doran & Stainforth (2014)* در هند

تلاش شده است تا با توجه به تنگناها و مشکلات طرح‌های سنتی بیمه محصولات کشاورزی و مزایای متعدد و مترتب بیمه مبتنی بر شاخص‌های آب و هوایی، به طراحی الگوی بیمه شاخص آب و هوایی برای محصول باغی (سیب) در شهرستان دماوند بپردازد تا گامی مؤثر در زمینه این حرکت جهانی برداشته شود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ایجاد یک الگوی بیمه شاخص آب و هوایی، در گام اول باید میزان حق بیمه را تعیین کرد. از روش‌های معمول برای محاسبه حق بیمه استفاده از روش‌های آماری است که توسط اکثر بیمه‌گران مورد استفاده قرار می‌گیرد (Farzin et al. 2012). این روش محدودیتی در انعکاس تمامی رفتارهای مخاطره‌آمیز تولیدکنندگان در فرآیند تصمیم‌گیری ندارد. بنابراین، به‌منظور تعیین حق بیمه از روش‌های آماری که بر اساس ساختار وابستگی خسارت انتظاری، حق بیمه را تعیین می‌نماید استفاده می‌شود. در مرحله بعد نیز، تابع غرامت بر اساس مراحل فنولوژیک (دوره رشد محصول) طراحی می‌گردد (Robison & Barry, 1987).

تعیین تابع توزیع توأم مناسب برای تبیین ساختار وابستگی بین متغیرها به‌منظور محاسبه خسارت مورد انتظار و حق بیمه از اهمیت خاصی برخوردار است؛ به طوری که بر اساس مطالعات صورت گرفته توسط Goodwin (2012) و Bokusheva (2010) اگر ساختار وابستگی بین عامل خسارت و متغیر عملکرد به درستی تبیین نشود، خسارت مورد انتظار را نمی‌توان با دقت تعیین نمود. عدم محاسبه درست خسارت مورد انتظار مانع از تعیین مقدار واقعی حق بیمه شده و نه تنها با غرامت قابل پرداختی اختلاف فاحشی پیدا می‌کند، بلکه رغبت کشاورز به سیستم بیمه نیز کاهش می‌یابد. امروزه، برای حل این مشکل و افزایش دقت کارایی در اندازه‌گیری ساختار وابستگی بین عامل خسارت و متغیر عملکرد در نظام بیمه از مدل‌های مفصل استفاده می‌گردد (Goodwin, 2012; Bokusheva, 2010). یک تابع مفصل یا $C(u_1, \dots, u_n)$ یک تابع توزیع تجمعی n بعدی از توابع توزیع حاشیه‌ای یکنواخت u_i در فضای $[0,1]^n$ است که ۱. برای هر تابع توزیع حاشیه‌ای $u_i = 0$ و مقادیر

منجر به تشویق کشاورزان به احداث باغات سیب گردیده است، بطوری که سطح زیرکشت این محصول در کشور در سال ۱۳۹۴ برابر با ۲۰۸/۵ هزار هکتار بوده که این میزان برابر با ۹/۱ درصد از کل سطح زیرکشت محصولات باغی کشور است. همچنین، رتبه اول میزان تولید از بین محصولات باغی کشور مربوط به محصول سیب درختی با تولید حدود ۳/۴۸ میلیون تن و سهم ۱۸ درصد از کل میزان تولید محصولات باغی سال ۱۳۹۴ در کشور است (Agriculture Statistics, 2015). شهرستان دماوند با میزان تولید بیش از ۲۲۳ هزار تن سیب درختی دارای رتبه نخست در بین شهرهای استان تهران می‌باشد و یکی از قطب‌های تولید سیب درختی در کشور هم محسوب می‌شود (Iranian Agricultural Organization site, Tehran Province, 2015). در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در خصوص سیب عوامل خطر تحت پوشش بیمه، تگرگ، سیل، سرما و یخبندان، طوفان، برف سنگین، بارانهای بی موقع و مداوم و زلزله بوده است. حدود ۷۰ درصد از باغات بیمه شده استان تهران مربوط به اراضی باغی شهرستان دماوند بوده است و بیمه باغات این شهرستان در استان تهران، رتبه نخست را داشته است که عمدتاً مربوط به سیب درختی است. در استان تهران و به خصوص شهرستان دماوند، سرمایه‌گذاری مهم‌ترین عامل خسارت برای محصول سیب است؛ به گونه‌ای که ۷۰ درصد از کل خسارات وارده ناشی از سرما و یخبندان می‌باشد. بنابراین، می‌توان ادعا کرد که بیشتر خسارات وارده به سیب ناشی از شرایط آب و هوایی است. در حالی که در بیمه فعلی علاوه بر شرایط آب و هوایی، خشکسالی و زلزله را نیز شامل می‌شود و خشکسالی در منطقه کوهستانی دماوند ضرورتی ندارد. با در نظر گرفتن بیمه شاخص آب و هوایی و این روش اجرایی طرح بیمه تخصصی‌تر شده و بر مهم‌ترین عامل خسارت تمرکز می‌کند (Iranian Agricultural Organization Site, Damavand County, 2015).

با توجه به مزایا و منافع بیمه شاخص محور و حرکت جهانی به سمت این نوع بیمه، انتظار می‌رود که صندوق بیمه محصولات کشاورزی در آینده‌ای نه چندان دور در این مسیر حرکت کند. به‌همین منظور، در این مطالعه

تابع مفصل نیز باید این ویژگی را داشته باشد. با توجه به آنچه که بیان شد، تابع مفصل یک تابع ریاضی گراند است که n تابع توزیع حاشیه‌ای (منفرد) را به هم متصل می‌کند تا یک تابع توزیع توأم را ایجاد کند. ویژگی منحصر به فرد مفصل که باعث انعطاف آن نسبت به سایر توابع توزیع توأم می‌شود، امکان اختیار توزیع حاشیه‌ای از هر خانواده اختیاری می‌باشد (Chen et al. 2013). فرض کنید H یک تابع توزیع توأم با n تابع حاشیه‌ای یکنواخت $F_i(x_i) = u_i$ باشد، در این حالت، یک تابع مفصل C برای همه $x_i \in \bar{R}$ به صورت رابطه (۱) وجود دارد (Larsen et al. 2008):

$$I(x_1, \dots, x_n) = C(F_1(x_1), \dots, F_n(x_n)) = C(u_1, \dots, u_n) \quad (1)$$

با تابع مولد $\varphi(u) = -\ln(u)^\theta$ و مفصل جو با تابع مولد $\varphi(u) = -\ln(1 - (1-u)^\theta)$ هستند که در این توابع θ پارامتر وابستگی است و در انواع مختلف مفصل‌ها دامنه متفاوتی دارد (Fisher, 2002).

تخمین پارامتر مفصل: به‌طور معمول فقط یک مشاهده از عملکرد محصولات کشاورزی در طول سال باغی یا تقویم زراعی ثبت می‌شود. این امر تعداد مشاهدات سری زمانی عملکرد را کاهش می‌دهد و مانع کاربرد بعضی روش‌های معمول برآورد مانند حدکثر درست‌نمایی می‌گردد؛ چرا که تخمین پارامتر مفصل با این روش‌ها نیازمند تعداد کافی از مشاهدات برای اطمینان در تبیین درست توزیع توأم و وابستگی دمی است. در چنین مواردی برای بهبود کارایی تخمین، *Bokushева (2010)* توصیه کرد که روش بیزین به‌کار گرفته شود. در روش بیزین پارامتر برآوردی θ ثابت نیست و ماهیتی تصادفی دارد. لذا، در این روش بر تخمین توزیع پارامتر به جای تخمین نقطه‌ای تمرکز می‌شود. توزیعی که برای پارامترها در نظر گرفته می‌شود توزیع پیشین $\pi(\theta)$ است که وابسته به داده‌های مشاهده شده نیست. توزیع پیشین با توجه به اطلاعات موجود در مشاهدات x مورد بازبینی قرار گرفته

رابطه مفصل به صورت $C(u_1, \dots, u_n) = 0$ برقرار باشد ۲. برای هر u_i و مقادیر $i=1, \dots, n$ رابطه $C(1, \dots, 1, u_i, 1, \dots, 1) = u_i$ صادق باشد. این دو ویژگی در اصطلاح ویژگی گراند^۱ بودن تابع توزیع توأم را تأمین می‌کنند. به‌عبارت ساده‌تر، از آنجایی که توابع توزیع حاشیه‌ای و توأم از جنس فراوانی نسبی هستند و تنها می‌توانند مقادیری در بازه $[0, 1]$ را اختیار کنند؛

1. Grounded

در تئوری تعداد بسیار زیادی خانواده مفصلی وجود دارد. ولی در یک تقسیم‌بندی کلی، این توابع به دو دسته ضمنی^۲ و توابع مفصل ارشمیدسی^۳ تقسیم می‌شوند. توابع مفصل ضمنی یا بیضوی (مانند مفصل گوسی (نرمال) و t استیودنت)، از فرم بسته و مشخصی برخوردارند و به‌طور مستقیم با معکوس کردن تئوری اسکالر به‌دست می‌آیند درحالی‌که توابع مفصل ارشمیدسی، دارای فرم بسته و مشخصی نیستند و به‌وسیله تابع مولد^۴ تولید می‌شوند (Brechmann & Schepsmeier, 2012). تابع مولد φ یک تابع پیوسته، محدب و اکیدا کاهشی از $[0, 1]$ تا $[0, \infty)$ است که $\varphi(1) = 0$ می‌باشد. φ^{-1} به عنوان وارون ساختگی تابع مولد است. توابع ارشمیدسی با تعریف یک تابع مولد مناسب به صورت رابطه (۲) قابل تبیین هستند.

$$c(u_1, \dots, u_n) = \varphi^{-1}\left(\sum_{i=1}^n \varphi(u_i)\right) \quad (2)$$

معروف‌ترین مفصل‌های ارشمیدسی شامل فرانک با تابع مولد $\varphi(u) = -\ln[(e^{-\theta u} - 1)/(e^{-\theta} - 1)]$ ، کلایتون با تابع مولد $\varphi(u) = (u^{-\theta} - 1)/\theta$ ، گامبل

2. Implicit
3. Archimedean
4. Generator

5. Prior distribution

نباشند، از الگوریتم‌هایی مانند متروپلیس-هستینگ^۳ برای نمونه‌گیری از توزیع‌های شرطی استفاده می‌شود (Akhond et al. 2010). الگوریتم متروپلیس-هستینگ، در واقع یک شبیه‌سازی از زنجیره مارکوف را با یک مکانیسم پذیرش / رد در پیش می‌گیرد. به عبارتی، این الگوریتم با در نظر گرفتن روش مونت کارلوی زنجیره مارکوف به‌عنوان یک قاعده یا شرط اقدام به نمونه‌گیری متوالی از توزیع شرطی کامل پارامترها می‌نماید. این الگوریتم با داشتن مشاهده $\theta^{(t)}$ و احتمال انتقال از وضعیت t به وضعیت $t+1$ ، مشاهده $\theta^{(t+1)}$ را تولید می‌کند. برای این منظور، به یک مقدار اولیه اختیاری $(\theta^{(0)})$ با توجه به دامنه پارامتر مفصل‌های مورد نظر با یک توزیع دلخواه $\Pi(0)$ که در اینجا با توجه به مطالعه Czado et al. (2014) توزیع نرمال در نظر گرفته شد و انتخاب هسته احتمال انتقالات $q(0|\theta)$ ، برای به‌دست آوردن سایر مشاهدات نیاز می‌باشد (Czado et al. 2014). برای تخمین بیزین پارامتر تابع مفصل، با مشتق‌گیری از رابطه (۱)، تابع چگالی احتمال توأم به-دست می‌آید که در رابطه (۵)، بیان شده است:

$$h(x_1, \dots, x_d) = c(F_1(x_1), \dots, F_n(x_n)) \prod_{i=1}^n f_i(x_i) \quad (5)$$

در رابطه (۵)، f و F به ترتیب تابع چگالی احتمال (p.d.f) و تابع توزیع تجمعی (c.d.f) توزیع‌های حاشیه‌ای و c چگالی مفصل می‌باشند. با در نظر گرفتن یک نمونه به اندازه N و طول T ، تابع درست‌نمایی به‌صورت رابطه (۶) قابل تبیین است:

$$L(x_1, \dots, x_n | \theta) = \prod_{i=1}^{N \times T} c(F_1(x_1 | \theta), \dots, F_n(x_n | \theta) | \theta) \cdot \prod_{i=1}^n f_i(x_i | \theta) \quad (6)$$

ساختار وابستگی و تابع توزیع توأم متغیرها به‌دست می‌آید. سپس، برای تعیین خسارت مورد انتظار عملکرد سیب در اثر شرایط نامساعد آب و هوایی، اقدام به شبیه‌سازی متغیر عملکرد با تابع توزیع توأم شرطی می‌شود. معیار معمول و مرسوم که در تولید مشاهدات

و توزیع جدیدی تحت عنوان توزیع پسین^۱ $(P(\theta) = p(\theta | x))$ به دست می‌آید. در روش بیزین به‌جای استفاده از تابع درست‌نمایی از توزیع پسین برای برآورد پارامتر استفاده می‌شود. در واقع توزیع پسین را می‌توان از طریق حاصلضرب تابع درست‌نمایی $L(\theta | x)$ و تابع چگالی پیشین $\pi(\theta)$ به‌صورت رابطه (۳) نمایش داد (Czado et al. 2014):

$$p(\theta | x) = \frac{L(\theta | x) \cdot \pi(\theta)}{f(x)} \propto L(\theta | x) \cdot \pi(\theta)$$

$$p(\theta | x) = cL(\theta | x) \cdot \pi(\theta) \quad (3)$$

به این ترتیب با در نظر گرفتن رابطه (۳) برآورد بیزی پارامتر مجهول θ به‌صورت رابطه (۴) است:

$$\hat{\theta}_B = \int \theta p(\theta | x) d\theta = \int \theta \pi(\theta) L(\theta | x) d\theta \quad (4)$$

محاسبه پارامتر از طریق رابطه (۴) ساده نیست. لذا، برای تقریب توزیع پسین پارامترها معمولاً از روش مونت کارلوی زنجیره مارکوف^۲ (MCMC) استفاده می‌شود. در این روش، با نمونه‌گیری متوالی از توزیع شرطی کامل پارامترها یک زنجیره مارکوف تشکیل می‌گردد. چنانچه همگرایی در پارامترها حاصل شود، آن‌ها را می‌توان به‌عنوان توزیع حاشیه‌ای پسین تلقی کرد و براساس آن پارامترهای مدل را برآورد نمود. در صورتی که توزیع‌های شرطی از نوع شناخته شده‌ای

1. Posterior distribution

2. Markov chain Monte Carlo

3. Metropolis Hastings

در نهایت، تابع توزیع پسین به‌صورت رابطه (۷) تعریف می‌شود (Bokusheva, 2010):

$$p(\theta | x_1, \dots, x_n) = L(x_1, \dots, x_n | \theta) \cdot \pi(\theta)$$

به این ترتیب، با تخمین و مقایسه انواع مختلف مفصل و انتخاب بهترین خانواده بر مبنای آماره AIC و BIC

محاسبه گردد. برای این منظور، با استفاده از تابع توزیع توأم عملکرد سیب و متغیرهای آب و هوایی، اقدام به شبیه‌سازی عملکرد سیب شده است. پیش‌بینی درباره مقدار عملکرد نیز همانند مطالعات *Pishbahar (2015)* و *salami (2008)* با استفاده از مدل ARIMA صورت گرفته است. با استفاده از مقادیر پیش‌بینی شده مقادیر بحرانی عملکرد محصول در دو سطح پوشش ۷۰ و ۱۰۰ درصد با توجه به سطوح بیمه فعلی به صورت رابطه (۹) خواهد بود (*Aziznasiri, 2011; Ofoghi et al. 2011*):

$$y_c = y_f \times COV \quad (9)$$

که در آن y_f مقدار عملکرد محصول پیش‌بینی شده و COV مقدار پوشش بیمه‌گر در دو سطح پوشش است. در نهایت، مشاهده‌های شبیه‌سازی شده عملکرد محصول با مقادیر بحرانی به دست آمده مقایسه می‌شود. پرداخت غرامت نیز، هنگامی صورت می‌گیرد که مقدار عملکرد سیب از مقدار بحرانی در نظر گرفته شده کمتر باشد. میزان خسارت نیز برابر با مابه‌التفاوت این دو مقدار است. مقدار مورد انتظار خسارت، برابر متوسط انحراف‌های اندازه‌گیری شده مقدار بحرانی عملکرد و مقادیر شبیه‌سازی شده به صورت $Ave[Max(y_c - y, 0)]$ به دست می‌آید. اگر P را قیمت از پیش تعیین شده توسط صندوق بیمه محصولات کشاورزی در نظر بگیریم، مقدار حق بیمه خالص به صورت رابطه (۱۰) محاسبه می‌شود:

$$P * Ave[Max(y_c - y, 0)] = \text{حق} \quad (10)$$

بیمه خالص

به منظور در نظر گرفتن عامل سربار^۲، حق بیمه واقعی را می‌توان به شکل رابطه (۱۱) محاسبه کرد (*Pishbahar et al. 2015*):

$$\text{حق بیمه واقعی} = \frac{\text{حق بیمه خالص}}{0.9} \quad (11)$$

تعیین تابع غرامت: به منظور تعیین تابع غرامت، لازم است در هر مرحله فنولوژیک (دوره رشد محصول)، تغییری که بیشترین همبستگی را با عملکرد سیب دارد، تعیین نمود. برای این منظور، از پارمتر توابع مفصل

تصادفی براساس تابع مفصل استفاده می‌شود، شبیه سازی مونت کارلو است. در این روش، به ازای $i=1, \dots, n$ مفصل رابطه (۸) تعریف می‌شود:

$$C_i = C(F_1, \dots, F_n, 1, 1, \dots, 1) \quad (8)$$

و در ادامه، مراحل زیر دنبال می‌شود:

۱. توزیع حاشیه‌ای F_1 با توابع یکنواخت $U(0,1)$ تولید می‌شود.

۲. توزیع حاشیه F_2 از مفصل شرطی $C_2(F_2 | F_1)$ تولید می‌شود.

۳. در نهایت توزیع F_n از $C_n(F_n | F_1, \dots, F_{n-1})$ تولید می‌گردد (*Nelson, 2006*).

نکته مهم در کار با تابع مفصل گراندند بودن^۱ این تابع است. به عبارتی، داده‌ها باید دامنه‌ای در بازه $[0,1]$ داشته باشند که معروف به داده مفصل هستند. لذا، در ابتدای کار برای تولید این مشاهدات می‌توان از تابع توزیع تجمعی تجربی متغیرهای مربوطه استفاده نمود. به این ترتیب، بعد از فرآیند شبیه‌سازی نیز داده‌های مفصل تولید می‌گردد که این داده‌های تصادفی شبیه‌سازی شده قابل فهم نیستند. برای برگرداندن آن‌ها به فرم استاندارد خود، می‌توان از وارون تابع توزیع تجمعی هر متغیر استفاده کرد. بنابراین، نیاز است تابع توزیع نظری که بیشترین انطباق را با تابع توزیع تجربی متغیر دارد با استفاده از آزمون‌های «کولموگروف-اسمیرنف»، «اندرسون-دارلینگ» و «خی دو» تعیین شود.

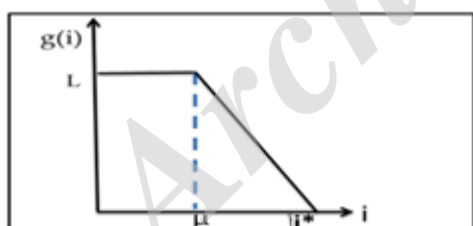
تعیین حق بیمه: هدف اصلی این مطالعه تعیین حق بیمه برای بیمه شاخص آب و هوایی سیب در شهرستان دماوند است. بنابراین، باید مقدار خسارت مورد انتظار در سال بعد برای افت عملکرد سیب

۱. یک تابع در صورتی گراندند است که حداقل مقدار آن در تابع توزیع حاشیه‌ای فقط صفر باشد و اگر یک توزیع حاشیه‌ای برابر صفر باشد، احتمال تابع توزیع توأم نیز صفر خواهد بود (*Flores, 2008*). به عبارت دیگر برای هر $i=1, 2, \dots, d$ اگر $u_i=0$ باشد $c(u_1, \dots, u_d)=0$ است (*Larsen et al. 2008*).

براساس ایستگاه‌های هواشناسی کمتر از مقدار آستانه i^* باشد. L ، حداکثر تعهد بیمه‌گر است و وقتی پرداخت می‌شود که مقدار متغیر مشاهده شده، کمتر از مقدار حد μ باشد و γ نیز سهم اثرگذاری متغیر آب و هوایی بر عملکرد سیب است که از تقسیم ضریب همبستگی تاو کندال آن متغیر با عملکرد، بر مجموع ضریب همبستگی کل متغیرها با عملکرد به دست می‌آید. به-طور مشابه تابع غرامت در شرایط افزایش متغیر آب و هوایی به صورت رابطه (۱۳) است:

$$g(i) = \begin{cases} \gamma L, & (\text{if } i > \mu) \\ \gamma L \frac{i - i^*}{\mu - i^*}, & (\text{if } i^* < i < \mu) \\ 0, & (\text{if } i < i^*) \end{cases} \quad (13)$$

از این رابطه می‌توان دریافت که غرامت زمانی پرداخت می‌گردد که مقدار مشاهده شده متغیر آب و هوایی (i)، بیشتر از مقدار آستانه i^* باشد. پرداخت حداکثر تعهد بیمه‌گر وقتی صورت می‌گیرد که مقدار متغیر مشاهده شده، بیشتر از مقدار حد μ باشد (Ofoghi et al. 2011).

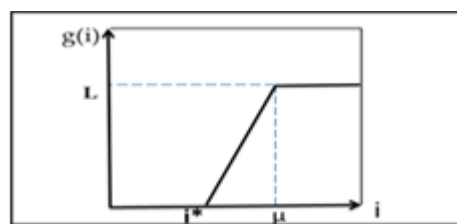


۲- تابع غرامت در حالت کاهش متغیر آب و هوایی

می‌توان استفاده کرد. سپس، مقدار آستانه پرداخت غرامت و مقدار حد یا بیشترین میزان خسارت برای هر متغیر تعیین می‌شود. بسته به متغیر آب و هوایی انتخاب شده در هر مرحله فنولوژیک، تابع $g(i)$ یا تابع غرامت شکل متفاوتی خواهد داشت. در صورتی که کاهش متغیر آب و هوایی اثرهای منفی بر رشد محصول داشته باشد، شکل کاهشی تابع غرامت انتخاب می‌شود و در زمان کاهش متغیر آب و هوا نسبت به مقدار آستانه، پرداخت غرامت صورت می‌گیرد. در حالی که در دسته دیگری از متغیرها پرداخت غرامت در زمان افزایش متغیر آب و هوا نسبت به مقدار آستانه انجام می‌شود. البته علاوه بر نوع متغیر، انتخاب نوع روش به مراحل فنولوژیکی محصول نیز بستگی دارد. تابع غرامت در شرایط کاهش متغیر آب و هوایی به صورت رابطه (۱۲) تعریف می‌شود:

$$g(i) = \begin{cases} \gamma L, & (\text{if } i < \mu) \\ \gamma L \frac{i^* - i}{i^* - \mu}, & (\text{if } \mu < i < i^*) \\ 0, & (\text{if } i > i^*) \end{cases} \quad (12)$$

بر اساس رابطه (۱۲)، پرداخت غرامت زمانی صورت می‌گیرد که مقدار مشاهده شده متغیر آب و هوا (i)،



۱- تابع غرامت در حالت افزایش متغیر آب و هوایی

نمودار ۱- توابع غرامت

میوه و «حداکثر سرعت باد» برای دوره رسیدن است. در تعیین حق بیمه و خسارت مورد انتظار، میانگین وزنی متغیرها در پنج دوره با توجه به (Bokusheva 2010) به صورت رابطه (۱۴) در نظر گرفته شد:

متغیرهای آب و هوایی استفاده شده در این تحقیق شامل «میانگین دمای هوا»، «بارش تجمعی» و «میانگین رطوبت نسبی» برای پنج دوره فنولوژیک خواب، جوانه زدن، شکوفه دادن، رشد میوه و رسیدن

$$T = w_1 T_1 + w_2 T_2 + w_3 T_3 + w_4 T_4 + w_5 T_5$$

$$CRI = w_1 CRI_1 + w_2 CRI_2 + w_3 CRI_3 + w_4 CRI_4 + w_5 CRI_5 \quad (14)$$

$$RH = w_1 RH_1 + w_2 RH_2 + w_3 RH_3 + w_4 RH_4 + w_5 RH_5$$

نسبی در مراحل مختلف فنولوژیک برابر ۴۵/۵۹ درصد است. سرعت باد در مرحله رسیدن میوه اهمیت دارد و زیاد بودن آن باعث ایجاد لکه بر روی سیب و کاهش کیفیت آن می‌شود؛ متوسط سرعت باد در مرحله رسیدن میوه ۱۲/۰۳ گره است که بیشترین مقدار آن برابر ۱۸ گره و کمترین آن برابر ۸ گره به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۶۹ و ۱۳۹۰-۱۳۸۹ است.

برای بررسی ساختار وابستگی متغیرهای آب و هوایی و عملکرد سیب، تابع توزیع توأم آن‌ها با استفاده از انواع مختلف توابع مفصل بیضوی و ارشمیدی برآورد شد. نتایج مربوط به انتخاب توابع مفصل در جدول (۱) ارائه شده است. لازم به ذکر است، با توجه به اینکه درجه آزادی مفصل t استیودنت بزرگتر از مقدار ۳۰ می‌باشد، به جای آن از مفصل گوسی استفاده شد.

جدول ۱- نتایج مربوط به انتخاب توابع مفصل برای عملکرد سیب و متغیرهای آب و هوایی در شهرستان دماوند

BIC	AIC	مفصل
-۱۵۰/۶۸	-۱۵۷/۸۹	گوسی
-۱۸۳/۲۸	-۱۹۰/۴۹	فرانک
-۱۸۳/۱۴	-۱۹۰/۳۵	کلایتون
-۱۴۰/۶۷	-۱۴۷/۸۷	گامبل
-۱۲۴/۹۳	-۱۳۲/۱۴	جو

ماخذ: نتایج تحقیق

با توجه به نتایج جدول (۱)، مفصل جو در مقایسه با سایر انواع مفصل‌ها، آماره AIC و BIC کمتری دارد. لذا، می‌توان بیان کرد، این مفصل برای تبیین ساختار وابستگی بهتر از بقیه مفصل‌ها عمل می‌کند. از آنجایی که مفصل جو ساختار وابسته قوی در دم راست یا بالا دارد ولی ساختار وابسته به نسبت ضعیفی در دم چپ یا پایین را نشان می‌دهد، می‌توان بیان نمود که عملکرد سیب، واکنش بیشتری به مقادیر بزرگ متغیرهای آب و هوایی نسبت به مقادیر کوچکتر آن، از خود نشان می‌دهد. این یافته منطبق بر یافته‌های

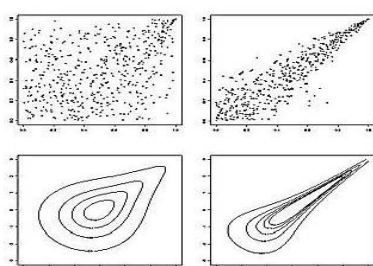
در رابطه بالا T میانگین دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)، CRI بارش تجمعی (میلی‌متر) و RH میانگین رطوبت نسبی (درصد) می‌باشد. w_i نشان‌دهنده وزن اثرگذاری هر یک از متغیرهای آب و هوایی بر عملکرد سیب (Y) در مراحل مختلف رشد در شهرستان دماوند می‌باشند که برای محاسبه آن‌ها از ضرایب استاندارد رگرسیون (تخمین عملکرد سیب با توجه به متغیرهای آب و هوایی طی دوره‌های پنج‌گانه فنولوژیکی) استفاده خواهد شد. در کنار متغیرهای آب و هوایی (دما، بارش، رطوبت و حداکثر سرعت باد) عملکرد سیب نیز در شهرستان دماوند در نظر گرفته شد که در سال‌های ۱۳۶۶-۱۳۹۵ از مدیریت جهادکشاورزی و ایستگاه هواشناسی شهرستان دماوند جمع‌آوری گردید.

نتایج و بحث

متوسط عملکرد سیب در شهرستان دماوند در ده سال گذشته ۳۰/۸ تن در هکتار بوده که کمترین میزان آن ۲۳/۲ تن و بیشترین میزان ۳۷ تن بوده است. حداقل دما مربوط به دوره خواب درخت می‌باشد که به‌طور متوسط در این دوره برابر ۸/۶۲- درجه سانتی‌گراد و حداکثر دما مربوط به مرحله رشد میوه بود و به‌طور متوسط برابر ۳۳/۹۸ درجه است. میانگین دمای منطقه در طول دوره، ۱۲/۹۸ درجه سانتی‌گراد بود و بدین ترتیب، شهرستان دماوند که از نظر دمایی در اقلیم سرد و کوهستانی طبقه‌بندی می‌شود. متوسط بارش تجمعی طی دوره تولیدی در سال‌های مورد بررسی (۹۵-۱۳۶۶) در طول مراحل فنولوژیک (مراحل رشد سیب که شامل خواب جوانه، جوانه زدن، شکوفه دادن، رشد میوه و رسیدن میوه می‌باشد) ۳۳۱/۷۹ میلی‌متر بود که متوسط بیشترین میزان ریزش جوی مربوط به مرحله خواب و برابر با ۱۶۸/۴۶ میلی‌متر و کمترین میزان آن مربوط به مرحله رسیدن و مصادف با اواخر تابستان و مهرماه است که به‌طور میانگین برابر ۱۱/۳۸ میلی‌متر می‌باشد. از نظر رطوبت نسبی منطقه متعادل بوده و متوسط رطوبت

(2014)، برای بررسی توزیع پسین پارامترها از یک توزیع نرمال به عنوان توزیع پیشین استفاده شده است. نتایج مربوط به برآورد میانگین توزیع پسین پارامتر مفصل جو و نمودار مربوط به توزیع پسین پارامتر آن به ترتیب در جدول (۲)، و نمودار (۳)، گزارش شده است. پارامتر برآوردی معنی‌دار بوده و نشان دهنده عدم استقلال متغیرهای آب و هوایی و عملکرد می‌باشد.

Joe copula
(left $\tau = .25$, right: $\tau = .75$)
upper tail dependent



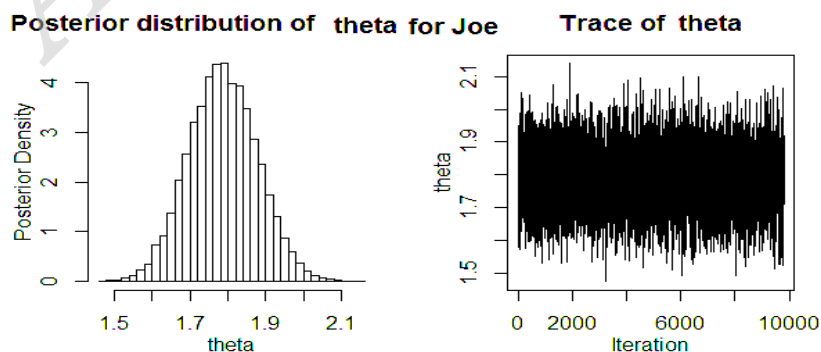
نمودار ۲- نمودار مفصل جو با وابستگی دمی بالا یا راست

(2008) Zhu et al.، (2006) Karuaihe et al.، (2011) Goodwin و (2010) Bokusheva آن‌ها بیان کردند، تا زمانی که متغیرهای آب و هوایی در سطح نرمال منطقه باشند هیچ تنش و نارسایی در رشد محصول ایجاد نمی‌کنند، ولی تغییرات افراطی در مقادیر متغیرهای آب و هوایی هم در جهت مثبت و هم در جهت منفی باعث ایجاد تنش و یا حتی نابودی محصول می‌گردد، که در مطالعه حاضر دما و بارش در جهت منفی و رطوبت و حداکثر سرعت باد در جهت مثبت با توجه به مراحل مختلف فنولوژیک محصول باعث ضرر و ایجاد خسارت می‌شوند. همچنین، فرض توزیع متقارن و نرمال برای عملکرد سیب و متغیرهای آب و هوایی باعث برآورد نادرست نتایج می‌شود. لذا، از این مفصل برای تخمین تابع توزیع توأم و شبیه‌سازی عملکرد سیب با توجه به متغیرهای آب و هوایی استفاده شده است. همانگونه که اشاره شد، از روش بیزین برای برآورد پارامتر مفصل انتخاب شده یعنی مفصل جو استفاده شده است. در اینجا برای سادگی مطابق Czado et al.

جدول ۲- نتایج مربوط به برآورد بیزین پارامتر مفصل جو

وابستگی دمی (پایین، بالا)	فاصله اطمینان بیزین		متوسط توزیع پسین پارامتر مفصل جو (انحراف معیار)	متغیرها
	۹۵ درصد	۵ درصد		
(۰، ۰/۵۶۷)	۱/۹۶۵	۱/۶۱۳	۱/۷۸۷ (۰/۰۹۰)	عملکرد سیب و متغیرهای آب و هوایی (دما، بارش، رطوبت و حداکثر سرعت باد)

ماخذ: نتایج تحقیق



نمودار ۳- نمودار توزیع پسین پارامتر مفصل جو

شبیه‌سازی شده در بازه بسته [0,1] قرار دارند و موسوم به داده‌های مفصل هستند. لذا، به‌منظور برگرداندن آن‌ها به صورت داده‌های استاندارد، از وارون تابع توزیع تجمعی هر یک از متغیرهای مربوطه استفاده شده است. به‌منظور تعیین توزیع مناسب از آماره‌های کولموگروف-اسمیرنف، اندرسون-دارلینگ و خی-دو استفاده شد. برای این منظور نرم‌افزار EasyFit5.50 به‌کار گرفته شده و توزیع‌های مشهور مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج مربوط به انتخاب توزیع مناسب برای متغیر عملکرد سیب در جدول (۳) گزارش شده است. با توجه به نتایج جدول (۳)، عملکرد سیب از توزیع ویکبای با پارامتر موقعیت $\xi = 8.72$ ، پارامترهای مقیاس $\alpha = 18.59$ و $\beta = 0.52$ و پارامترهای شکل $\gamma = 0$ و $\delta = 0$ تبعیت می‌کند.

از پارامتر برآوردی به روش بیزین به‌منظور محاسبه پارامتر وابستگی استفاده می‌شود. همانگونه که نتایج جدول (۲) نشان می‌دهد، کاپیولای جو در دم بالا یا راست وابستگی قوی دارد. وابستگی دمی در واقع همبستگی بین متغیرها را در دم‌های توزیع بررسی می‌کند. به‌عبارتی، در مورد متغیر عملکرد و متغیرهای آب و هوایی بیان می‌کند که حد احتمال اینکه هم متغیرهای آب و هوایی و هم عملکرد، هر دو به طور همزمان به بیشترین مقدار خود حرکت کنند؛ برابر $56/7$ درصد است.

با در نظر گرفتن تابع مفصل جو به عنوان تابع توزیع توأم، اقدام به شبیه‌سازی به تعداد مناسب مشاهده تصادفی برای متغیر عملکرد سیب براساس متغیرهای آب و هوایی شده است. همانگونه که بیان شد، داده‌های

جدول ۳- نتایج مربوط به انتخاب توزیع حاشیه ای مناسب برای عملکرد سیب در شهرستان دماوند

توزیع	کولموگروف-اسمیرنف	اندرسون-دارلینگ	خی دو
آماره	۰/۰۸۹	۰/۳۷۴	۰/۹۹۳
p-value	۰/۹۵۷	-	۰/۸۰۱
مقدار بحرانی در سطح احتمال ۵ درصد	۰/۲۴۱	۲/۵۰۱	۷/۸۱

ماخذ: نتایج تحقیق

که فرآیند $ARIMA(0,1,2)$ سری زمانی عملکرد سیب را بهتر از بقیه فرآیندها توضیح می‌دهد. بنابراین، مقدار پیش‌بینی شده عملکرد سیب در شهرستان دماوند در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ برابر $29/24$ تن در هکتار به-دست آمد.

نتایج مربوط به آزمون ایستایی با استفاده از آماره دیکی فولر تعمیم یافته (ADF) و مقدار پیش‌بینی شده عملکرد سیب برای سال آتی در شهرستان دماوند، در جدول (۴) گزارش شده است. نتایج آزمون ایستایی، حاکی از ایستا بودن متغیر عملکرد در تفاضل مرتبه اول می‌باشد. براساس آماره‌های AIC و BIC نیز مشخص شد

جدول ۴- نتایج مربوط به آزمون ایستایی و پیش‌بینی عملکرد سیب

آماره آزمون ADF	AIC	BIC
مقدار بحرانی در سطح احتمال ۱ درصد	۱۸۰/۸۵	۱۸۶/۴۶
مقدار بحرانی در سطح احتمال ۵ درصد	مدل مناسب	مقدار پیش‌بینی شده
مقدار بحرانی در سطح احتمال ۱۰ درصد	$ARIMA(0,1,2)$	$29/243$ تن در هکتار

ماخذ: نتایج تحقیق

جدول ۶- مقادیر کل حق بیمه در طرح فعلی بیمه سبب درختی

سال زراعی	۱۳۹۳-۹۴	۱۳۹۴-۹۵	۱۳۹۵-۹۶
حق بیمه فعلی (هزار ریال)	۳۹۱۷۰	۲۷۷۰۰	۱۳۹۰۰

ماخذ: صندوق بیمه کشاورزی، ۱۳۹۵

با توجه به نتایج به دست آمده در جداول (۵) و (۶) حق بیمه محاسبه شده در طرح بیمه شاخص آب و هوایی (به مبلغ ۳۶۳۴۸/۹۱ هزار ریال) کمتر از طرح فعلی در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۴ در سطح پوشش ۱۰۰ درصد (به مبلغ ۳۹۱۷۰ هزار ریال) می باشد. همچنین، حق بیمه در طرح بیمه شاخص آب و هوایی بیشتر از طرح فعلی در سال های ۱۳۹۴-۱۳۹۵ و ۱۳۹۵-۱۳۹۶ (به ترتیب به مبالغ ۲۷۷۰۰ و ۱۳۹۰۰ هزار ریال) می باشد و می توان نکات زیر را در نظر گرفت. در این طرح، حق بیمه بر مبنای هزینه تولید در نظر گرفته می شود، اما در طرح بیمه شاخص آب و هوایی حق بیمه با توجه به ارزش تولید، عملکرد محصول و خسارت مورد انتظار محصول در اثر شرایط نامساعد جوی محاسبه می شود. همچنین، در طرح فعلی بیمه سبب، متغیرهای آب و هوایی در نظر گرفته نمی شوند.

نتایج مربوط به برآورد پارامتر مفصل برای متغیر عملکرد و متغیرهای آب و هوایی در جدول (۷) گزارش شده است. از آنجاکه مفاصل کلایتون، گامبل و جو نمی توانند وابستگی منفی را اندازه بگیرند، مقادیر این پارامترها در بعضی مراحل قابل محاسبه نیست.^۱

۱. با توجه به اینکه دامنه پارامترهای مفاصل کلایتون، گامبل و جو مثبت می باشد، لذا نمی توان از این مفاصل برای اندازه گیری یک ساختار وابستگی منفی استفاده نمود (Brechmann &

Schepsmeier, 2012).

با پیش بینی عملکرد سبب و در نظر گرفتن رابطه (۱۳) مقدار بحرانی عملکرد در دو سطح پوشش ۱۰۰ و ۷۰ درصد محاسبه و با مقایسه این مقدار با تعداد مناسب مقدار شبیه سازی شده عملکرد، مقدار خسارت مورد انتظار محاسبه شده است. در این مطالعه قیمت سبب برابر با قیمت اعلامی صندوق بیمه کشاورزی برای سبب در محاسبه حق بیمه، ۳۵۰۰ ریال در نظر گرفته شده است. به این ترتیب، میزان حق بیمه در دو سطح پوشش ۷۰ و ۱۰۰ درصد برای سبب به دست آمد که نتایج آن در جدول (۵) گزارش شده است. خسارت مورد انتظار در اثر شرایط آب و هوایی نامساعد در سطح پوشش ۱۰۰ درصد حدود ۹/۳۵ تن در هکتار است. با توجه به اینکه کل اراضی سبب در شهرستان دماوند ۶۸۷۵ هکتار می باشد، برای کل منطقه می توان خسارتی به اندازه ۶۴۲۸۱/۲۵ تن را انتظار داشت.

جدول ۵- مقادیر حق بیمه محاسبه شده در طرح بیمه شاخص آب و هوایی برای سبب درختی

سطح پوشش	مقادیر بحرانی (تن)	خسارت مورد انتظار (تن)	حق بیمه عادلانه (هزار ریال)	حق بیمه واقعی (هزار ریال)
۱۰۰	۲۹/۲۴۳	۹/۳۴۶	۳۲۷۱۴/۰۲	۳۶۳۴۸/۹۱
۷۰	۲۰/۴۷۰	۳/۳۸۶	۱۱۸۵۱/۷۹	۱۳۱۶۸/۶۵

ماخذ: نتایج تحقیق

جدول (۶) مقادیر حق بیمه از سال باغی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵-۱۳۹۶ را در سطح پوشش ۱۰۰ درصد برای طرح فعلی بیمه سبب نشان می دهد. با توجه به جدول (۶) مشخص است که حق بیمه سبب در طرح فعلی صندوق بیمه کشاورزی به صورت بخشنامه ای و اداری می باشد، به طوری که طی سال های ذکر شده روند شدید کاهش داشته است.

جدول ۷- برآورد پارامتر توابع مفصل برای متغیر عملکرد و متغیرهای آب و هوایی

پارامتر جو	پارامتر فرانک	پارامتر گامبل	پارامتر کلايتون	پارامتر گوسی	متغیرهای عملکرد و	مراحل فنولوژیک
-	-۲/۰۹۲	-	-	-۰/۳۴۳	دما	
۱/۵۶	۲/۶۲۴	۱/۳۷۶	۰/۷۵۳	۰/۴۱۶	بارش تجمعی	خواب
-	-۰/۶۰۲	-	-	-۰/۱۰۴	رطوبت نسبی	
۱/۶۲	۲/۸۲۶	۱/۴۱۲	۰/۸۲۴	۰/۴۴۲	دما	جوانه زدن
-	-۰/۷۷۰	-	-	-۰/۱۳۳	بارش تجمعی	(شکفتن جوانه)
-	-۲/۶۷۴	-	-	-۰/۴۲۳	رطوبت نسبی	
۱/۹۴	۳/۴۱۷	۱/۵۲۰	۱/۰۴۱	۰/۵۱۲	دما	
-	-۱/۳۶۹	-	-	-۰/۲۳۲	بارش تجمعی	شکوفه دادن
-	-۳/۴۱۷	-	-	-۰/۵۱۲	رطوبت نسبی	
۳/۱۲	۵/۲۳۷	۱/۸۹۱	۱/۷۸۲	۰/۶۷۴	دما	
۱/۱۳	۰/۵۶۰	۱/۰۶۶	۰/۱۳۲	۰/۰۹۷	بارش تجمعی	رشد میوه
-	-۱/۸۵۸	-	-	-۰/۳۰۸	رطوبت نسبی	
-	-۰/۶۳۷	-	-	-۰/۱۱۰	دما	
-	-۰/۶۲۸	-	-	-۰/۱۰۸	بارش تجمعی	
-	-۱/۶۳۴	-	-	-۰/۲۷۴	رطوبت نسبی	رسیدن میوه
-	-۵/۱۳۲	-	-	-۰/۶۶۷	سرعت باد حداکثر	

ماخذ: نتایج تحقیق

متغیر مربوطه در این دوره زمانی است. افزایش رطوبت نسبی هوا در مرحله شکوفه‌دادن باعث اختلال در لقاح و گرده‌افشانی و افزایش سرعت باد حداکثر در مرحله رسیدن میوه باعث لکه می‌گردند. بنابراین، افزایش این دو متغیر تاثیر منفی بر عملکرد محصول سیب می‌گذارند. لذا، برای این دو متغیر افزایش متغیر آب و هوا در طراحی تابع غرامت استفاده شده است و مقادیر میانگین متغیر با توجه به اطلاعات گذشته آب و هوایی مقدار آستانه و مقدار حداکثر آن مقدار حد است. نتایج مربوط به مقادیر آستانه و حد در جدول (۸) گزارش شده است.

جدول ۸- مقادیر آستانه و حد متغیرهای آب و هوایی در مراحل مختلف فنولوژیک

حد	آستانه	متغیر
۶۸/۵۷	۱۶۸/۴۷	بارش تجمعی در مرحله خواب
-۱۱/۵	-۲	دما در مرحله جوانه زدن
-۲	۳/۰۳۴	دما در مرحله شکوفه دادن
۶۸/۶۶	۴۳/۶۵	رطوبت نسبی در مرحله شکوفه دادن
۱	۵/۶۹	دما در مرحله رشد میوه
۱۸	۱۲/۰۳	سرعت باد حداکثر در مرحله رسیدن

ماخذ: نتایج تحقیق

همانگونه که نتایج جدول (۷) نشان می‌دهد پارامتر مفصل‌ها که نشان‌دهنده میزان وابستگی نیز است، در مرحله خواب برای متغیر بارش تجمعی، در مرحله جوانه زدن و رشد میوه برای متغیر دما، در مرحله شکوفه دادن برای متغیر دما و رطوبت نسبی و در مرحله رسیدن برای سرعت باد حداکثر، بیشترین مقدار را دارند. در نتیجه، این متغیرها به‌عنوان متغیر مورد نظر در مراحل مختلف فنولوژیک برای طراحی تابع غرامت مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

در ادامه، لازم است مقادیر آستانه و حد برای متغیرهای فوق‌الذکر محاسبه شوند. برای این منظور با توجه به مطالعه *Ofoghi et al. (2011)*، کاهش متغیر بارش تجمعی در مرحله خواب جوانه، باعث کاهش ذخیره آب در خاک می‌شود و کاهش دما در مراحل جوانه زدن (شکفتن جوانه)، شکوفه دادن و رشد میوه استرس سرمایی ایجاد می‌کند. لذا، کاهش این دو متغیر تاثیر منفی بر عملکرد محصول سیب در دوره‌های ذکر شده دارند. در نتیجه، برای این دو متغیر، کاهش شاخص آب و هوا در طراحی تابع غرامت استفاده شده است. به‌عبارت دیگر، مقادیر آستانه، میانگین مقدار متغیر مربوطه طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۶۶ در مراحل مختلف فنولوژیک می‌باشد و مقدار حد نیز حداقل مقدار

آنجایی که این نوع بیمه جدید می‌باشد و در حال حاضر در کشور اجرا نمی‌شود، بنابراین در این پژوهش حداکثر تعهد بیمه‌گر از حاصلضرب قیمت صندوق بیمه کشاورزی ۳۵۰۰ ریال در مقادیر بحرانی عملکرد سیب به دست آمد که نتایج آن در جدول (۹) ارائه شده است. پرداخت غرامت براساس سهم اثرگذاری متغیر آب و هوایی بر عملکرد سیب، صورت می‌گیرد. برای تعیین سهم اثرگذاری متغیرها از تقسیم قدر مطلق ضریب همبستگی تاو کندال آن متغیر با عملکرد بر مجموع قدر مطلق ضریب همبستگی متغیرها با عملکرد در هر مرحله فنولوژیک استفاده شد که نتایج مربوط به آن در جدول (۱۰) ارائه شده است.

به منظور تبیین نحوه پرداخت غرامت، حداکثر تعهد بیمه‌گر محاسبه شد. در عمل حداکثر تعهد بیمه‌گر، بستگی به موارد مختلفی نظیر تجربه‌های گذشته و سیاست بیمه‌گران دارد و به صورت بخشی از هزینه‌های تولید یا ارزش تولید از سوی بیمه‌گر تعیین می‌گردد. از

جدول ۹- مقادیر حداکثر تعهد بیمه‌گر

سطح پوشش	مقادیر بحرانی عملکرد (تن در هکتار)	حداکثر تعهد بیمه‌گر (هزار ریال)
۱۰۰	۲۹/۲۴	۱۰۲۳۴۰
۷۰	۲۰/۴۷	۷۱۶۴۵

ماخذ: نتایج تحقیق

جدول ۱۰- سهم اثرگذاری متغیرهای آب و هوایی بر عملکرد سیب

مراحل فنولوژیک	متغیرهای عملکرد و ضریب همبستگی تاو کندال	سهم اثرگذاری
خواب	دما	۰/۲۲۳
	بارش تجمعی	۰/۴۸۵
	رطوبت نسبی	۰/۱۱۹
جوانه زدن	دما	۰/۲۹۱
	بارش تجمعی	۰/۰۸۵
	رطوبت نسبی	۰/۲۷۸
شکوفه دادن	دما	۰/۳۴۲
	بارش تجمعی	۰/۱۴۹
	رطوبت نسبی	۰/۳۴۲
رشد میوه	دما	۰/۴۷۱
	بارش تجمعی	۰/۰۶۲
	رطوبت نسبی	۰/۱۹۹
رسیدن میوه	دما	۰/۰۹۱
	بارش تجمعی	۰/۰۸۸
	رطوبت نسبی	۰/۲۷۷
	سرعت باد حداکثر	۰/۵۹۴

ماخذ: نتایج تحقیق

استفاده گردیده است. برای بقیه مراحل، تابع کاهش شاخص آب و هوا طراحی شده است. برای نمونه در سطح پوشش ۱۰۰ درصد بایستی باغدار حق بیمه‌ای معادل ۳۶۳۴۸/۹۱ هزار ریال بپردازد. اگر در مرحله جوانه زدن محصول او دچار خسارت شود پرداخت غرامت سه حالت دارد:

با مشخص شدن سهم اثرگذاری و حداکثر تعهد بیمه‌گر نمودار تابع غرامت مربوط به هر مرحله فنولوژیک قابل استخراج می‌شود. نتایج مربوط به نمودار تابع غرامت در مراحل پنج‌گانه فنولوژیک در زیر ارائه گردیده است. با توجه به این نمودار به جز مرحله شکوفه دادن برای رطوبت نسبی و مرحله رسیدن میوه برای سرعت باد حداکثر که تابع افزایش شاخص آب و هوا

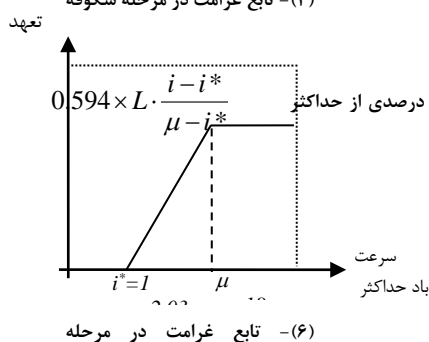
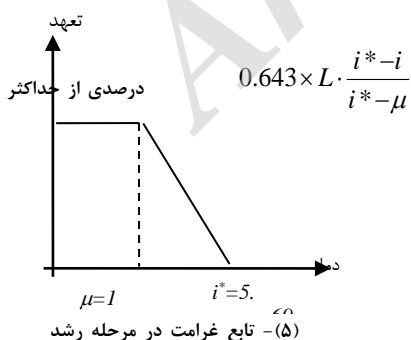
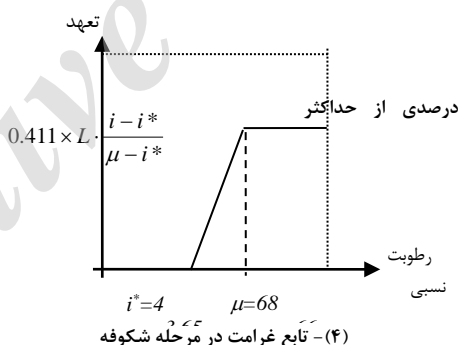
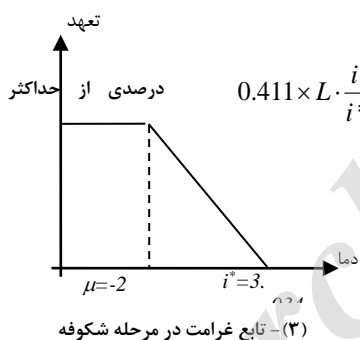
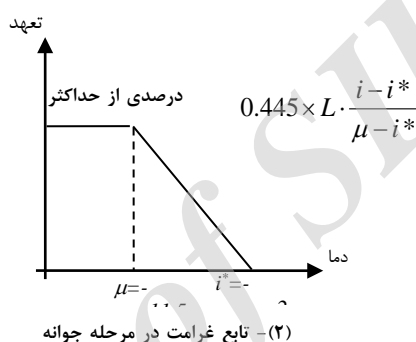
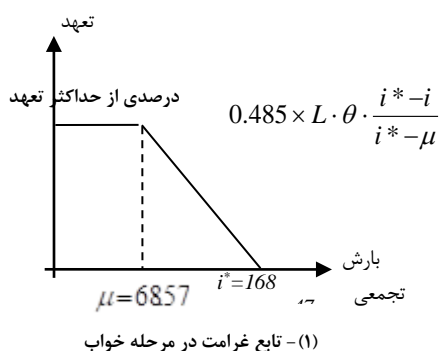
نمودار ۴- توابع غرامت سیب درختی شهرستان دماوند در مراحل مختلف فنولوژیک

اطلاعات جدول (۱۱)، نیز مقادیر مربوط به حداکثر غرامت پرداختی در مراحل مختلف فنولوژیک را نشان می‌دهد. همانگونه که ملاحظه می‌گردد، حداکثر غرامت پرداختی در مرحله خواب، جوانه زدن، شکوفه دادن، رشد میوه و رسیدن میوه در سطح پوشش ۱۰۰ درصد به ترتیب برابر با ۴۹۶۳۴/۹، ۴۵۵۴۱/۳، ۴۲۰۶۱/۷۴، ۶۵۸۰۴/۶۲ و ۶۰۷۸۹/۹۶ هزار ریال می‌باشد.

۱. اگر دما بیش از ۲- درجه سانتی‌گراد باشد به او غرامتی پرداخت نمی‌شود.

۲. اگر مقدار متغیر دما در بازه بین (۲- و -۱۱/۵-) باشد مقدار غرامت قابل پرداخت
$$\frac{-2-i}{-2-(-11.5)} \times 0.445 \times 102340 \times 0.445$$
 هزار ریال خواهد بود.

۳. اگر مقدار متغیر آب و هوایی بیش از مقدار حد (-۱۱/۵-) باشد حداکثر تعهد بیمه‌گر با توجه به سهم اثرگذاری یعنی 0.445×102340 معادل ۴۵۵۴۱/۳ هزار ریال پرداخت خواهد شد.



جدول ۱۱- مقادیر حداکثر تعهد بیمه‌گر (گرامت) در مراحل مختلف فنولوژیک

سطح پوشش ۷۰ درصد	سطح پوشش ۱۰۰ درصد	
۳۴۷۴۷/۸۳	۴۹۶۳۴/۹	حداکثر گرامت پرداختی در مرحله خواب (هزار ریال)
۳۱۸۸۲	۴۵۵۴۱/۳	حداکثر گرامت پرداختی در مرحله جوانه زدن (هزار ریال)
۲۹۴۴۶/۱	۴۲۰۶۱/۷۴	حداکثر گرامت پرداختی در مرحله شکوفه دادن (هزار ریال)
۴۶۰۶۷/۷۴	۶۵۸۰۴/۶۲	حداکثر گرامت پرداختی در مرحله رشد میوه (هزار ریال)
۴۲۵۵۷/۱۳	۶۰۷۸۹/۹۶	حداکثر گرامت پرداختی در مرحله رسیدن میوه (هزار ریال)

مأخذ: نتایج تحقیق

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

قابلیت سیستم بیمه شاخص آب و هوایی در رفع نارسایی‌های بیمه فعلی و کاهش چالش ناشی از اطلاعات نامتقارن باعث شده است که نظام بیمه در سطح جهانی به این سمت گرایش یابد. از طرفی با توجه به استفاده گسترده کشورهای پیشرفته و در حال توسعه از این سیستم بیمه‌ای و نتایج رضایت بخش آن انتظار می‌رود که صندوق بیمه محصولات کشاورزی در آینده در این مسیر گام بردارد. بنابراین، در این مقاله تلاش شد تا با معرفی روش انعطاف‌پذیری برای اندازه‌گیری ساختار وابستگی بین متغیرها در جهت محاسبه خسارت مورد انتظار و طراحی بیمه شاخص آب و هوایی سبب در شهرستان دماوند، گامی در راستای نیل به این مهم برداشته شود. تجربه جهانی نشان داده است که قابلیت کارایی این سیستم بیمه‌ای به انتخاب روش محاسبه خسارت بستگی دارد که در اکثر موارد انواع مختلف توابع مفصل برای بررسی ساختار وابستگی استفاده شده است. چرا که تابع مفصل با ایجاد امکان انتخاب توابع توزیع حاشیه‌ای از هر خانواده اختیاری که بیشترین تطابق را با متغیرها دارند، باعث افزایش دقت و انعطاف‌پذیری در اندازه‌گیری ساختار وابستگی و تبیین تابع توزیع توأم می‌شوند. در این پژوهش T برای شبیه‌سازی عملکرد و محاسبه خسارت ناشی از شرایط نامساعد جوی از انواع مختلف توابع مفصل در دو خانواده معروف بیضوی و ارشمیدسی استفاده شده است.

نتایج بررسی توابع مفصل مختلف نشان داد که بین عملکرد سبب در شهرستان دماوند و متغیرهای آب و هوایی یک ساختار وابسته مثبت قوی وجود دارد؛ به-طوری‌که مفصل جو در توضیح تابع توزیع توأم بین آن‌ها بهتر از سایر مفصل‌ها عمل می‌کند. وجود وابستگی در

دم بالا یا راست نشان‌دهنده تاثیرپذیری کرانه‌ای (افراطی) عملکرد از مقادیر متغیرهای آب و هوایی است. بنابراین، عملکرد سبب در مقادیر افراطی متغیرهای آب و هوایی نسبت به میانگین آن‌ها تاثیر بیشتری می‌گیرد. در این مطالعه، تخمین پارامتر تابع مفصل و وابستگی دمی بین متغیرهای آب و هوایی و عملکرد با استفاده از روش بیزین صورت گرفته است که همین امر از نوآوری‌های این مطالعه نسبت به مطالعات مشابه است. نتایج برآورد پارامتر مفصل جو به روش بیزین، نشان می‌دهد که متغیر عملکرد و متغیرهای آب و هوایی (دما، بارش، رطوبت و حداکثر سرعت باد) از یکدیگر مستقل نمی‌باشند و یک وابستگی قوی به صورت توأم بین متغیرهای آب و هوایی و عملکرد وجود دارد. بنابراین انتخاب این متغیرها برای طراحی این سیستم بیمه‌ای مناسب بوده و امکان استفاده از بیمه شاخص آب و هوایی در منطقه وجود دارد. همچنین، اندازه‌گیری پارامتر وابستگی دمی، وجود یک وابستگی در دم بالا را نشان می‌دهد و بیانگر این است که متغیرهای آب و هوایی و عملکرد همبستگی در دم بالا نسبت به میانگین و دم پایین داشته و وابستگی متقارنی ندارند.

میزان عملکرد سبب درختی برای سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در منطقه مورد مطالعه ۲۹/۲۴۳ تن در هکتار پیش‌بینی گردید. خسارت مورد انتظار در سطح پوشش ۱۰۰ درصد براساس توزیع ویکبای ۹/۳۴۶ تن در هکتار به‌دست آمد و می‌توان ادعا کرد که شرایط نامناسب آب و هوایی برای کل منطقه خسارتی به اندازه ۶۴۲۸۱/۲۵ تن را منجر می‌شود. با توجه به قیمت اعلامی صندوق بیمه کشاورزی برای سبب، حق بیمه شاخص آب و هوایی به مبلغ ۳۶۳۴۸/۹۱ هزار ریال محاسبه شد و کمتر از طرح فعلی در سال زراعی

شرایط آب و هوایی می‌توان خسارت کشاورز را محاسبه و در کمترین زمان و کمترین هزینه اجرایی و فساد و انحرافات در اختیار او قرار داد که این امر باعث رغبت بیشتر باغداران به این روش در مقایسه با روش فعلی دیگر می‌شود. این سیستم بیمه‌ای ممکن است ریسک پایه‌ای^۱ داشته باشد که برای کاهش آن قرارداد بیمه به جای طراحی در سطح منطقه بایستی در سطح فردی تنظیم شود؛ یعنی به مانند مطالعه *Bokusheva (2010)* در قزاقستان یک مطالعه چند ساله با تعبیه پایلوت در باغ‌های مختلف صورت گیرد و برای هر باغ یک دفترچه شرایط آب و هوایی و خسارت مورد انتظار در اثر شرایط مختلف آب و هوایی تهیه شود و اطلاعات پایلوت را بصورت همزمان به مراکز محاسبه خسارت در صندوق بیمه کشاورزی متصل کرد تا محاسبه خسارت واضحتر و پرداخت غرامت با سرعت بیشتری صورت گیرد. هر چند این امر شاید در ابتدا هزینه زیادی داشته باشد؛ ولی منافع بلندمدت آن در کاهش ریسک و هزینه‌های اداری اجرایی، افزایش عملکرد و بهره‌وری محصول قابل اغماض نیست. در کنار این مطالب برای اجرای کارآمد این سیستم در کشور بایستی تجربه کشورهای در حال توسعه و بانک جهانی مورد کنکاش و بررسی دقیق قرار گیرد و نمونه‌های کوچک آن در اقلیم‌های مختلف آب و هوایی کشور اجرا و موثرترین متغیرهای آب و هوایی در هر منطقه و برای هر محصول انتخاب گردد.

۱. ریسک پایه عبارت از عدم تطابق خسارت وارد شده و جبران خسارت پرداخت شده است. به عبارت دیگر، ممکن است زارعی دچار خسارت شود، اما جبران خسارتی به وی پرداخت نشود. یا برعکس، ممکن است زارعی دچار خسارت نشود اما به او غرامت پرداخت شود. در بیمه شاخص آب و هوایی، ریسک پایه می‌تواند به دلایل بسیاری به وجود آید که می‌توان به ریسک پایه تولید ناشی از تحت پوشش قرار نگرفتن ریسک‌های خارج از عوامل آب و هوایی همچون آفات و بیماری‌ها اشاره نمود. همچنین ریسک پایه طرح قرارداد بیمه از آنجا ناشی می‌شود که همبستگی ناکاملی بین شاخص آب و هوایی و فرایند تولید (عملکرد) وجود دارد و ریسک پایه جغرافیایی نیز با توجه به فقدان تراکم مناسب ایستگاه‌های هواشناسی به وجود می‌آید (*Rao, 2010*).

۱۳۹۳-۱۳۹۴ (به مبلغ ۳۹۱۷۰ هزار ریال) و بیشتر از طرح فعلی در سال‌های زارعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ و ۱۳۹۶-۱۳۹۵ (به ترتیب به مبالغ ۲۷۷۰۰ و ۱۳۹۰۰ هزار ریال) می‌باشد که دلیل اصلی آن را می‌توان در تفاوت ماهیتی دو نوع بیمه و حالت دستوری و اداری بودن طرح فعلی بیمه سبب دانست؛ به طوری که در این طرح بیمه مبنای تعیین حق بیمه، هزینه‌های تولید و در طرح بیمه شاخص آب و هوایی ارزش تولید، عملکرد محصول و خسارت مورد انتظار محصول در اثر شرایط نامساعد جوی است. با توجه به موارد ذکر شده، لزوماً کمتر بودن مقدار حق بیمه دلیل بر بهتر بودن نمی‌باشد. نتایج این مطالعه همسو با مطالعه *Aziznasiri et al. (2012)* است. بررسی تابع غرامت نیز نشان داد که متغیر دما در بیشتر مراحل فنولوژیک بیشترین همبستگی را با عملکرد سبب در شهرستان دماوند دارد؛ به طوری که کاهش دما در مراحل جوانه زدن، شکوفه دادن و رشد میوه تاثیر منفی بر عملکرد محصول سبب داشته است. بنابراین، سرما مهم‌ترین عامل خطری است که باعث بروز بیشترین سهم از خسارت وارده به محصول سبب شده است که با نتایج پژوهش *Salami & Nemati (2013)* منطبق است. همچنین، خبرگان و کارشناسان منطقه مورد مطالعه نیز از بین عوامل مختلف خسارت، سرما را مهم‌ترین عامل بروز خسارت برای محصول سبب دانسته‌اند.

طراحی و اجرای بیمه آب و هوایی می‌تواند یک ابزار مناسب مدیریت ریسک باشد و خسارت باغداران را در مقابل شرایط نامساعد آب و هوایی کاهش داده و به تثبیت درآمد آن‌ها منجر شود. از آنجایی که در این روش حق بیمه و غرامت براساس ساختار وابستگی خسارت مورد انتظار صورت می‌گیرد بایستی در شبیه‌سازی تابع توزیع توام، در حد امکان، همه شاخص‌های آب و هوایی موثر بر عملکرد محصول سبب را شناسایی و در نظر قرار داد، تا خسارت ارزیابی شده به واقعیت نزدیک باشد و نیاز به کاغذبازی در آن کم می‌شود. لذا، با طراحی یک سیستم منظم و تعبیه پایلوت در باغ برای اندازه‌گیری

REFERENCE

1. Afrasiabi, S., & Ghahremanzade, M., Dashti., G., & Hosseinzadeh, M. (2013). Factors affecting the participation of Wheat farmers in the proposed weather based index insurance in Ahar county. *Journal of Agricultural Knowledge and sustainable production*, 23(4), 71-84. (In Farsi).
2. Agricultural Insurance Fund. (2013). *Report on the performance of agricultural insurance fund during the recent years*. Management and Planning Services. (In Farsi).
3. Agriculture Statistics. (2015). *Agriculture Ministry*. Department of planning and economy, IT center. Volume 2, 1st edition. (In Farsi).
4. Akhond, M., Kazemnezhad, A., & Hajizadeh, A. (2010). Bayesian analysis of modeled competing risks data using survival copulas. *Journal of Basic Science*. Islamic Azad University, 2 (78), 9-20. (In Farsi).
5. Aziznasiri, S. (2011). *Weather-based crop insurance as a viable instrument for agricultural risk management in Iran*. Master of Science thesis, Allameh Tabatabai University, E.C.O. College of Insurance. (In Farsi).
6. Aziznasiri, S. (2012). Agricultural risk management using agricultural insurance based on weather indices. *News in the world of insurance*, 161, 34- 48. (In Farsi).
7. Aziznasiri, S., Kianirad, A., & Ofoghi, R. (2012). The Determination of Weather-Based Index Insurance Premium for Agricultural Products in Iran (Case Study of Wheat of Maragheh). *Eighth Bie. Conference of Agricultural Economic*, Shiraz. (In Farsi).
8. Bokusheva, R. (2010). *Measuring the dependence structure between yield and weather variables*. ETH Zurich, Institute for Environmental Decisions.
9. Brechmann, E. C., & Schepsmeier, U. (2012). Modeling dependence with C- and D-vine copulas: The R-package C-D vine. *To appear in the Journal of Statistical Software*, 52(3), 1-27.
10. Chen, S., Wilson, W. W., Larsen, R., & Dahl, B. (2013). *Investing in Agriculture as an Asset Class*. Department of Agribusiness and Applied Economics Agricultural Experiment Station North Dakota State University.
11. Conradt, S., Robert, F., & Bokusheva, R. (2015). Tailored to the extremes: Quantile regression for index-based insurance contract design. *Agricultural Economics*, 46, 1-11.
12. Czado, C., Brechmann, E. C., & Gruber, L. (2014). *Selection of Vine Copulas*. Technische Universitat Munchen.
13. Daron, J. D., & Stainforth, D. A. (2014). Assessing pricing assumptions for weather index insurance in a changing climate. *Climate Risk Management*, 1, 76-91.
14. Di Falco, S., Adinolfi, F., Bozzola, M., & Capotonia, F. (2014). Crop insurance as a strategy for adapting to climate change. *Journal of Agricultural Economics*, 65(2), 1-20.
15. Dourandish, A., & Nikoukar, A. (2008). *Comparative study of agriculture insurance policies in other countries*. Iran Agriculture Insurance Fund. (In Farsi).
16. Farzin, M., Torkamani, S., & Mousavi, N. (2012). The Role of income insurance on Darab Cotton Tiller's risk management. *Journal of Agricultural Economics Research*, 4(15), 143-168. (In Farsi).
17. Fischer, M. (2002). *Tailoring copula-based multivariate generalized hyperbolic secant distributions to financial return data: An empirical investigation*. Institute of Statistics and Econometrics University of Erlangen- Nurnberg, Lange Gasse 20, D-90403 Nurnberg, Germany.
18. Flores, A.Q. (2008). *Copula functions and bivariate distributions for survival analysis: An application to political survival*. Wilf Department of Politics New York University.
19. Goodwin, B.K., Holt, M.T., Onel, G., & Prestemon, J.P. (2011). Copula-based nonlinear models of spatial market linkages. *American Journal of Agricultural Economics*, in press.
20. Hill, R.V., Hoddinott, J., & Kumar, N. (2013). Adoption of weather-index insurance: learning from willingness to pay among a panel of household in rural Ethiopia. *Agricultural Economics*, 44, 385-398.
21. Iranian Agricultural Organization site, Damavand County. (2015). (In Farsi).
22. Iranian Agricultural Organization site, Tehran Province. (2015). Available at: Tehran.agri-jahad.ir. (In Farsi)
23. Jie, C., Li, Y., & Sijia, L. (2013). Design of Wheat drought index insurance in Shandong province. *International Journal of Hybrid Information Technology*, 6(4), 95-104.
24. Karuaihe, R.N., Wang, H.H., & Young, D.L. (2006). Weather-based crop insurance contracts for African Countries. *Contributed paper prepared for presentation at the International Association of Agricultural Economists Conference*.
25. Khajepour, A., & Keykha, A. A. (2014). Evaluation of the advantages and challenges of weather-based index insurance as a modern tool in risk management of agricultural production. *The ninth*

- Bie. Conference of Iranian Agricultural Economic*. May, Islamic Azad University, Karaj Branch. (In Farsi).
26. Kochakzaei, F., & Kochakzaei, A. (2015). The study of weather-based index agriculture insurance in numerous different countries. *International Conference on Applied Researches in Agriculture*, Melard, Iran. Retrieved from http://www.civilica.com/Paper-ICARA01-ICARA01_085.html. (In Farsi).
 27. Kochakzaei, F., Norouzi, Gh., & Goudarzi, M. (2013). The analysis of insurance premium and paying indemnity of weather-based index agriculture insurance in Iran (case study: Razavi Khorasan province). Tehran, Iran. *The 1st National Conference on Stable Agriculture and Natural Resources*. Proc. of MehrArvand Higher Education Institute, Extension group of environmentalists and the Association of Iran's nature advocacy, Retrieved from http://www.civilica.com/Paper-NACONF01-NACONF01_0520.html. (In Farsi).
 28. Kochakzaei, F., Norouzi, Gh., & Goudarzi, M. (2013). The calculation of agricultural insurance premium of rainfed wheat through precipitation index (case study: Daregaz town). Tehran, Iran. *The 1st National Conference on Stable Agriculture and Natural Resources*. Proc. of MehrArvand Higher Education Institute, Extension group of environmentalists and the Association of Iran's nature advocacy. Retrieved from http://www.civilica.com/Paper-NACONF01-NACONF01_0520.html. (In Farsi).
 29. Larsen, R., Leatham, D.J., Mjelde, J.W., & Wolfley, J.L. (2008). *Geographical diversification: an application of copula based CVAR*. Wolfley Texas A&M University.
 30. Leblois, A., & Quirion, P. (2010). *Agricultural insurances based on meteorological indices: Realizations*, Methods and Research Agenda, Downloaded from <http://ideas.repec.org>.
 31. Nelsen, R.B. (2006). *An introduction to copulas*. Second Edition.
 32. Ofoghi, R., Kianirad, A., & Aziznasiri, S. (2011). Agricultural insurance of climatic indices-based: an effective tool on agricultural risk management in Iran. *Agricultural Insurance*., 8 (29-30), 25-51. (In Farsi)
 33. Pishbahar, A., Abedi, S., Dashti, G., & Kianirad, A. (2015). Weather-based crop insurance (WBCI) premium for rainfed Wheat in Miyaneh county: D-Vine copula approach application. *The Journal of Agricultural Economy*., 9 (3), 37-62. (In Farsi).
 34. Rao, K. N. (2010). Index based crop insurance. *International conference on agricultural risk and food security 2010, Agriculture and Agricultural Science Procedia*., 1, 193-203.
 35. Robison, L.J., & Barry, P.J. (1987). *The competitive firm's response to risk*. New York, Macmillan.
 36. Salami, H., Ghahremanzadeh, M., Hosseini, S., & Yazdani, S. (2008). Revenue insurance an initiative to reduce production risk and price fluctuations in the country's poultry industry. *Agricultural Economics*, 3(4), 1-30. (In Farsi).
 37. Salami, H., & Nemati, D. (2013). Evaluation of yield systemic risk and affecting factors on its intensity for the Apple crop in Iran using autoregressive spatial model. *Agricultural Economic Development*, 27 (4), 288-299. (In Farsi).
 38. Skees, J.R., Varangis, P., Larson, D., & Siegel, P. (2002). Can financial markets be tapped to help poor people cope with weather risks? *World Bank Policy Research Working Paper*, 2577. Washington, D.C.
 39. Wenner, M., & Arias, D. (2003). Agricultural insurance in Latin America: Where are we? *Paper Presented in International Conference on paving the way Forward for Rural finance*.
 40. Zhu, Y., Ghosh, S., & Goodwin, B. (2008). Modeling dependence in the design of whole farm insurance contract a copula-based approach. *Contributed paper at the Annual Meeting of the AAEA*, Orlando, USA, July 27-29.