

بررسی نگرش‌های مدیریتی کلان در تولید مرکبات ایران با یک رویکرد مدلسازی پویایی سیستم تحت مداخلات تحقیق و توسعه و جنبه‌های پایداری

ناصر صفائی^{۱*}، آرمین چراغعلی‌پور^۲، عماد روغنیان^۳

۱- استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

۲- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

۳- دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

تاریخ ارسال: ۱۳۹۸/۲/۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۷/۲۱

چکیده

امروزه، توجه به جنبه‌های اجتماعی و زیست محیطی علاوه بر جنبه اقتصادی باعث پررنگ شدن زنجیره تامین پایدار گشته است. از طرفی، نگرش‌های مدیریتی کلان جهت سودآوری به عنوان یک جزء کلیدی در استواری صنایع مختلف از جمله تولید مرکبات مطرح است. بنابراین، در این تحقیق از طریق یک دیدگاه سیستماتیک به بررسی تاثیر محرک سودآوری بر عوامل مرتبط با آن با استفاده از مدل پویایی سیستم تحت نگرش‌های مدیریتی می پردازیم. بدین منظور یک مدل پویایی سیستم ارائه شده است و به منظور اعتبار سنجی، رفتار آن با مشاهدات تاریخی جمع آوری شده مقایسه شده است. تحلیل‌های آماری نشان دهنده تبعیت مدل شبیه سازی شده با حالت واقعی آن است. برای بررسی بیشتر شبیه سازی مونت کارلو برای متغیرهای حساس انجام شده است و در نهایت مدل پیشنهادی تحت سناریوهای مختلف اجرا و بررسی می‌گردد. در دفعات مختلف شبیه سازی نشان داده شده است که سیاست‌های مداخلاتی همچون تحقیق و توسعه (R&D) باعث افزایش تولید مرکبات و دیگر متغیرهای کلیدی می شود.

کلمات کلیدی: مدلسازی پویایی سیستم؛ مداخلات تحقیق و توسعه؛ تولید مرکبات؛ پایداری؛ شبیه سازی.

۱- مقدمه

تولید مرکبات در جهان امروز از اهمیت بسزائی برخوردار است و یکی از منابع بسیار مهم تولید ثروت، مبادلات تجاری و اشتغال بکار ساکنین حدود ۱۲۵ کشور مرکبات خیز جهان شده است. مرکبات یکی از با صرفه ترین میوه ها برای تولیدکنندگان آن می باشد زیرا تا آنجائی که شرایط آب و هوا اجازه می دهد غیر مرکبات چیز دیگری بچشم نمی خورد. مرکبات امروزه در جهان جنبه صنعتی بسیار مهمی را حائز گردیده و منبع پردرآمدی برای کشورهای تولیدکننده آن می باشد. امروزه تجارت جهانی طیف گسترده ای از کالاها و خدمات را در بر گرفته که در آن محصولات کشاورزی دارای مقبولیت ویژه ای است. بسیاری از کشورهای جهان به دلیل بهره مندی از شرایط اقلیمی مناسب، تولیدکننده انواع محصولات کشاورزی بوده و از راه صدور آن با بدست آوردن میلیاردها دلار در آمد ارزی، بخشی از نیازهای وارداتی خود را تامین میکنند [۱].

با توجه به هزینه های بالای احداث باغ مرکبات و محدودیت منابع، افزایش تولید مرکبات از طریق افزایش بهره وری عوامل تولید ضرورتی اجتناب ناپذیر می باشد. از طرفی توجه به جنبه های اجتماعی و زیست محیطی علاوه بر جنبه اقتصادی، طیف وسیعی از نظرات را به خود جلب کرده است [۲]. لذا بخش های مختلف صنایع میکوشند تا بهره وری رشد پایداری را بهبود دهند. در نتیجه این کار نه تنها باعث بهبود سود سازمان یا صنعت مورد نظر میشود، بلکه تلاش برای حفظ محیط زیست و جنبه های اجتماعی را نیز مدنظر قرار می دهد. تغییرات اقتصادی، تکنولوژیکی، اجتماعی و محیطی در عین حالی که با پیچیدگی سیستم ها و تکامل تدریجی زندگی روبرو هستند، به طور فزاینده ای مدیران و سیاستمداران را به یادگیری بیشتری فرا می خوانند [۳]. بسیاری از مسائلی که ما با آن مواجه هستیم، ناشی از اثرهای جانبی پیش بینی نشده عملکردهای گذشته یمان است. همچنین اغلب همه سیاستهایی که برای حل مسائل مهم بکار می بریم به شکست می انجامد و باعث ایجاد راه حل های غلط یا مسائل جدید می گردند [۴]. تصمیم گیری موثر و یادگیری در دنیایی از رشد پیچیدگی پویا، ما را وادار می کند تا به عنوان اندیشمندانی سیستمی باشیم تا بتوانیم مرزها و محدوده های مدل ذهنی را گسترش بدهیم و برای درک بهتر ساختار سیستم پیچیده و رفتارهای بوجود آمده آن، از ابزارها و تجهیزات استفاده نماییم [۵،۶].

دانشمندان و محققان با استفاده از روش‌های متنوعی همچون برنامه ریزی ریاضی [۷،۸]، آماری [۹،۱۰] و برنامه ریزی پویایی سیستم [۱۱،۱۲] به بهبود عملکرد و تدوین برنامه‌های مناسب برای بخش کشاورزی پرداخته‌اند. یکی از این روش‌های پرکاربرد و مفید شبیه سازی با استفاده از مدلسازی پویایی سیستم می باشد [۱۳]. به عنوان مثال، ابراگیمو و همکاران [۱۱] در تحقیقی به بهبود بهره وری در تولید روغن نخل با استفاده از روش مدلسازی پویایی سیستم پرداختند. بدین منظور آنها با استفاده از یک مطالعه موردی در کشورمالزی و شبیه سازی مدل دینامیکی پیشنهادی خود در نرم افزار ونسیم به تحلیل نتایج واقعی با شبیه سازی پرداختند. یکی از نتایج مهم آنها گزارش کلیدی بودن تحقیق و توسعه در این برنامه ریزی بود. در تحقیقی دیگر ریچ و همکاران [۱۴] عناصر کشاورزی شهری را مورد تحقیق قرار دادند و برخی از چالش‌های سیاسی که در این پدیده رو به رشد وجود دارد را بررسی کردند و بازخورد‌های پویا بین فرآیند‌های موثر در تغییر سیستم غذایی و فرآیندهای گسترده همچون زمین مورد استفاده و برنامه ریزی را مطرح کردند. آنها یک مفهوم کیفی از اصول و تکنیک‌های مدل پیشنهادی را در زمینه توصیف شرایط و مسائل پویای زنجیره ارزش زراعی شهری در نیوزیلند ارائه کردند.

همچنین والتر و همکاران [۱۵] در یک رویکرد ترکیبی، داده‌های کیفی و کمی را برای توسعه و شبیه سازی یک مدل دینامیکی سیستم که به بررسی تعامل سیستمیک محرکهای اصلی در پایداری اقتصادی، محیط زیست و اجتماعی تولید کشاورزی می پردازد، ترکیب کردند. سپس از این مدل برای ارزیابی نقش هر عامل در تعیین تفاوت‌های پایداری بین سه سیستم تولید متمایز شامل محصولات کشاورزی، دام، و سیستم یکپارچه محصولات و دام استفاده کردند. نتیجه این تلاش‌های مدل سازی نشان داد که بیشترین پتانسیل برای پایداری تنها با سیستم تولید محصولات کشاورزی وجود دارد. علاوه بر این، تحقیقاتی دیگر نیز همچون [۱۶-۱۹] انجام شده است که حاکی از اهمیت مبحث ادغام زنجیره تامین کشاورزی و پایداری با استفاده از سیستمهای دینامیکی است.

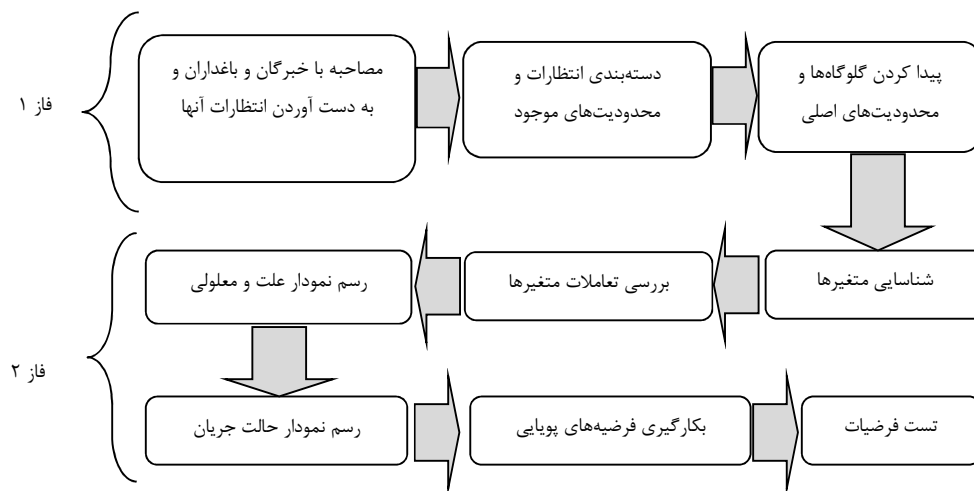
با توجه به اهمیت‌های ذکر شده، در این تحقیق از طریق یک دیدگاه سیستماتیک به بررسی تاثیر محرک رشد بهره وری بر عوامل مرتبط با آن با استفاده از مدل پویایی سیستم می پردازیم. بدین منظور یک مدل پویایی سیستم برای تولید مرکبات طراحی شده است که در

آن عواملی همچون آب، زمین مورد استفاده و دفعات برداشت به عنوان جنبه های زیست محیطی مطرح است. علاوه بر این هزینه های نیروی کار، هزینه کود و سموم، و در آمد باغبان به عنوان جنبه های اقتصادی مطرح است. همچنین سیاست تحقیق و توسعه و میزان محصولات تولیدی مورد نیاز به عنوان جنبه های اجتماعی مطرح شده اند. در نهایت با استفاده از شبیه سازی مدل پیشنهادی تاثیر عوامل مطرح در تولید مرکبات مورد سنجش قرار می‌گیرند که با استفاده از مقایسه با داده های واقعی مطالعه موردی به اعتبارسنجی شبیه سازی پرداخته می‌شود. تحلیل های آماری نشان دهنده تبعیت مدل شبیه سازی شده با حالت واقعی آن است. برای بررسی بیشتر شبیه سازی مونت کارلو برای متغیرهای حساس انجام شده است و در نهایت مدل پیشنهادی تحت سناریوهای مختلف اجرا و بررسی می-گردد. در دفعات مختلف شبیه سازی نشان داده شده است که سیاست‌های مداخلاتی همچون تحقیق و توسعه (R&D) باعث افزایش تولید مرکبات و دیگر متغیرهای کلیدی می شود.

در ادامه این مطالعه، بخش دوم به بیان روش شناسی تحقیق شامل ساختار کلی مدل پیشنهادی و مدل حالت-جریان می پردازد. همچنین روابط بین متغیرها نیز در این بخش ارائه می‌گردد. سپس در بخش سوم اعتبارسنجی مدل پیشنهادی صورت می‌گیرد و در بخش چهارم نتایج حاصل از شبیه سازی تشریح می‌گردد. در بخش پنجم دیدگاه های مدیریتی مورد بحث قرار می‌گیرد و در نهایت بخش ششم به بیان نتیجه گیری و پیشنهادات برای تحقیقات آتی می‌پردازد.

۲- طرح پژوهش

قلمرو موضوعی این تحقیق، تحلیل پویای بکارگیری شبیه سازی در افزایش بهره وری پایداری تولید مرکبات می‌باشد. قلمرو مکانی تحقیق، بخش تولید مرکبات ایران می‌باشد و قلمرو زمانی تحقیق بعد از مصاحبه و مشاوره با خبرگان از سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰ می باشد. همچنین در شکل (۱)، گام‌های اجرایی تحقیق به تصویر کشیده شده است.



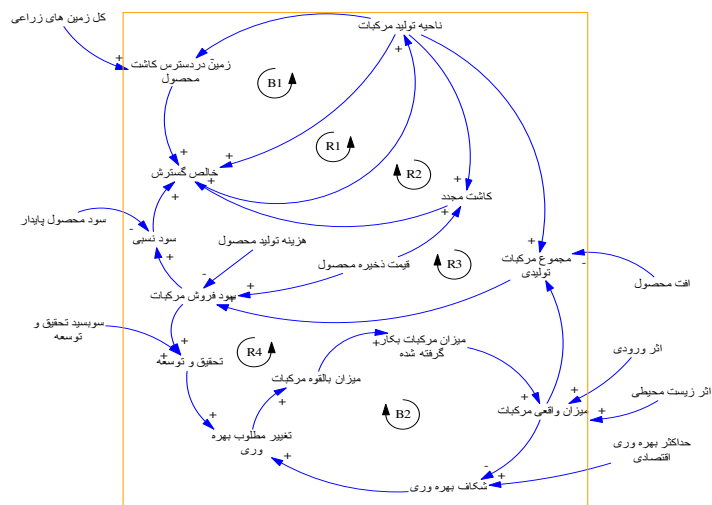
شکل ۱. گام‌های اجرایی تحقیق

۲-۱. ساختار مدل عمومی

دیاگرام‌های علت و معلولی نشان دهنده مفروضات درباره علل بوجود آورنده پویایی است که مدل‌های ذهنی را نمایان می‌کند. اولین گام در ایجاد یک تئوری علّیت، تشخیص مشکل و ترسیم رفتارهای کلیدی آن در طول زمان است. در این مورد، این تحقیق مشکل را نزول برداشت مرکبات، مقدار استفاده از زمین و رشد آهسته در بهره‌وری مرکبات، اعلام می‌کند. قیمت بالاتر منجر به برداشت بیشتر می‌شود و به طور بالقوه جمعیت را پایین‌تر از حد بحرانی برای بازتولید خود می‌آورد، که برداشت را کاهش داده و در آینده قیمت را بیشتر از پیش خواهد کرد. لذا با توجه به مشکل مورد بحث در این تحقیق، فرضیه‌های پویایی یا حلقه‌های علت و معلولی با استفاده از نظرات خبرگان دانشگاهی، مدیران کشاورزی، و تحقیقات مشابهی همچون [۱۱،۲۰،۲۱] استخراج شده‌اند.

از طرفی مرز بسته‌ای از ساختار سیستم را دربر دارد که برای تولید رفتار مورد نظر ضروری باشند و این مرز تا آنجا ادامه می‌یابد که دوایر بازخوران موثر در رفتار سیستم همگی بسته شوند. همچنین این مرز باید نقاط اعمال سیاستهای پیشنهادی و نیز متغیرهای لازم را برای

ارزیابی آن سیاستها دربر داشته باشد و اجزایی که در بروز مساله دخالت ندارند باید از مرز بسته خارج شوند. باتوجه به هدف مساله عواملی همچون برداشت مرکبات، مقدار استفاده از زمین ومباحث اکوسیستمی، و رشد بهره وری مرکبات مارا به استخراج متغیرهای مذکور در نمودار حالت و جریان هدایت کرد که این امر با مرور پیشینه تحقیق و نظرات کارشناسان این حوزه امکان پذیرفت. افق زمانی برای این پژوهش ۱۵ سال در نظر گرفته شده است و اطلاعات مورد نیاز از داده های ارائه شده توسط آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی حاصل گردید. نرخ استخدام و تعدیل نیرو دو عنصر حیاتی در شکاف نیروی کار می باشند که باید لحاظ گردند. قیمت فروش محصول عنصری دیگر است که باید مطابق با واقعیت باشد و نمیتوان با تغییرات آن منجر به سودآوری کشاورزان شد و باید از داده های تاریخی تبعیت کند. همچنین محدودیتهای مالی جهت سیاست تحقیق و توسعه و هزینه های کود و سموم از سمتی، و محدودیتهای منابع آبی و تابشهای خورشیدی مرتبط با مناطق اقلیمی ایران از سمت دیگر مباحث قابل توجهی هستند که باید در این روند درنظر گرفته شوند. درنهایت، نمودار چرخه علی، که رابطه اصلی علت و معلولی سیستم تولید مرکبات در ایران را توصیف می‌کند، در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل ۲. الگوی چرخه علی مدل دینامیکی برای سیستم تولید مرکبات در ایران

همانطور که ناحیه نزدیک به حدود گسترش آن است، از یک تغییر غیر خطی از یک ساختار تحت تأثیر بازخورد مثبت به ساختار تحت تأثیر بازخورد منفی عبور می‌کند. عناصر مهم تأثیر سیستم‌های تولید مرکبات عبارتند از محصول تولیدی، سطح کاشت و سود. رشد آهسته S شکل منطقه و محصول کشت در ایران توسط چهار حلقه تقویت کننده و دو حلقه متعادل کننده (شکل (۲)) نشان داده شده است. هنگامی که تولید مرکبات، همراه با قیمت و هزینه، تولید نسبی بیشتری را برای تولید کنندگان ایجاد می‌کند، آنها را تشویق می‌کند که حلقه R3 بازخورد تولید را دنبال کنند. به طور مشابه، زمانی که تولید مرکبات سود نسبی بالایی به دست می‌آورد، تولید کنندگان مایل به گسترش (حلقه R1) و مناطق پرورش مجدد (حلقه R2) هستند. با افزایش رشد بهره‌وری مرکبات، رکود اقتصادی، رشد قابل توجهی از تولید محصول تنها به دلیل گسترش محصول می‌باشد. گسترش این منطقه در مرحله توسعه اولیه از طریق گسترش (حلقه R1) با استفاده از زمین‌های موجود است. به دلیل کم بودن میزان کل زمین‌های زراعی، گسترش پس از مرحله رونق (تحت سلطه حلقه R1) تمایل به اشباع شدن (تحت سلطه حلقه B1) است. این حلقه‌های بازخورد برای بسیاری از محصولات، از جمله کائوچو، کاکائو و برنج استفاده می‌شود، که جایگزینی زمین‌های قابل کشت نیز محدود است.

رشد آهسته در بهره‌وری تولید مرکبات در واحد زمین کشت شده می‌تواند از طریق مسائل جدی در عوامل بهره‌وری مانند منابع کاری و غیرکاری، از جمله کود و ماشین‌آلات، توضیح داده شود. تغییرات بهره‌وری نیز تحت تأثیر اثرات زیست محیطی (حلقه B2) و تحقیق و توسعه (حلقه R4) است. پویایی استفاده از زمین در طول زمان با عوامل متعددی تحت تأثیر قرار گرفته است، که بیشتر توسط حلقه‌های ضعیف با بهره‌وری کم تقویت می‌شود و منجر به افزایش نیاز به منطقه کشت می‌شود. این باعث رقابت در زمینه استفاده از زمین در میان محصولات مختلف، از جمله محصولات غذایی و غیر غذایی می‌شود.

نمودار چرخه علی سیستم تولید مرکبات در شکل (۲) نشان داده شده است، توصیف فرضیه پویای اشباع استفاده از زمین و رشد آهسته در بهره‌وری مرکبات، بر اساس مفروضات درک شده از نحوه عملکرد سیستم مرکبات واقعی است. فرضیه پویایی به دنبال تعریف حلقه‌های بازخورد بحرانی است که رفتار سیستم را در بر می‌گیرد. هنگامی که مدل

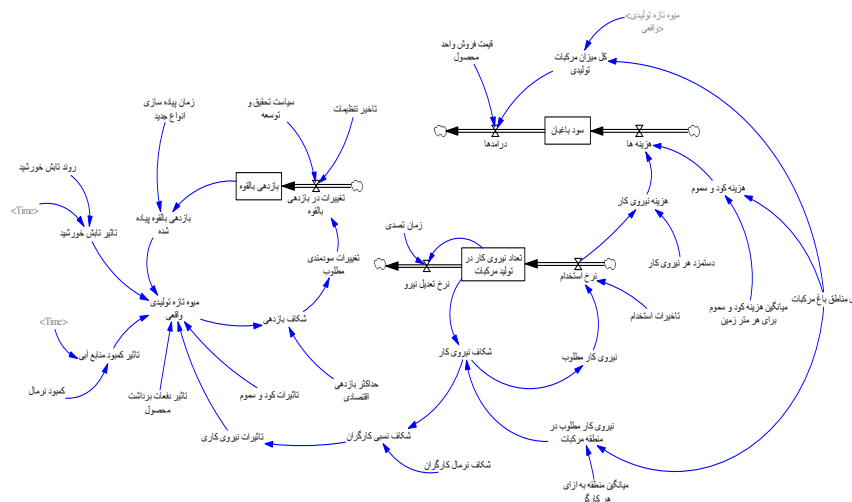
بر مبنای مفهوم بازخورد اجرا شود، ساختار درونی مدل باید رفتار حالت مرجع سیستم را حاصل کند و بنابراین ساختار درون را باعث تغییرات در رفتار پویا سیستم می‌شود.

۲-۲. مدل حالت و جریان

نمودار حالت و جریان سیستم تولید مرکبات در ایران در شکل (۳) نشان داده شده است. تعاملات نشان داده شده در نمودارهای حالت و جریان در فرم معادلات انتگرال تفاضل محدود بیان شده و این فرمول‌ها برای حل شبیه سازی سیستم اجرا می‌شوند.

$$Stock(t) = \int_{t_0}^t [Inflow(s) - Outflow(s)] ds + Stock(t_0) \quad (۱)$$

متغیر $Stock(t)$ توسط یک مستطیل یک متغیر حالت مشخص وضعیت یا وضعیت ساختار در لحظه (t) نشان داده شده است. اطلاعات مربوط به $Stock(t)$ مبنایی است که نرخ جریان کنترل می‌شود و با یک آیکون دریچه مشخص می‌شود. $Stock$ نیز به عنوان سطوح، تجمع یا متغیرهای حالت شناخته می‌شود. ارزش $Stock$ با میزان جمع‌آوری یا ادغام با استفاده از عملکرد انتگرال پاسخ داده می‌شود. جریانی که با یک فلش در جهت متغیر حالت مشخص می‌شود، جریان ورودی و جریانی که با یک فلش به سمت خارج نشان داده می‌شود، جریان خروجی است. خطوط اثر (arrow) و جهت نشان دهنده روند حرکت اطلاعات است، که مشخص می‌کند چگونه یک متغیر/ پارامتر دیگری را با مسیر جریان اطلاعات مواجه می‌کند. طبق نمودار حالت و جریان شکل (۳)، معادلات عمده ای که مربوط به متغیرهای کلیدی هستند بصورت زیر خواهد بود.



شکل ۳. نمودار حالت و جریان سیستم تولید مرکبات در ایران

همانطور که می‌دانیم، بازدهی (عملکرد) بالقوه تحت تأثیر سیاست تحقیق و توسعه، تغییرات سودمندی مطلوب و تاخیر تنظیمات در بازدهی است و مقدار اولیه آن برابر با ۲۰۰۰ فرض شده است. تحقیق و توسعه در این چهارچوب باید طی چندین دوره انجام شود. پس تاخیر تنظیمات حداقل برابر با ۳ در نظر گرفته می‌شود.

$$\text{تغییرات در بازدهی بالقوه} = \int_{t_0}^t \text{بازدهی بالقوه} \quad (2)$$

$$(3) \quad \text{تغییرات سودمندی مطلوب} \times \text{سیاست تحقیق و توسعه} = \frac{\text{تغییرات در بازدهی بالقوه}}{\text{تاخیر تنظیمات}}$$

طبق شکل ۳، میوه تازه تولیدی با حداکثر بازدهی اقتصادی مقایسه می‌شود. اگر اختلاف بین حالت حداکثر و واقعی وجود داشته باشد، اقدام اصلاحی برای همسو سازی وضعیت سیستم با هدف انجام می‌شود. از طرفی میوه تازه تولیدی یک ورودی وابسته و تحت تأثیر عوامل زیست محیطی همچون کمبود آب، نیروی کاری، کود و سموم، دفعات برداشت

محصول، و اثرات تابش خورشید است.

$$(۴) \quad \text{حداکثر بازدهی اقتصادی} - \text{میوه تازه تولیدی واقعی} = \text{شکاف بازدهی}$$

$$(۵) \quad \text{تأثیرات نیروی کاری} \times \text{تأثیرات کود و سموم} \times \text{بازدهی بالقوه پیاده شده} = \text{میوه تازه تولیدی واقعی}$$

$$(۴) \quad \text{تأثیرات کمبود منابع آبی} \times \text{تأثیرات تابش خورشید} \times \text{تأثیر دفعات برداشت محصول} \times \text{زمان پیاده سازی انواع جدید، بازدهی بالقوه} = \text{Smooth} = \text{بازدهی بالقوه پیاده شده}$$

تابع Smooth متوسط زمان‌ها و انتظارات را نشان می‌دهد. پیشرفت‌های تحقیق و توسعه مرکبات برای بهبود عملکرد و کاهش هزینه‌ها هدف قرار می‌گیرد. همچنین، کمبود نیروی کار موجب تاخیر در برداشت، کاهش میزان استخراج مرکبات و افزایش فساد میوه تازه تولیدی می‌شود. اثر نیروی کار بی‌مقیاس است و بر عملکرد بالقوه تولید میوه تازه تأثیر می‌گذارد که همچنین از عوامل دیگری مانند تابش خورشیدی و دفعات برداشت محصول نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

رابطه بین اثر نیروی کار و شکاف نسبی کارگران می‌تواند در یک نمودار سراسری به پایین (شکل (۴))، زمانی که تفاوت بین نیروی ورود و خروج بالا باشد توصیف شود. در یک شرایط فوق‌العاده، اثر نیروی کار ۱ است، زمانی که شکاف کار نسبی برابر با ۰ یا ۱ باشد. تحت این شرایط، کمبود نیروی کار وجود ندارد و عملکرد بدون تغییر باقی می‌ماند. با افزایش شکاف نسبی کارگران، این اثر قوی‌تر می‌شود. شکاف نسبی کارگران عملکرد را به میزان ۳۰ درصد کاهش می‌دهد وقتی در مقدار ۵/۶۵ بدست آید، یعنی زمانی که شکاف کارگران پنج برابر بزرگتر از شکاف نرمال است. مقادیر مرجع (نرمال) به آن متغیرها یا پارامترها در یک سال داده شده اشاره دارد. معادلات مربوط به نیروی کار به شرح زیر بیان می‌شود که در معادله (۶) تعداد اولیه نیروی کار برابر با ۲۰۰ در نظر گرفته شده است.

(۵)

$$\text{Graph}(\text{شکاف نسبی کارگران}) = f'; f' \geq 0$$

$$(0/00, 1/00), (1/00, 1/00), (2/50, 0/85), (4/30, 0/75), (5/65, 0/07)$$

(۶)

$$\text{تعداد نیروی کار در تولید مرکبات} = \int_{t_0}^t (\text{نرخ تعدیل نیرو} - \text{نرخ استخدام})$$

(۷)

$$\text{شکاف نسبی کارگران} = \frac{\text{شکاف نیروی کار}}{\text{شکاف نرمال کارگران}}$$

(۸)

$$\text{تعداد نیروی کار در تولید مرکبات} - \text{نیروی کار مطلوب در منطقه مرکبات} = \text{شکاف نیروی کار}$$

(۹)

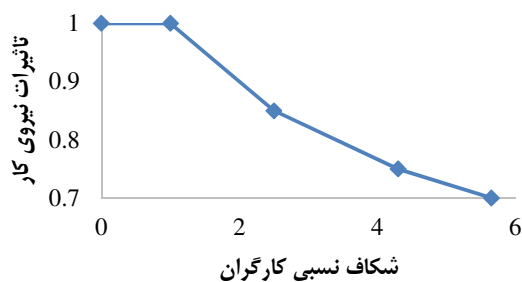
$$\text{تاخیرات استخدام، نیروی کار مطلوب} = \text{Smooth}(\text{نرخ استخدام})$$

(۱۰)

$$\text{زمان تصدی، تعداد نیروی کار در تولید مرکبات} = \text{Smooth}(\text{نرخ تعدیل نیرو})$$

(۱۱)

میانگین منطقه به ازای هر کارگر $\times$ کل مناطق باغ مرکبات = نیروی کار مطلوب در منطقه مرکبات



شکل ۴. تأثیرات نیروی کار بر عملکرد محصول

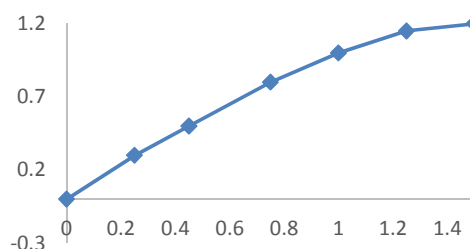
به عنوان یک محصول چندین ساله با پوشش برگ قوی، مرکبات قادر به جذب تابش خورشیدی در طول سال است، و در نتیجه عملکرد بالقوه آن بالاتر می‌رود. هرچه تابش خورشید بیشتر باشد، باعث عملکرد بالاتر می‌شود که این رابطه در شکل (۵) نشان داده شده است. محور افقی اثر تابش نسبی است که در مقیاس ۰ تا ۱/۵ است. محور عمودی اثر تابش خورشیدی بر عملکرد در یک مقیاس از ۰ تا ۱/۲ است. هنگامی که تابش نسبی خورشید ۱ است، تابش خورشید برای رشد مرکبات رضایت بخش است و اثر خنثی ۱ برابر می‌شود.

اثر تابش خورشید به صورت روابط (۱۲) و (۱۳) بیان می شود.

$$(12) \text{ Time} \text{ روند تابش خورشید} = \text{تأثیر تابش خورشید}$$

$$(13) \text{ = روند تابش خورشید}$$

$$(\frac{0}{100}, \frac{0}{100}), (\frac{0}{25}, \frac{0}{30}), (\frac{0}{45}, \frac{0}{50}), (\frac{0}{75}, \frac{0}{80}), (\frac{1}{100}, \frac{1}{100}), (\frac{1}{25}, \frac{1}{15}), (\frac{1}{50}, \frac{1}{20})$$



شکل ۵. تاثیرات تابش خورشید بر عملکرد تولید محصول

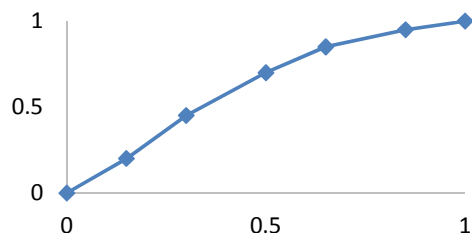
تابع غیر خطی برای اثر کمبود آب در عملکرد تولید میوه تازه در شکل (۶) نشان داده شده است. محور افقی نشان دهنده فشار نسبی کمبود آب در یک مقیاس از ۰ تا ۱ است. محور عمودی اثر کمبود آب در مقیاس ۰ تا ۱ است. شکل کلی شیب رو به بالا است، ابتدا تدریجی و سپس تند و تیز پایان می یابد. محاسبه اثر کمبود آب در طی زمان به شرح زیر است:

$$(14) \text{ Time} \text{ کمبود نرمال} = \text{تأثیر کمبود منابع آبی}$$

$$(15) \text{ = کمبود نرمال}$$

$$(\frac{0}{100}, \frac{0}{100}), (\frac{0}{15}, \frac{0}{25}), (\frac{0}{30}, \frac{0}{45}), (\frac{0}{50}, \frac{0}{70}), (\frac{0}{65}, \frac{0}{85}), (\frac{0}{85}, \frac{0}{95}), (\frac{1}{100}, \frac{1}{100})$$

در نهایت برای نمایش بهره وری و یا سود باغداران معادلات هزینه محور بصورت زیر مورد بحث قرار می گیرند. از آنجایی که برای محاسبه سود، تفاضل درآمدها و هزینه ها مورد استفاده است، لذا نیاز است هزینه های و درآمدها شناسایی گردند.



شکل ۶. تاثیرات کمبود آب بر عملکرد تولید محصول

هزینه ها حاصل جمع هزینه نیروی کار و هزینه کود و سموم است و درآمدها نیز حاصل فروش کل مرکبات تولیدی در کشور می‌باشد. کل مرکبات تولیدی در کشور نیز برابر با حاصل ضرب کل سطح زیرکشت مرکبات در کشور با مقدار تولید واقعی مرکبات می‌باشد. این روابط ریاضی برای محاسبه جنبه‌های اقتصادی این مدل دینامیکی به صورت روابط (۱۶) تا (۲۱) می‌باشد.

$$\text{دستمزد هر نیروی کار} \times \text{نرخ استخدام} = \text{هزینه نیروی کار} \quad (۱۶)$$

$$\text{هزینه کود و سموم} + \text{هزینه نیروی کار} = \text{هزینه ها} \quad (۱۷)$$

$$\text{کل مناطق باغ مرکبات} \times \text{میانگین هزینه کود و سموم برای هر متر زمین} = \text{هزینه کود و سموم} \quad (۱۸)$$

$$\text{کل مناطق باغ مرکبات} \times \text{میوه تازه تولیدی واقعی} = \text{کل میزان مرکبات تولیدی} \quad (۱۹)$$

$$\text{قیمت فروش واحد محصول} \times \text{کل میزان مرکبات تولیدی} = \text{درآمد} \quad (۲۰)$$

$$\text{سود باغبان} = \int_{t_0}^t (\text{درآمد} - \text{هزینه ها}) \quad (۲۱)$$

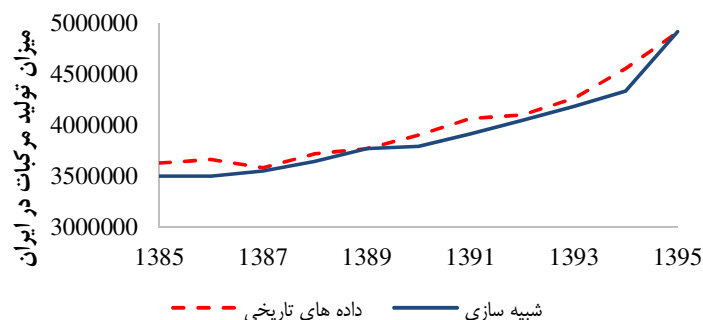
۳- اعتبارسنجی مدل

داده های اولیه و پارامترهای مدل (جدول (۱)) از داده های ارائه شده از آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات، آمار نامه سازمان جهانی مواد غذایی و

کشاورزی (FAO)، گزارش‌های دولتی و بازدید از مزارع بدست آمده است [۱،۲۲]. تست‌های اعتبار سنجی مدل با استفاده از مراحل مختلف غیر رسمی و رسمی انجام شد که شامل مقایسه انتظارات مدل با رفتار تاریخی، آزمایش این که آیا مدل رفتار قابل اعتماد را تولید می‌کند و یا کیفیت مقادیر پارامتر را تایید می‌کند [۲۳،۲۴]. شکل (۷) نشان دهنده مقایسه بین رفتار شبیه سازی شده و مشاهده شده در مناطق تولید مرکبات در ایران است. خروجی مدل شبیه سازی با الگوهای تاریخی سازگار است و قابلیت اطمینان آن را تایید می‌کند.

جدول ۱. داده‌های مقادیر اولیه و پارامترها

واحد	مقدار اولیه	متغیرها و پارامترها
هکتار	۲۴۸۵۸۱	سطح زیرکشت مرکبات در کشور ایران
تن	۴۲۹۹۲۴۷	میزان تولید مرکبات در کشور ایران
کیلوگرم در هکتار	۱۷۲۹۵	حداکثر بازدهی اقتصادی
-	۰/۰۸	تاثیر دفعات برداشت محصول
-	۰/۱۶	تاثیر تابش خورشید
-	۰/۱۵	تاثیر کمبود منابع آبی
-	۰/۴	تاثیرات کود و سموم
روز	۱	تاخیر تنظیمات
روز	۶	تاخیرات استخدام
نفر	۲۰۰	تعداد نیروی کار در تولید مرکبات
تومان به ازای نفر	۰۰۰،۵۰	دستمزد هر نیروی کار
روز	۲	زمان تصدی
روز	۵	زمان پیاده سازی انواع جدید
-	۲	سیاست تحقیق و توسعه
نفر	۵	شکاف نرمال کارگران
تومان به ازای هرکیلو	۳۸۰۰	قیمت فروش واحد محصول
متر به ازای نفر	۱۰۰۰	میانگین منطقه به ازای هر کارگر
تومان در هکتار	۳۰۰،۰۰۰	میانگین هزینه کود و سموم برای هر متر زمین



شکل ۷. مقایسه بین رفتار شبیه سازی شده و مشاهده شده در مناطق تولید مرکبات

مدل معتبر به عنوان یک سناریوی پایه برای بررسی سیاست مورد استفاده قرار گرفت. جدول (۲) میانگین خطای متوسط مربع ریشه (RMSPE) و آمار نابرابری (Theil) برای متغیرهای کلیدی را نشان می دهد.

جدول ۲. خلاصه ای از رفتار آماری شبیه سازی و داده های تاریخی

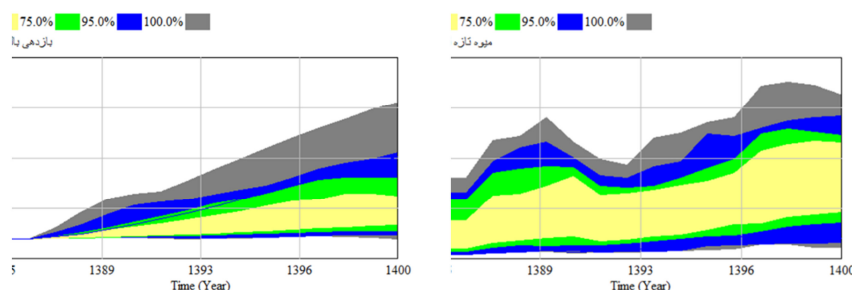
متغیر	RMSPE (%)	آمار نابرابری Theil		
		U^M (%)	U^S (%)	U^C (%)
میزان تولید مرکبات	۰/۰۲۸	۰/۶۱	۰/۰۰۴	۰/۳۸۶

مقدار RMSPE برای عملکرد میزان تولید مرکبات ۲/۸٪ بود، اما ۲۸/۶٪ این خطا ناشی از تنوع همبستگی نابرابر بود، در حالیکه متغیرهای خطای تعادلی و تنوع نابرابر ۶۱٪ و ۰/۴٪ را شامل میشد. خطا نشان می دهد که نتیجه شبیه سازی شده برای عملکرد میزان تولید مرکبات با الگوی تاریخی سازگار است و از تغییرات نقطه به نقطه در اطراف نتیجه شبیه سازی می شود. در شکل (۷)، نتیجه شبیه سازی شده با اطلاعات واقعی، جدا از برخی از تغییرات جزئی، متناسب است. سری واقعی نشان می دهد برخی از نوسان در طول شبیه سازی. با این حال، الگوی چرخه ای در نظر گرفته نمی شود، زیرا مدل تنها رفتار طولانی مدت را بررسی می کند. مولفه خطای متغیر نابرابر، نگرانی نیست، زیرا مدل قادر است به

طور دقیق متوسط و روند را بازتولید کند.

مقادیر پارامترهای مدل پویای سیستم، با توجه به ماهیت منبع اطلاعاتی آنها که می‌توانند از قوانین فیزیکی، آزمایشات دقیق، داده‌های مشاهده شده، نظرات متخصصان و حتی ادراکات فردی متناسب با قوانین فیزیکی باشند، حساس هستند. بنابراین، ما یک شبیه‌سازی مونت کارلو را با استفاده از پارامترهای مرتبط انجام دادیم تا انسجام و استحکام رفتار مدل بررسی شود (شکل (۸)).

ما دریافتیم که دفعات برداشت محصول، کاربرد کود و سموم، تاخیر تنظیمات، زمان تصدی، و زمان پیاده‌سازی گونه‌های جدید، پارامترهای مهمی است که در میوه تازه تولیدی واقعی و بازدهی بالقوه پیاده‌سازی شده تاثیر گذارند. شکل (۸) نشان می‌دهد که مقادیر تمام پارامترهای انتخاب شده (دفعات برداشت محصول، کاربرد کود و سموم، تاخیر تنظیمات، زمان تصدی، و زمان پیاده‌سازی گونه‌های جدید) در محدوده بیشتر یا کمتر از ۵۰ درصد، کاملاً مشخص هستند. یک احتمال ۵۰٪ وجود دارد که بازدهی بالقوه پیاده‌سازی شده در سال ۱۳۹۶ در حدود ۳۵۰۰ و ۸۰۰۰ داشته باشد و احتمال ۱۰۰٪ این است که در حدود ۳۳۰۰ و ۲۲۶۰۰ بازدهی بالقوه پیاده‌سازی داشته باشد. همچنین یک احتمال ۵۰٪ وجود دارد که میوه تازه تولیدی واقعی در سال ۱۳۹۶ در حدود ۶۵۰ و ۱۸۰۰ کیلوگرم در هر مترمربع داشته باشد و احتمال ۱۰۰٪ این است که در حدود ۲۵۰ و ۳۰۰۰ کیلوگرم در هر مترمربع وجود داشته باشد.



الف) میوه تازه تولیدی واقعی

ب) بازدهی بالقوه پیاده سازی شده

شکل ۸. متغیرهای مذکور به ازای ۵۰ بار شبیه‌سازی در مقادیر ۵۰٪، ۷۵٪، ۹۵٪ و ۱۰۰٪

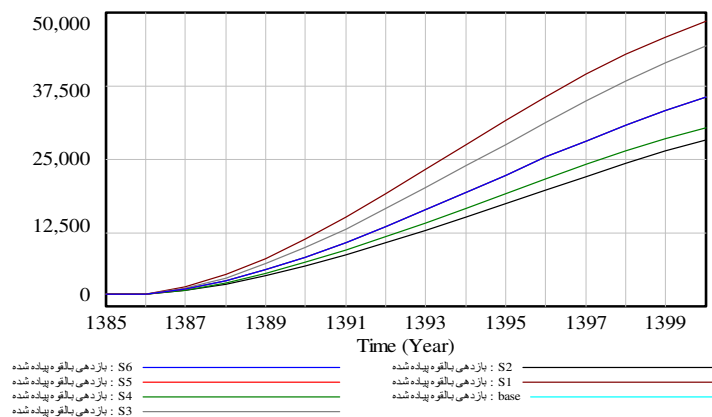
۴- نتایج و بحث

در این بخش ابتدا چند سناریو تاثیرگذار در مساله مطرح می‌گردد، سپس رفتار مدل تحت این سناریوها با مدل اصلی تحت نمودارهایی مربوط به شبیه سازی ارائه می‌گردد. برای پیشبرد سیاست‌ها، آن دسته از متغیرهایی مدنظر قرار گرفتند که در دنیای واقعی مدیران و کارشناسان، امکان و توانایی دستکاری و تغییر آنها را دارند. به عنوان مثال سیاست تحقیق و توسعه، حداکثر بازدهی اقتصادی، و سطح زیر کشت از این موارد هستند. سازمان و مدیران این بخش می‌توانند با اختصاص بودجه دولتی برای بهبود سیاست تحقیق و توسعه به افزایش میزان سودآوری این بخش دست یابند و یا با بهبود وضعیت آبیاری و سموم و کود شیمیایی منجر به افزایش حداکثر بازدهی اقتصادی شوند و یا با افزایش سطح زیر کشت محصولات تولیدی را افزایش دهند. در طراحی این سناریوها فرض شده است که سازمان با توجه به اهمیت بهبود ارزش و رفع انتظارات کشاورزان، تلاش میکند میزان محصولات تولیدی و در نتیجه سودآوری کشاورزان را از طریق عوامل تاثیرگذار بهبود بخشد تا بتواند سهم محصولات داخلی از بازار را افزایش دهد. با توجه به اینکه سیاست مداخله گر تحقیق و توسعه (R&D) یکی از مهمترین تصمیم‌های اثرگذار بر عملکرد مدل است، دو سناریو از شش سناریو متمرکز بر R&D است. حداکثر بازدهی اقتصادی یکی دیگر از عواملی است که نقش مداخله گرانه بر میزان تولید و بازدهی محصول دارد، لذا دو سناریو بر تغییرات این عامل متمرکز دارد. در نهایت سطح زیر کشت یا کل منطقه مرکبات به عنوان آخرین عامل موثر در این تحقیق در نظر گرفته شده است. تمامی این سناریوها در جدول (۳) ارائه شده است.

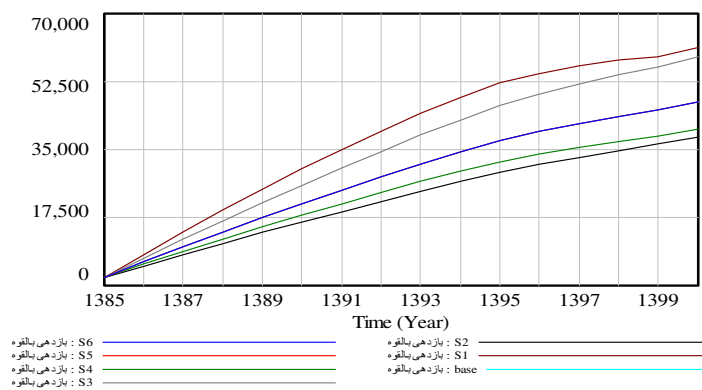
جدول ۳. تغییرات در مقادیر پارامترها بعد از اعمال سیاست‌های مربوط به هر سناریو

سناریو	سیاست مربوطه	مقدار پارامتر	
		مقدار اولیه	بعد از اعمال سیاست
S۱	افزایش ۵۰ درصدی R&D	۲	۳
S۲	کاهش ۲۵ درصدی R&D	۲	۱/۵
S۳	افزایش ۲۵ درصدی حداکثر بازدهی اقتصادی	۲۰۰۰	۲۵۰۰
S۴	کاهش ۱۵ درصدی حداکثر بازدهی اقتصادی	۲۰۰۰	۱۷۰۰
S۵	افزایش ۲۰ درصدی کل منطقه مرکبات	۲۴۸۵۸۱	۲۹۸۲۹۷
S۶	کاهش ۱۰ درصدی کل منطقه مرکبات	۲۴۸۵۸۱	۲۲۳۷۲۳

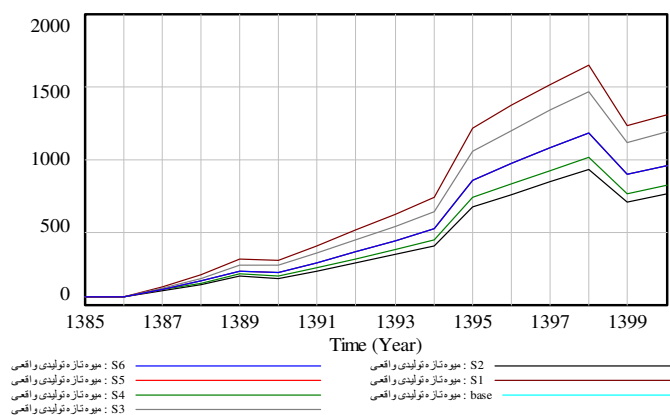
در این تحقیق با اعمال تغییرات در سناریوهای مختلف شاهد رفتار مدل در دراز مدت خواهیم بود. این رفتارها در شکل‌های (۹) تا (۱۳) ارائه شده است. همانطور که در شکل (۹) نمایان است سناریو اول و سوم باعث رشد بازدهی بالقوه پیاده سازی شده و سناریو دوم و چهارم باعث کاهش بازدهی بالقوه پیاده سازی شده می‌گردند. در حالیکه سناریوهای ۵ و ۶ دقیقاً روی حالت پایه مدل قرار گرفته اند و تغییرات آنها بر میزان بازدهی بالقوه پیاده سازی شده تاثیر ندارد و روند این متغیر کمکی بصورت S شکل می‌باشد. به طور مشابه در شکل‌های (۱۰) و (۱۱)، سناریو اول و سوم باعث رشد دو متغیر بازدهی بالقوه و میوه تازه تولیدی واقعی می‌گردد و سناریو دوم و چهارم باعث کاهش آنها می‌گردند. در حالیکه سناریوهای ۵ و ۶ دقیقاً روی حالت پایه مدل قرار گرفته اند و تغییرات آنها بر میزان این دو متغیر تاثیر ندارد و روند این متغیرها تقریباً شبیه S شکل می‌باشد.



شکل ۹. نتایج شبیه سازی برای بازدهی بالقوه پیاده سازی شده



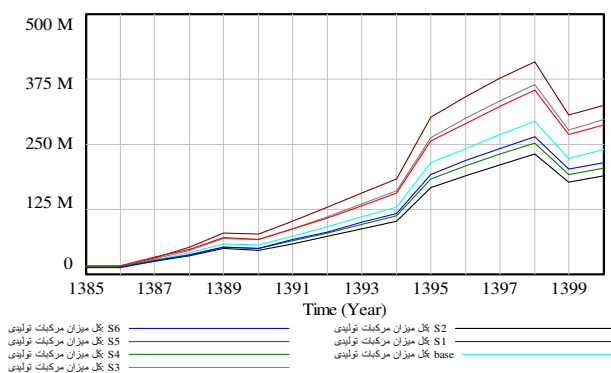
شکل ۱۰. نتایج شبیه سازی برای بازدهی بالقوه



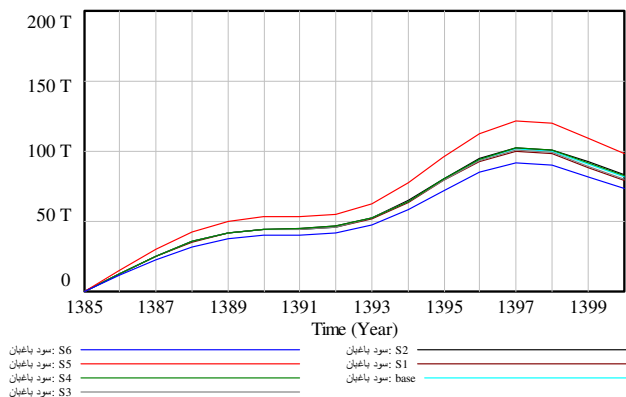
شکل ۱۱. نتایج شبیه سازی برای میوه تازه تولیدی واقعی

در شکل (۱۲)، سناریوهای اول، سوم و پنجم باعث رشد کل میزان مرکبات تولیدی می گردند و سناریوهای دوم، چهارم و ششم باعث کاهش کل میزان مرکبات تولیدی می گردند. این امر نشان دهنده این است که این متغیر نسبت به تغییرات هر سه عامل (R&D، حداکثر بازدهی اقتصادی، و کل منطقه مرکبات) حساس می باشد. همچنین، در شکل (۱۳)، سناریو پنجم باعث

افزایش میزان سود باغداران می‌گردد و سناریو ششم باعث کاهش میزان سود باغداران می‌گردد. این امر نشان دهنده این است که این متغیر نسبت به تغییرات عامل کل منطقه مرکبات حساس‌تر از دیگر عوامل است. هرچند سناریوهای اول، سوم باعث افزایش و سناریوهای دوم، چهارم باعث کاهش میزان سود باغداران می‌گردند، اما این میزان تغییرات کم نشان دهنده حساسیت کمتر این متغیر نسبت به دو عامل R&D و حداکثر بازدهی اقتصادی می‌باشد.



شکل ۱۲. نتایج شبیه سازی برای کل میزان مرکبات تولیدی



شکل ۱۳. نتایج شبیه سازی برای سود باغداران

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات آتی

در این تحقیق یک مدل پویایی سیستم مبتنی بر پایداری برای تولید مرکبات طراحی شد که در آن؛ عواملی همچون کمبود آب، تابش خورشید، زمین مورد استفاده و دفعات برداشت به عنوان جنبه های زیست محیطی مطرح است؛ علاوه بر این هزینه های نیروی کار، هزینه کود و سموم، و در آمد باغداران به عنوان جنبه های اقتصادی مطرح است؛ همچنین سیاست تحقیق و توسعه و میزان محصولات تولیدی مورد نیاز به عنوان جنبه های اجتماعی مطرح شده اند. در نهایت با استفاده از شبیه سازی مدل پیشنهادی تاثیر عوامل مطروح در تولید مرکبات مورد سنجش قرار گرفت که با استفاده از مقایسه با داده های واقعی مطالعه موردی به اعتبارسنجی شبیه سازی پرداخته شد. تحلیل های آماری نشان دهنده تبعیت مدل شبیه سازی شده با حالت واقعی آن بود که برای بررسی بیشتر شبیه سازی مونت کارلو برای متغیرهای حساس انجام شد. در نهایت چند سناریو تاثیرگذار در مساله مطرح شد، سپس رفتار مدل تحت این سناریوها با مدل اصلی تحت نمودارهایی مربوط به شبیه سازی مقایسه گردید. به همین جهت سیاست های مداخله گر تحقیق و توسعه (R&D)، حداکثر بازدهی اقتصادی، سطح زیر کشت یا کل منطقه مرکبات به عنوان عوامل موثر در این سناریوها در نظر گرفته شده است.

همانطور که مشاهده شد، سناریو اول و سوم باعث رشد سه متغیر بازدهی بالقوه پیاده سازی شده، بازدهی بالقوه، و میوه تازه تولیدی واقعی می گردد و سناریو دوم و چهارم باعث کاهش آنها می گردند. در حالیکه سناریوهای پنجم و ششم دقیقاً روی حالت پایه مدل قرار گرفتند و تغییرات آنها بر میزان این سه متغیر تاثیر ندارند و روند این متغیرها تقریباً شبیه S شکل می باشد. این درحالیست که، سناریوهای اول، سوم و پنجم باعث رشد کل میزان مرکبات تولیدی می گردند و سناریوهای دوم، چهارم و ششم باعث کاهش کل میزان مرکبات تولیدی می گردند. این امر نشان دهنده این است که این متغیر نسبت به تغییرات هر سه عامل (R&D، حداکثر بازدهی اقتصادی، و کل منطقه مرکبات) حساس می باشد. در نهایت، سناریو پنجم باعث افزایش میزان سود باغداران می گردد و سناریو ششم باعث کاهش میزان سود باغداران می گردد. این امر نشان دهنده این است که این متغیر نسبت به تغییرات عامل کل منطقه مرکبات حساس تر از دیگر عوامل است. هرچند سناریوهای اول، سوم باعث

افزایش و سناریوهای دوم، چهارم باعث کاهش میزان سود باغداران می‌گردند، اما این میزان تغییرات کم نشان‌دهنده حساسیت کمتر این متغیر نسبت به دو عامل R&D و حداکثر بازدهی اقتصادی می‌باشد. لذا این تحلیل‌ها و بررسی‌های انجام شده می‌تواند به مدیران بخش کشاورزی کمک کند و اعمال این سیاست‌های مداخله‌گر می‌تواند منجر به افزایش سودآوری برای باغداران و میزان تولید مرکبات کل کشور شود.

این تحقیق از مطالعه ایبراگیموف و همکاران [۱۱] الهام گرفته شده است که به بهینه سازی بهره‌وری در تولید روغن نخل با استفاده از یک رویکرد پویایی سیستم پرداخته است. نتایج این تحقیق هم راستا با نتایج ایبراگیموف و همکاران در مورد تاثیر حیاتی سیاست تحقیق و توسعه در افزایش تولید و بهره‌وری محصول است. ولی از آنجایی که در مورد تولید مرکبات تحقیقی در دست نیست، این تحقیق از پیشگامان این حوزه مطرح می‌باشد و می‌تواند به مدیران این حوزه که بخش اعظم اقتصاد کشور را شامل می‌شود، کمک به سزایی کند. علاوه بر نتایج گزارش شده توسط ایبراگیموف و همکاران [۱۱]، این تحقیق تاثیرات دو عامل کلیدی سطح زیر کشت و حداکثر بازدهی اقتصادی را در افزایش تولید محصول و سودآوری کشاورزان مورد تحلیل قرار داد که نتایج حاکی از یک رویکرد استراتژیک جهت دستیابی به این امر می‌باشد.

لازم به ذکر است که این تحقیق از لحاظ جغرافیایی مربوط به کشور ایران بوده و برای عوامل موثر آن طبق این کشور لحاظ شده است و تنها برای زنجیره تامین پایدار مرکبات صورت گرفته است، لذا این مفروضات به عنوان محدودیت‌های تحقیق مد نظر هستند. برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود، پژوهشگران درخصوص اثربخشی و آمادگی برای آفات و بیماری‌ها و این که چرا درمان‌های جداگانه ضروری هستند اقدام کنند. از طرفی توانایی متفاوت آن‌ها برای پاسخگویی به رشد تقاضا می‌تواند نشان داده شود. همچنین می‌توان تبدیلات عرضی بخشهای زیر کشت محصولات دیگر به بخش مرکبات و اثرات واردات و صادرات این محصول بر بازار داخلی را مورد بررسی قرار دهند. به عنوان عامل دیگر، می‌توانند اثر تغییر تابع پیشبینی تقاضا را در صنایع مختلف دنبال کنند. همچنین پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی اثر شلاق چرمی با لحاظ بیش از یک محصول بررسی شود.

۶-منابع و ماخذ:

- [1] FAO. (2017). *Citrus Fruit Fresh and Processed Statistical Bulletin 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations.*
- [2] Saavedra M., M. R., de O. Fontes, C. H., and M. Freires, F. G. (2018). Sustainable and renewable energy supply chain: A system dynamics overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 82, PP: 247–259.
- [3] Heydarpour, V., Zandieh, M., Farsijani, H., and Rabieh, M. (2017). Proposing a Model for Forecasting Port Container Terminal Performance; System Dynamics Approach. *Modern Researches in Decision Making*, Vol. 2, No. 2, PP: 109–132 [In Persian].
- [4] Rabieh, M., Karami, M. M., Ziaee, S. M., Yasoubi, A., and Salari, H. (2016). Dynamic Analysis of Traffic-Injury Problem in Iran: System Dynamics approach. *Modern Researches in Decision Making*, Vol. 1, No. 4, PP: 71–99 [In Persian].
- [5] Sterman, J. D. (2000). *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world.* Boston: McGraw-Hill Education.
- [6] Zarezadeh, M., Azar, A., Moghbel baerz, A., and Jhadiyar, A. (2015). A Total Systems Intervention Approach to Developing Strategy Implementation Roadmap in Public Organization. *Management Research in Iran*, Vol. 19, No. 2, PP: 1–29 [In Persian].
- [7] Cheraghalipour, A., Paydar, M. M., and Hajiaghaei-Keshteli, M. (2018). A Bi-objective Optimization for Citrus Closed-Loop Supply Chain Using Pareto-Based Algorithms. *Applied Soft Computing*, Vol. 69, PP: 33–59.
- [8] Cheraghalipour, A., Paydar, M. M., and Hajiaghaei-Keshteli, M. (2019). Designing and solving a bi-level model for rice supply chain using the evolutionary algorithms. *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 162, PP: 651–668.

- [9] Teimoury, E., Nedaei, H., Ansari, S., and Sabbaghi, M. (2013). A multi-objective analysis for import quota policy making in a perishable fruit and vegetable supply chain: A system dynamics approach. *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 93, PP: 37–45.
- [10] Etemadnia, H., Goetz, S. J., Canning, P., and Tavallali, M. S. (2015). Optimal wholesale facilities location within the fruit and vegetables supply chain with bimodal transportation options: An LP-MIP heuristic approach. *European Journal of Operational Research*, Vol. 244, No. 2, PP: 648–661.
- [11] Ibragimov, A., Sidique, S. F., and Tey, Y. S. (2019). Productivity for sustainable growth in Malaysian oil palm production: A system dynamics modeling approach. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 213, PP: 1051–1062.
- [12] Mohammadi, S., Arshad, F. M., Bala, B. K., and Ibragimov, A. (2015). System Dynamics Analysis of the Determinants of the Malaysian Palm Oil Price. *American Journal of Applied Sciences*, Vol. 12, No. 5, PP: 355–362.
- [13] Mohaghar, A., and Morovati sharif abadi, A. (2006). Modeling Just in Time Production Using System Dynamics Approach. *Management Research in Iran*, Vol. 10, No. 20, PP: 269–292 [In Persian].
- [14] Rich, K. M., Rich, M., and Dizyee, K. (2018). Participatory systems approaches for urban and peri-urban agriculture planning: The role of system dynamics and spatial group model building. *Agricultural Systems*, Vol. 160, PP: 110–123.
- [15] Walters, J. P., Archer, D. W., Sassenrath, G. F., Hendrickson, J. R., Hanson, J. D., Halloran, J. M., Alarcon, V. J. (2016). Exploring agricultural production systems and their fundamental components with system dynamics modelling. *Ecological Modelling*, Vol. 333, PP: 51–65.
- [16] Li, F. J., Dong, S. C., and Li, F. (2012). A system dynamics model for analyzing the eco-agriculture system with policy recommendations. *Ecological Modelling*, Vol. 227, PP: 34–45.
- [17] Kotir, J. H., Smith, C., Brown, G., Marshall, N., and Johnstone, R. (2016). A

- system dynamics simulation model for sustainable water resources management and agricultural development in the Volta River Basin, Ghana. *Science of The Total Environment*, Vol. 573, PP: 444–457.
- [18] Robalino-López, A., Mena-Nieto, A., and García-Ramos, J. E. (2014). System dynamics modeling for renewable energy and CO2 emissions: A case study of Ecuador. *Energy for Sustainable Development*, Vol. 20, PP: 11–20.
- [19] Crookes, D. J., and Blignaut, J. N. (2015). Debunking the myth that a legal trade will solve the rhino horn crisis: A system dynamics model for market demand. *Journal for Nature Conservation*, Vol. 28, PP: 11–18.
- [20] Harrison, J.R., Lin, Z., Carroll, G.R., and Carley, K.M. (2007). Simulation modeling in organizational and management research. *Academy of Management Review*, Vol. 32, PP: 1229–1245.
- [21] Blumberga, A., Bazbauers, G., Davidsen, P.I., Blumberga, D., Gravelins, A., Prodanuks, T. (2018). System dynamics model of a biotechnomy. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 172, PP: 4018-4032.
- [22] Agriculture Jihad. (2016). Agricultural Letter Statistics. *Department of Statistics and Information, Deputy of Planning and Support, Ministry of Agriculture Jihad*. Tehran.
- [23] Bala, B. K., Arshad, F. M., and Noh, K. M. (2017). Systems Thinking: System Dynamics. pp: 15–35.
- [24] Senge, P. M., and Forrester, J. W. (1980). Tests for building confidence in system dynamics models. *System Dynamics, TIMS Studies in Management Sciences*, Vol. 14, PP: 209–228.