

پیش‌بینی و کنترل بهینه ستاده‌های صنایع کشور با رویکرد مدل‌بندی فضای حالت و تبدیل لاپلاس

احمد رجبی*، عبدالرضا نداف**

چکیده

در این مقاله، از روش مدل‌بندی فضای حالت و تبدیل لاپلاس برای پیش‌بینی و کنترل بهینه ستاده‌های (ارزش افزوده و ارزش محصولات تولیدی) صنایع کشور استفاده شده است. برای این منظور، ابتدا همه گروه‌های صنعتی در قالب یک سیستم با داده‌ها و ستاده‌های مشخص در نظر گرفته شدند و براساس ارتباط بین داده‌ها و ستاده‌ها طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۴، معادلات فضای حالت با توجه به عملکرد صنایع کشور برآورد شد. سپس با انجام عملیات لاپلاس، رفتار هر یک از گروه‌های صنعتی در تبدیل داده‌ها به ستاده‌ها شناسایی و بر این اساس، برای پیش‌بینی و کنترل رفتار ستاده‌های هر یک از گروه‌های صنعتی اقدام شد. نتایج حاصل از روش پیشنهادی نشان دادند که استفاده از این روش در کنترل و پیش‌بینی بهینه ستاده‌ها در مقایسه با روش‌های موجود، مخصوصاً تابع انتقال، بسیار کارا تر است؛ چون اولاً روش پیشنهادی برای سیستم‌های دارای چندین ورودی و خروجی مناسب‌تر است و نتایج مطمئن‌تری را ارائه می‌کند و ثانیاً با توجه به معادلات فضای حالت تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها، رفتار سیستم قابل شناسایی خواهد بود و با شناخت رفتار سیستم می‌توان داده‌های مورد نظر را به سیستم وارد کرد و بر این اساس، ستاده‌ها را به صورت بهینه پیش‌بینی و کنترل کرد.

کلیدواژه‌ها: فضای حالت؛ گروه‌های صنعتی؛ تبدیل لاپلاس؛ داده‌ها و ستاده‌ها.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

تاریخ دریافت مقاله: ۹۳/۱۲/۲۰، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۲/۲۵

* دانش‌آموخته دکتری، دانشگاه شیراز (نویسنده مسئول).

E-mail: arajabi53@yahoo.co.uk

** استادیار، دانشگاه شیراز.

۱. مقدمه

سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی از عوامل مختلفی تأثیر می‌پذیرند و از حاصل تعامل این عوامل، رفتار واقعی آن‌ها تعیین می‌شود. بیشتر این سیستم‌ها دارای چندین ورودی و خروجی هستند و با استفاده از تابع انتقال^۱ فرآیند تبدیل داده‌ها به ستاده‌ها را مشخص می‌کنند. روش‌های متداولی که برای تعیین تابع انتقال در این سیستم‌ها استفاده می‌شود، برای سیستم‌های دارای ورودی و خروجی واحد، کاربرد دارند و سیستم‌های دارای ورودی و خروجی چندگانه با این روش‌ها قابل مدل‌بندی نیستند [۲۰]. روش فضای حالت^۲ یکی از الگوهای مطلوبی است که در مدل‌بندی رفتار سیستم‌های دارای ورودی و خروجی چندگانه کارایی مناسبی دارد. در این روش، داده‌های مورد نیاز برای کنترل آینده سیستم از حالت‌های فعلی سیستم به دست می‌آیند؛ از این رو، استفاده از روش مدل‌بندی فضای حالت برای کنترل و پیش‌بینی رفتار این سیستم‌ها بسیار مفید و کارا خواهد بود؛ چون در این روش، با شناخت رفتار سیستم می‌توان با توجه به ستاده‌های مطلوب، داده‌های مورد نظر را به سیستم وارد کرد و از این طریق ستاده‌ها را کنترل و پیش‌بینی کرد [۲۱]. با توجه به اهمیت و قابلیت‌های مدل‌بندی فضای حالت، به کاربرد این روش برای پیش‌بینی و کنترل رفتار سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی کمتر توجه شده است؛ اما از آنجا که عملکرد هر سیستم از طریق تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها (تابع انتقال) سنجیده می‌شود، اگر بتوان این فرآیند را مدل‌سازی کرد، به این مفهوم است که می‌توان رفتار حاکم بر عملکرد سیستم را شناخت و از این طریق برای کنترل و یا پیش‌بینی رفتار آن اقدام نمود.

با توجه به قابلیت‌های مطلوب روش پیشنهادی، در این مطالعه با در نظر گرفتن گروه‌های صنعتی کشور به عنوان یک سیستم کلان، ابتدا با استفاده از روش درون‌یابی، معادلات فضای حالت تبدیل داده‌ها به ستاده‌ها که در واقع نشان‌دهنده رفتار آن است برحسب گروه‌های مختلف صنعتی برآورد می‌شود و سپس با استفاده از روش تبدیل لاپلاس، مدل‌بندی پیش‌بینی و کنترل رفتار این سیستم‌ها ارائه خواهد شد تا بر این اساس بتوان رفتار آن‌ها را در دوره‌های آینده بررسی و کنترل کرد.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در بیشتر سیستم‌ها، برای نشان دادن ارتباط بین ورودی و خروجی‌ها از تابع انتقال استفاده می‌شود. این روش بیشتر برای سیستم‌های دارای تک‌ورودی و تک‌خروجی کاربرد دارد؛ اما مدل‌بندی فضای حالت این محدودیت‌ها را ندارد و انواع سیستم‌های با دادوستدهای چندگانه، سیستم‌های غیرخطی ناپیوسته و سیستم‌های مستقل از زمان را می‌توان با این روش تحلیل کرد. در مدل‌بندی فضای حالت از معادلات دیفرانسیل حاکم بر سیستم استفاده می‌شود. در این روش،

1. Transformation Function
2. State Space

رفتار سیستم به‌عنوان یک دستگاه معادلات دیفرانسیل، اساس مدل‌بندی فضای حالت را تشکیل می‌دهد (رابطه ۱). بر این اساس، فضای حالت را می‌توان به‌صورت زیر مدل‌بندی کرد:

$$\underline{X}' = A\underline{x} + B\underline{u} \quad (۱)$$

$$\underline{Y} = C\underline{x} + D\underline{u}$$

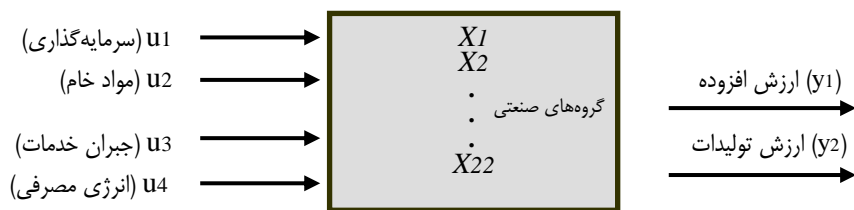
در این مدل، \underline{X} بردار حالت، A ماتریس سیستم، \underline{u} بردار ورودی، B ماتریس توزیع، \underline{Y} بردار خروجی یا بردار رفتار، C و D ماتریس خروجی یا ماتریس رفتار است [۱۹]. با توجه به مدل تعریف‌شده، شکل ماتریسی آن به‌صورت زیر خواهد بود:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11}(s) & a_{12}(s) & \dots & a_{1n}(s) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1}(s) & a_{n2}(s) & \dots & a_{nn}(s) \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} b_{11}(s) & b_{12}(s) & \dots & b_{1n}(s) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1}(s) & b_{n2}(s) & \dots & b_{nn}(s) \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} C_{11}(s) & C_{12}(s) & \dots & C_{1n}(s) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{n1}(s) & C_{n2}(s) & \dots & C_{nn}(s) \end{bmatrix} \quad D = \begin{bmatrix} d_{11}(s) & d_{12}(s) & \dots & d_{1n}(s) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{n1}(s) & d_{n2}(s) & \dots & d_{nn}(s) \end{bmatrix}$$

ماتریس ۱. مدل‌بندی فضای حالت

این روابط به‌صورت سیستمی در شکل شماره ۱ نشان داده شده است. در این شکل، گروه‌های صنعتی به‌عنوان عامل تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها در نظر گرفته شده است (ماتریس سیستم، A). ورودی‌های مدل شامل سرمایه‌گذاری، مواد خام، انرژی مصرفی و جبران خدمات (ماتریس توزیع، B) است. با توجه به ورودی‌ها، خروجی‌های مدل نیز (ماتریس رفتار، C و D) شامل ارزش افزوده و ارزش محصولات تولیدی توسط این بخش است.



شکل ۱. ارتباط داده و ستانده های سیستم چند ورودی و چند خروجی

در این مدل:

U_1, U_2, U_3, U_4 (سرمایه گذاری، مواد خام، انرژی مصرفی، جبران خدمات): داده‌ها

Y_1, Y_2 (ارزش افزوده، ارزش تولیدات): ستانده‌ها

X_1, X_2, \dots, X_{22} (عملیات تبدیل گروه‌های صنعتی): غیرهای حالت

موضوع فضای حالت یکی از مباحث نسبتاً جدید در علم ریاضیات و سری‌های زمانی است که ابتدا از سیستم‌های کنترل در سال ۱۹۷۰ و با تلاش‌های آگاتا مطرح شد و به تدریج در سایر رشته‌ها توسعه یافت و با چاپ کتاب پالایش بهینه اندرسن و مور^۱ در سال ۱۹۷۹ کاربردهای آن بیشتر شناخته شد. پس از آن، با مطالعات آنسلی و کوهن^۲ (۱۹۸۵)، این موضوع جایگاه خود را در مسائل مختلف پیدا کرد و مورد توجه محافل علمی قرار گرفت. کیتاگوا^۳ (۱۹۸۷) برای پیش‌بینی و پالایش سیستم‌های غیرمانا، از مدل‌بندی فضای حالت استفاده کرد و نشان داد که با استفاده از روش فضای حالت می‌توان به پالایش، هموارسازی و پیش‌بینی رفتار سیستم پرداخت. کارلین و همکاران^۴ (۱۹۹۲) معتقدند که روش فضای حالت به یک ابزار قدرتمند برای مدل‌بندی و پیش‌بینی سیستم‌های پویا تبدیل شده است؛ به طوری که این مدل در حیطه‌های گسترده‌ای از جمله علوم، اقتصاد و مهندسی به کار می‌رود.

هم‌زمان با معرفی روش فضای حالت و کاربردهای آن در سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی، افراد دیگری از این روش برای پیش‌بینی وضعیت متغیرها در شرایط غیرپایدار استفاده کردند. ولف^۵ (۱۹۸۷) از این روش برای بهبود عملکرد پیش‌بینی تغییرات نرخ ارز استفاده کرد و با مقایسه آن با سایر روش‌ها نتیجه گرفت که مدل‌بندی با استفاده از فضای حالت نتایج مطمئن‌تری را برای پیش‌بینی ارائه می‌کند. چانگ و داگلاس^۶ (۱۹۹۱) نیز از این روش برای پیش‌بینی نرخ ارز استفاده کردند. این تلاش‌ها به پذیرش و کاربرد روش‌های فضای حالت در پیش‌بینی و کنترل سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی منجر

1. Anderson & Moore
2. Ansley and Khon
3. Kitagawa
4. Carlin et al.
5. Wolff
6. Chaing & Doglass

شد؛ به طوری که آوک^۱ (۱۹۹۰) موضوع فضای حالت را در تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی و مباحث اقتصادسنجی وارد کرد و معتقد بود در مباحث اقتصادی و اجتماعی برخلاف مسائل فیزیکی، ارتباط بین داده و ستانده‌ها به طور واضح مشخص نیست که این موضوع تاحدودی کاربردهای این روش را در سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی با مشکل مواجه می‌کند.

طی دهه گذشته، بسیاری از پژوهشگران به کاربرد مدل‌بندی فضای حالت در مسائل کلان اقتصادی و صنعتی توجه کرده‌اند. آلن و پاسپاتی^۲ (۱۹۹۷) از مدل‌بندی فضای حالت برای پیش‌بینی و کنترل GDP کشور آمریکا استفاده کردند. همچنین، هروی^۳ (۱۹۹۳)، همیلتون^۴ (۱۹۹۴)، وست و هریسون^۵ (۱۹۹۷)، کیم و نلسون^۶ (۱۹۹۹)، دوربین و کاپمن^۷ (۲۰۰۲) و چان^۸ (۲۰۰۲) این روش را در مدل‌سازی سیستم‌های اقتصادی به کار بردند.

لین برگ و منالد^۹ (۲۰۰۸) با استفاده از روش معادلات فضای حالت، حساب‌های تولید ملی در بخش صنعت کشور آمریکا را تا سال ۲۰۲۵ مدل‌سازی کردند. در این مطالعه، از برون‌داد سایر بخش‌های اقتصادی و همچنین درون‌دادهای بخش صنعت به عنوان متغیرهای اساسی استفاده شد. نتایج این مدل نشان داد که روش‌های دارای ورودی و خروجی واحد در مدل‌سازی مسائل کلان‌کارایی چندانی ندارند و اطلاعات لازم را برای مدل‌سازی این سیستم‌ها فراهم نمی‌کنند؛ اما روش فضای حالت در مقایسه با روش‌های موجود کارایی بیشتری دارد.

میلر و سابریس^{۱۰} (۲۰۱۲) از مدل‌بندی فضای حالت برای مدل‌سازی فرآیند تولید محصولات در شش ایالت بزرگ آمریکا استفاده کردند. داده‌های استفاده‌شده برای این مطالعه مربوط به سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۸ بودند و بر این اساس، روند تغییرات متغیرهای مرتبط با تولید را در بخش‌های مختلف صنعت تا سال ۲۰۲۲ شبیه‌سازی کردند. این مطالعه میزان داده‌های مورد نیاز، از جمله انرژی مواد اولیه، نیروی انسانی و سرمایه را برای رسیدن به شرایط ایده‌آل و مطلوب تخمین می‌زند و در اختیار مدیران قرار می‌دهد.

در داخل کشور نیز مطالعات محدودی در این حوزه انجام شده است که به دو مورد آن اشاره می‌شود.

رضایی (۱۳۹۰) با استفاده از مدل‌بندی فضای حالت، عوامل مؤثر بر رشد بهره‌وری کل عوامل در اقتصاد ایران را براساس روش نهاده‌ها بررسی کرد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که برخی از

1. Aoki
2. Allen & Pasupathy
3. Harvey
4. Hamilton
5. West & Harrison
6. Kim & Nelson
7. Durbin & Koopman
8. Chan
9. Lindberg and Monaldo
10. Miller and Sabbarese

پارامترهای برون‌زا مانند نهادهای حاکمیتی (ثبات سیاسی و پاسخ‌گویی) و میزان دخالت دولت در کنار ملاک‌های نهادی قدیمی‌تر - مثل بی‌ثباتی اقتصاد کلان - اثر معنی‌دار بر تغییرات بهره‌وری داشته‌اند. همچنین، پسماندهای به‌دست‌آمده از این روش با نتایج حاصل از روش‌های مرسوم دیگر متفاوت است و کارایی بیشتری در صحت تخمین نتایج دارد.

فرازمند و همکاران (۱۳۹۲) از روش مدل‌بندی فضای حالت برای تعیین سیاست پولی و مالی بهینه در اقتصاد ایران استفاده کردند. برای این منظور با استفاده از نظریه کنترل بهینه، سیاست‌های پولی و مالی دولت در دوره قبل و قواعد پولی و مالی بهینه در شرایط اصلاح قیمت حامل‌های انرژی استخراج و بر این اساس، یک الگوی کلان اقتصادی برای مقادیر کمی بهینه طی سال‌های (۱۳۹۴-۱۳۹۰) پیش‌بینی شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که با استفاده از قواعد بهینه پولی و مالی می‌توان وضعیت متغیرهای کلان اقتصادی را بهبود بخشید.

۳. روش‌شناسی پژوهش

این تحقیق به صورت توصیفی پیمایشی است که در آن با در نظر گرفتن گروه‌های صنعتی کشور به عنوان یک سیستم و با توجه به دوره‌های گذشته، داده‌های مورد نیاز در طول سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۰ جمع‌آوری شده‌اند و بر اساس چگونگی ارتباط بین داده‌ها و ستاده‌ها، معادلات فضای حالت برآورد و سپس الگویی برای کنترل و پیش‌بینی این سیستم برحسب گروه‌های صنعتی ارائه خواهد شد.

متغیرهای مدل. براساس اطلاعات مرکز آمار، همه کارگاه‌های بزرگ برحسب طبقه‌بندی بین‌المللی (ISIC3)^۱ به ۲۲ گروه صنعتی تقسیم شده‌اند که از همین مبنا برای مدل‌بندی فضای حالت و تعریف متغیرهای مدل استفاده می‌شود [۴]. متغیرهای مدل به‌طور کلی شامل داده‌ها و ستانده‌ها هستند.

داده‌های مدل. با توجه به فرآیند تبدیل داده‌ها به ستاده‌ها، داده‌های در نظر گرفته شده عبارت‌اند از:

- سرمایه‌گذاری: منظور از سرمایه‌گذاری خرید دارایی‌های جدید و تغییر در موجودی انبار است. در این مدل، میزان سرمایه‌گذاری در طول دوره مورد بررسی به صورت یک بردار ورودی بر معادلات فضای حالت و تبدیل آن‌ها به ستاده‌ها تأثیر دارد؛

1. International Standard Industrial Classification

- مواد خام: مواد خام یکی از عوامل مهم در فرآیند تولید محصولات است که نشان‌دهنده ارزش ریالی مواد خام مستقیم و مواد مصرفی مربوط به بسته‌بندی برای ایجاد ستاندها است؛
- انرژی: انرژی مصرفی در بخش صنعت شامل سوخت، برق، آب و گاز است. این شاخص نشان‌دهنده ارزش ریالی انرژی مصرفی برای تولید محصولات است؛
- جبران خدمات کارکنان: این شاخص نشان‌دهنده هزینه استفاده از نیروی انسانی (حقوق و دستمزد، اضافه‌کاری، حق بیمه و ...) در بخش‌های مختلف صنعت است.

ستاندهای مدل. با توجه به اجزای مدل‌بندی فضای حالت، ستاندهای در نظر گرفته شده عبارت‌اند از:

- ارزش افزوده: ارزش افزوده یکی از شاخص‌های مهم سنجش کارایی در صنعت است. در مدل‌بندی فضای حالت، تک‌تک ورودی‌ها به‌نوبه خود بر میزان ارزش افزوده تأثیر خواهند گذاشت؛ بنابراین، بررسی رفتار ورودی‌های مدل بر ستاده‌های آن ترسیم‌کننده تابع انتقال خواهد بود.
- ارزش تولید محصولات: این شاخص نیز یکی از ستاندهای بخش صنعت محسوب می‌شود و تمامی داده‌ها به‌نحوی بر میزان آن تأثیر دارند. ارزش تولید محصولات شامل محصولات کامل تولیدشده، ضایعات قابل فروش و خدمات صنعتی می‌شود.

۴. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

با توجه به روابط بین ورودی‌ها و خروجی‌های مدل و الگوی مدل‌بندی معادلات فضای حالت، فرم ماتریسی فضای حالت برای گروه‌های صنعتی کشور در طول پنج دوره مورد بررسی، به‌صورت زیر مدل‌بندی می‌شود:

	۷۴	۷۸	۸۲	۸۴	۸۶	۹۰
سرمایه‌گذاری	۳۱۵۵	۷۵۸۴	۱۸۴۰۰	۲۲۶۴۱	۵۳۱۵۴	۶۲۹۷۴
مواد خام	۲۷۵۶۰	۷۲۲۰۳	۲۳۷۳۶۸	۳۱۲۰۱۰	۵۱۴۰۷۹	۱۹۲۴۹۳۳
انرژی مصرفی	۱۱۱۱	۴۰۹۸	۶۹۸۴	۸۹۱۰	۱۲۴۷۷	۴۹۳۳۳
جبران خدمات	۵۶۷۴	۱۴۰۸۸	۳۳۹۱۰	۳۸۱۴۵	۷۰۷۸۱	۱۲۶۶۸۶
ارزش افزوده	۱۹۲۹۲	۵۷۷۶۲	۱۴۲۴۲۱	۱۸۸۲۹۷	۳۰۷۸۲۰	۵۶۹۸۵۳
ارزش تولیدات	۴۰۵۵۹	۱۱۶۴۹۱	۳۲۷۴۰۹	۴۸۸۷۲۹	۸۰۲۹۴۹	۲۳۸۵۰۴۴

شکل ۲. فرم ماتریسی مدل‌بندی فضای حالت برحسب گروه‌های صنعتی

در این مدل، برای تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها از تابع انتقال (G(s)) استفاده شده است؛ به سخن دیگر، تابع انتقال نشان‌دهنده فضای حالتی است که ارتباط بین ورودی‌ها و خروجی‌ها را تعریف می‌کند. به‌عنوان مثال، در سال ۱۳۷۴ به‌ازای ۳۱۵۵ میلیارد ریال سرمایه‌گذاری، ۲۷۵۶۰ میلیارد ریال مصرف مواد خام، ۱۱۱۱ میلیارد ریال مصرف انرژی، ۵۶۷۴ میلیارد ریال جبران خدمات و ۱۹۲۹۲ میلیارد ریال ارزش افزوده توسط همه گروه‌های صنعتی ایجاد شده است و یا به‌ازای داده‌های بالا، ۴۰۵۵۹ میلیارد ریال محصول تولید شده است. در رابطه با سایر سال‌ها نیز این وضعیت قابل تحلیل است.

برای مدل‌بندی فضای حالت از روش‌های مختلفی می‌توان استفاده کرد. یکی از این روش‌ها درون‌یابی است. در این روش، برای تقریب مقادیر یک تابع از ارتباط بین مجموعه مقادیری از داده‌ها با ستاندها استفاده می‌شود. یکی از نکاتی که در تعیین ارتباط بین ورودی‌ها و خروجی‌ها باید در نظر گرفته شود، اطمینان از این است که داده‌های ورودی (متغیرهای مستقل) دقیقاً به ستاندها (متغیرهای وابسته) مرتبط باشند تا اطمینان حاصل شود که معادلات فضای حالت تا چه اندازه در تبیین ارتباط و تبدیل داده‌ها به ستاندها مؤثر هستند^۱. برای درون‌یابی روش‌های متعددی وجود دارد [۱۵]. با توجه این موضوع، در ادامه روش‌های به‌کاررفته در این تحقیق به‌طور مختصر معرفی می‌شوند.

روش اسپلاین^۲: در این روش، برای درون‌یابی از یک تابع چندجمله‌ای براساس داده‌های نمونه استفاده می‌شود و با استفاده از برازش منحنی، مقادیر نقاط نامعلوم برآورد می‌شوند. نتایج کاربرد این روش نشان داد که میزان خطای محاسبه‌شده نسبت به نتایج واقعی در سال مینا زیاد است؛ به طوری که با افزایش درجات اسپلاین، میزان خطای برآوردشده به نحو چشمگیری افزایش می‌یابد.

روش میانگین متحرک^۳: در این روش، برای درون‌یابی از فاصله بین نقاط مشاهده‌شده تا نقطه مورد نظر برحسب تغییر در دوره‌های زمانی استفاده می‌شود. برای این منظور با به‌کارگیری داده‌های در دسترس و محاسبه تابع انتقال، میزان خطای برآوردی با سال مینا بررسی شد. نتایج حاصل این روش نشان‌دهنده خطای کمتر در مقایسه با روش اسپلاین و کریجینگ است.

۱. برای این منظور، در این مطالعه ابتدا معنی‌دار بودن رابطه همبستگی بین داده‌ها و ستاندها بررسی شد؛ به طوری که رابطه همبستگی بین متغیر سرمایه‌گذاری با ارزش افزوده ۰/۹۷، رابطه مواد خام مصرفی با ارزش افزوده ۰/۹۹، رابطه انرژی مصرفی با ارزش افزوده ۰/۹۸ و رابطه بین ارزش افزوده با جبران خدمات ۰/۹۹ محاسبه شده است. این موضوع نشان می‌دهد که بین داده‌ها و ستاندها ارتباط معنی‌دار و بالایی وجود دارد.

2. Splin Method
3. Moving Average

روش حداقل مجذورات^۱: در این روش، برای درون‌یابی از کمترین فاصله نمودار داده‌ها با خط برازش شده استفاده می‌شود. نتایج حاصل از کاربرد این روش نشان‌دهنده خطای کمتری نسبت به سال مبنا است؛ اما در مقایسه با سایر روش‌ها زیاد چشمگیر نیست.

روش حداقل مجذورات دوبعدی^۲: در این روش، ارتباط بین داده‌ها و ستانده‌ها به صورت زوجی تعریف می‌شود؛ به این مفهوم که در فضای حالت، هر داده ورودی می‌تواند با یک ستانده خروجی و یا برداری از ستانده‌ها به صورت دوتایی با یکدیگر مرتبط شوند و بر این اساس، معادلات فضای حالت تعریف می‌شود.

با توجه به روش‌های درون‌یابی، مبنای کارآیی این روش‌ها مقایسه میزان خطای محاسبه‌شده بر اساس داده‌های واقعی و داده‌های برآوردی است. برای ارزیابی خطا از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$(۲) \quad MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Z(X_i) - Z(X^*_i)|$$

در این رابطه، X^*_i مقدار برآوردشده متغیر X_i ، $Z(X_i)$ مقدار مشاهده‌شده متغیر X_i (ستانده واقعی سال ۸۶)، n تعداد داده‌ها و MAE میانگین خطای مطلق است. بدیهی است که هرچه MAE کوچک‌تر باشد، نشان می‌دهد که مقادیر محاسبه‌شده از طریق درون‌یابی به مقادیر واقعی نزدیک‌تر است و در نتیجه مدل خطای کمتری دارد [۱۷].

در جدول ۱، میزان خطا با توجه به روش‌های مورد بررسی محاسبه و با یکدیگر مقایسه شده است. بر این اساس، بیشترین میزان خطا به روش کریجینگ و کمترین خطا به روش حداقل مجذورات وزنی دوبعدی مربوط است؛ بنابراین، برای محاسبه معادلات فضای حالت، از روش حداقل مجذورات دوبعدی استفاده می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Minimum Lees Square Method
2. Tow Dimension Minimum Lees Square Method

جدول ۱. محاسبه خطا روش‌های درون‌یابی براساس ستانده‌های سال مبنا

روش‌های درون‌یابی	ارزش افزوده بر اساس درون‌یابی	ارزش افزوده واقعی	میزان خطا بر حسب ارزش افزوده	درصد خطا بر حسب ارزش افزوده	ارزش محصولات بر حسب درون‌یابی	ارزش محصولات واقعی	میزان خطا بر حسب ارزش تولیدات	درصد خطا بر حسب ارزش تولیدات
اسپلین	۲۵۲۲۰۳	۲۶۶۱۰۷	۱۳۹۰۴	۵٪	۶۱۸۱۰۵	۶۶۴۳۱۴	۴۶۲۰۹	۷/۵۰٪
حداقل مجذورات وزنی دو بعدی	۳۱۳۰۲۸	۳۱۴۳۳۰	۱۳۰۲	۴٪	۸۱۳۹۳۵	۸۱۶۶۸۴	۲۷۴۹	۳٪
حداقل مجذورات	۳۱۴۰۳۵	۳۱۵۵۸۹	۱۵۵۴	۵٪	۸۱۴۱۹۲	۸۱۷۰۰۵	۲۸۱۳	۳۵٪
میانگین متحرک وزنی	۳۲۹۲۴۵	۳۳۴۶۰۱	۵۳۵۶	۱/۶۰٪	۸۲۱۶۷۱	۸۲۶۳۵۴	۴۶۸۳	۵۷٪

برآورد معادلات فضای حالت. در این تحقیق، برای محاسبه معادلات فضای حالت از روش درون‌یابی با توجه به داده‌های سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۶ استفاده می‌شود. داده‌های سال ۱۳۹۰ به‌عنوان مبنای راست‌آزمایی در نظر گرفته می‌شود؛ از این رو، ابتدا در محاسبه معادلات پایه به کار نمی‌رود. با وارد کردن داده‌های سال ۱۳۹۰، میزان ستاندها از روش درون‌یابی محاسبه و با خروجی واقعی سال ۱۳۹۰ مقایسه می‌شود تا اعتبار تک‌تک ورودی‌ها کنترل شود. برای ازدست ندادن داده‌های سال ۱۳۹۰، در تابع انتقال نهایی از روش اعتبارسنجی حذفی استفاده شده است. برای این منظور، ابتدا یکی از نقاط درون‌یابی به‌طور موقت حذف می‌شود و با استفاده از سایر نقاط، مقدار حدودی نقطه یادشده به‌دست می‌آید، سپس مقدار عددی آن نقطه به محل خود برگردانده می‌شود و این عمل برای نقطه بعدی تکرار می‌شود و بر این اساس، برای همه نقاط برآورد صورت می‌گیرد. به‌عنوان مثال معادله فضای حالت گروه‌های صنعتی برحسب داده میزان سرمایه‌گذاری و ستانده ارزش افزوده به‌صورت زیر برآورد شده است:

$$y=5.1732X+42041.8519$$

با توجه به داده‌های سال ۸۶ ($X=53154$)، ستانده حاصل از این معادله برابر با ۳۱۷۰۱۸ خواهد بود. این ستانده تفاوت کمی با ستانده واقعی (۳۰۷۸۲۰) در سال ۸۶ دارد که نشان‌دهنده دقت بالای روش به کار رفته است.

با توجه به گروه‌های صنعتی مورد نظر، معادلات فضای حالت این گروه‌ها به‌صورت زیر برآورد شده است. در این معادلات، همان‌طور که ملاحظه می‌شود (ماتریس ۱ و ۲)، به‌ازای درون‌داده‌های گروه‌های صنعتی، یک ماتریس ۴سطری و ۲۲ستونی تعریف شده است. سطرهای این ماتریس

نشان‌دهنده داده‌های ورودی (سرمایه‌گذاری، مواد مصرفی، انرژی و جبران خدمات) و ستون‌ها نیز نشان‌دهنده گروه‌های صنعت است^۱.

	بازیافت...	میلان	فلزات اساسی	شیمی	غذایی	کل صنعت
سرمایه‌گذاری	264X121+974	25X122+8504	1545X15-229	69X14+2251	27X13+1324	44X12+3821
مواد خام	104X221+847	43X222+26	51X25+240	64X24+3359	68X23+3513	33X22+2359
انرژی مصرفی	57X321+206	086X322+21	496X35+160	194X34-23761	266X33+2862	221X32-17
جبران خدمات	94X421+4866	15X422+45	235X45+90	94X44-9113	1148X43-9580	316X42+1031

ماتریس ۱. معادله فضای حالت درون‌داده‌های گروه‌های صنعتی براساس ارزش افزوده

سرمایه‌گذاری	141X11+77190	67X13+25770	165X14+4660	441X15-1477	288X121+1500	-117X122+137
مواد خام	158X21-14558	136X22-2560	167X23+2329	16X24+3324	158X25-111	146X221+3001
انرژی مصرفی	754X31-163477	1276X32-7540	653X33+713	47X34-59801	151X35-311	693X321+558
جبران خدمات	119X41-26600	1276X42-7540	278X43-29000	232X44-26768	68X45-401	107X421+952

ماتریس ۲. معادله فضای حالت درون‌داده‌های گروه‌های صنعتی براساس ارزش تولید محصولات

با توجه به معادلات فضای حالت و ستانده‌های حاصل از ورودی‌های سال ۸۶، مقدار نهایی معادلات برحسب گروه‌های صنعتی در ماتریس زیر نشان داده شده است. به‌عنوان مثال، مقدار درون‌یابی شده ارزش محصولات تولیدشده کل صنعت براساس شاخص سرمایه‌گذاری ۸۲۷۴۲۱ میلیارد ریال، براساس شاخص مواد خام ۷۹۹۲۱۴ میلیارد ریال، براساس شاخص انرژی مصرفی ۷۷۷۷۶۸ میلیارد ریال و براساس شاخص جبران خدمات ۸۱۳۹۰۸ میلیارد ریال محاسبه شده است (ماتریس شماره ۳ و ۴). با مقایسه این داده‌ها با اطلاعات ارزش تولیدات واقعی سال ۸۶ که برابر با ۸۰۲۹۴۰ میلیارد ریال است، مشخص می‌شود که میزان خطا درمقایسه با ستانده واقعی (۸۰۲۹۴۰) سال ۸۶ که به‌عنوان مبنای راست‌آزمایی در نظر گرفته شده بود، بسیار پایین است که این موضوع دقت روش درون‌یابی شده را نشان می‌دهد. این نتایج در نمودار شماره ۱ برحسب داده‌های استفاده‌شده و نتایج به‌دست‌آمده برحسب ستانده‌های سال مینا و نتایج حاصل از معادلات فضای حالت برآورده‌شده برحسب ارزش افزوده نشان داده شده است که نشان‌دهنده مطابقت بالای این دو ستانده است.

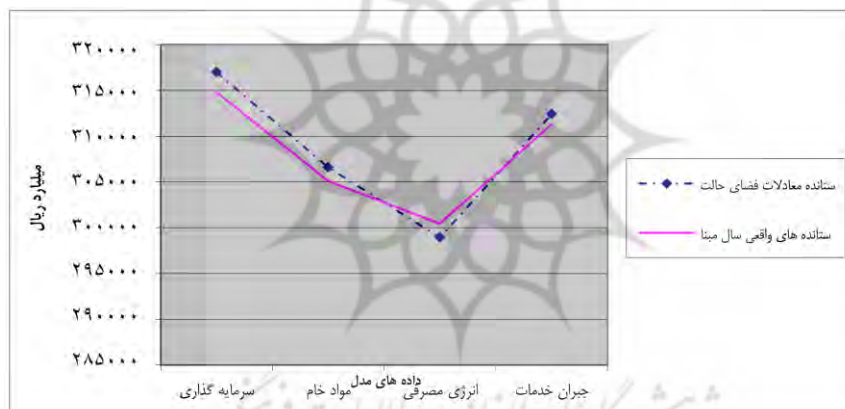
۱. به‌دلیل طولانی بودن معادلات، فقط بخشی از آن‌ها درج شده است.

	بازیافت	توتون	.....	مبلمان	فلزات اساسی	شیمی	غذایی	کل صنعت
سرمایه‌گذاری	6	921	....	1184	48900	58606	21094	317018
مواد خام	7.5	1038	....	1305	65098	58768	20664	306600
انرژی مصرفی	13	1066	.....	1301	55761	59060	19940	298938
جبران خدمات	6	1045	....	1270	63058	56331	2036	312415

ماتریس ۳. نتایج معادلات فضای حالت به‌ازای داده‌های سال مینا براساس شاخص ارزش افزوده

	بازیافت	توتون	..	مبلمان	فلزات اساسی	شیمی	غذایی	کل صنعت
سرمایه‌گذاری	6.11	1442	....	2761	115517	137670	74528	827471
مواد خام	14.2	1633	....	3197	157670	137870	71966	799214
انرژی مصرفی	13	1628	.....	3160	132733	138605	61301	777768
جبران خدمات	12	1588	....	3021	151916	131412	70555	813908

ماتریس ۴. نتایج معادلات فضای حالت به‌ازای داده‌های سال مینا براساس شاخص ارزش تولیدات



نمودار ۱. مقایسه ستانده‌های معادلات فضای حالت با ستانده‌های سال مینا

با توجه به معادلات فضای حالت، برای پیش‌بینی رفتار سیستم باید این معادلات را برحسب متغیرهای نرخ و سطح تعریف کرد و سپس با عملیات تبدیل لاپلاس و عکس آن، معادلات رفتار سیستم را تعیین نمود. برای این منظور، اگر متغیر سطح با X_1 و متغیر نرخ با X_2 به‌صورت رابطه زیر نشان داده شود:

$$\begin{aligned} X1(t) &= y(t) \\ X2(t) &= y'(t) \end{aligned} \quad (3)$$

با مشتق‌گیری از این معادلات، معادله دیفرانسیل حالت به‌دست می‌آید. برای تعیین رفتار سیستم با تبدیل لاپلاس و عکس آن می‌توان رفتار سیستم را به‌صورت زیر تعیین کرد^۱:

$$\begin{aligned} \underline{X}(S) &= \underline{x}(0)(SI - A)^{-1} \\ L^{-1} &= \underline{x}(0)(SI - A)^{-1} \end{aligned} \quad (4)$$

در این رابطه $\underline{X}(s)$ تبدیل لاپلاس، S عملگر تبدیل لاپلاس، A ماتریس رفتار سیستم، I ماتریس واحد و $\underline{X}(0)$ مقدار سیستم در مبدأ صفر است. همچنین L^{-1} نشان‌دهنده عکس تبدیل لاپلاس است [۱۹]. به‌طوری که می‌بینیم، با تبدیل و سپس عکس تبدیل لاپلاس می‌توان معادله سیستم را حل کرد و رفتار سیستم را تعیین کرد. با توجه به معادله دیفرانسیل، فضای حالت تعریف‌شده برای گروه‌های صنعتی، تبدیل لاپلاس این معادله برحسب داده‌ها (سرمایه‌گذاری، مواد خام، نیروی انسانی و انرژی) و ستانده ارزش افزوده به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\underline{X}(s) = \begin{bmatrix} \left[\frac{8s^2 + 1440s - 9427}{8s^3 + 1288s^2 - 8371s - 989}, \frac{120(s-7)}{8s^3 + 1288s^2 - 8371s - 989} \right] \\ \left[\frac{4s^2 - 318s + 985}{8s^3 + 1288s^2 - 8371s - 989}, \frac{66(2s+81)}{8s^3 + 1288s^2 - 8371s - 989} \right] \\ \left[\frac{2(934s - 5867)}{8s^3 + 1288s^2 - 8371s - 989}, \frac{2(4s^2 - 93s + 521)}{8s^3 + 1288s^2 - 8371s - 989} \right] \\ \left[\frac{67s^2 - 940s + 1163}{8s^3 + 1288s^2 - 8371s - 989}, \frac{11(115s + 617)}{8s^3 + 1288s^2 - 8371s - 989} \right] \\ \left[\frac{28s^2 - 154s - 137}{8s^3 + 1288s^2 - 8371s - 989}, \frac{22s^2 - 139s - 27}{8s^3 + 1288s^2 - 8371s - 989} \right] \\ \left[\frac{s^3 - 14s^2 + 10s + 14}{8s^3 + 1288s^2 - 8371s - 989}, \frac{19s^2 + 123s + 80}{8s^3 + 1288s^2 - 8371s - 989} \right] \\ \left[\frac{28s^2 - 178s + 111}{8s^3 + 1288s^2 - 8371s - 989}, \frac{22s^2 - 159s - 7}{8s^3 + 1288s^2 - 8371s - 989} \right] \\ \left[\frac{s^3 - 16s^2 - 165s - 33}{8s^3 + 1288s^2 - 8371s - 989}, \frac{27s^2 + 1445s + 94}{8s^3 + 1288s^2 - 8371s - 989} \right] \end{bmatrix}$$

با توجه به تبدیل لاپلاس و عکس تبدیل آن، جواب معادلات برحسب کل گروه‌های صنعتی به‌صورت زیر به‌دست می‌آید که به هریک از این روابط، ماتریس گذار حالت^۱ نیز گفته می‌شود.

۱. به‌دلیل طولانی شدن موضوع از ارائه اثبات روابط صرف‌نظر می‌شود. علاقه‌مندان می‌توانند برای دریافت اطلاعات بیشتر، به منابع ارجاع داده‌شده، مخصوصاً اگاتا (۱۹۷۰)، مراجعه کنند.

$$L^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{4531427935699} \left[\sum (4614982600a^2 + 739304082312a - 4928813164739)e^{-at} \right] \\ \frac{60}{4531427935699} \left[\sum (7663616a^2 + 1197434279a - 7299901267)e^{at} \right] \\ \frac{1}{4531427935699} \left[\sum (212269534a^2 + 12936522525a - 532657187906)e^{at} \right] \\ \frac{1}{4531427935699} \left[\sum (401998364a^2 + 69446230421a - 26879523908)e^{at} \right] \end{bmatrix}$$

این معادلات برحسب گروه صنایع غذایی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$L^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{4531427935699} \left[\sum (453995228a^2 + 19785004970a - 3177574339405)e^{at} \right] \\ \frac{1}{4531427935699} \left[\sum (766516596a^2 + 95072964403a - 544943028871)e^{at} \right] \\ \frac{1}{9062855871398} \left[\sum (2079976603a^2 + 134612824198a - 1346397111737)e^{at} \right] \\ -\frac{11}{9062855871398} \left[\sum (1763388016a^2 + 295707643771a - 596726795363)e^{at} \right] \end{bmatrix}$$

در این معادلات، a نشان دهنده مقدار اولیه سیستم است و t نشان دهنده دوره زمانی است که برحسب آن می‌خواهیم رفتار سیستم را کنترل و پیش‌بینی کنیم. در این حالت، اگر عناصر و پارامترهای سیستم به زمان وابسته باشند، مقدار اولیه نیز تابعی از زمان خواهد بود. به عنوان مثال، اگر برحسب معادله اول (متغیر سرمایه‌گذاری برحسب کل گروه‌های صنعتی)، مقدار اولیه (a) در هر سال برابر ده هزار میلیارد ریال و دوره زمانی (t) پیش‌بینی رفتار سیستم پنج سال آینده باشد، مقدار سرمایه‌گذاری با توجه به کل گروه‌های صنعتی برابر با ۴۱۸۵۹۰۵۴ میلیارد ریال خواهد بود. این معادلات در تعیین رفتار سیستم هم مفید خواهد بود و با استفاده از آن‌ها می‌توان رفتار سیستم را برحسب دوره‌های زمانی آینده پیش‌بینی کرد. به عنوان مثال، با تعیین رفتار سیستم برحسب الگوهای رایج و یا سایر الگوهای رفتاری می‌توان با توجه به مقدار ارزش افزوده مورد نظر، رفتار ورودی‌ها را برحسب دوره زمانی برآورد کرد. همچنین، با تغییر ورودی‌ها و پایش مداوم آن، رفتار سیستم نیز قابل کنترل خواهد بود.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

یکی از نتایج این تحقیق ارائه الگوی مناسب برای پیش‌بینی و کنترل ستانده‌های مطلوب برحسب گروه‌های صنعتی است. از آنجا که بیشتر سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی دارای چندین ورودی و خروجی هستند، استفاده از روش مدل‌بندی فضای حالت برای کنترل و پیش‌بینی رفتار

این سیستم‌ها بسیار مفید و کارا خواهد بود؛ زیرا با تعیین این معادلات و تبدیل لاپلاس، رفتار سیستم قابل شناخت خواهد بود. بدیهی است که با شناخت رفتار سیستم می‌توان با توجه به ستانده‌های مطلوب، داده‌های مورد نظر را به سیستم وارد و از این طریق ستانده‌ها را کنترل و پیش‌بینی کرد. به‌عنوان مثال، با توجه به معادلات فضای حالت محاسبه‌شده برای صنایع غذایی، اگر حجم سرمایه‌گذاری در پنج دوره آینده در هر سال ده میلیارد ریال باشد، مقدار ارزش افزوده حاصل براساس معادلات حاصل برابر با ۱۰۱۲۴۵ میلیارد ریال خواهد شد. این موضوع با نتیجه مطالعات آوک (۱۹۹۰)، لین برگ و منالد (۲۰۰۸) درخصوص کارایی این روش درمقایسه با سایر روش‌ها، مخصوصاً تابع انتقال در مدل‌بندی سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی، مطابقت دارد.

یکی دیگر از نتایج مهم این تحقیق سنجش کارایی داده‌ها با توجه به ستانده‌ها است. با توجه به اینکه کارایی داده‌های مختلف برحسب ستانده‌های واقعی با یکدیگر متفاوت است، اگر ستانده‌های درون‌یابی شده مربوط به داده‌ها از ستانده‌های واقعی کمتر باشد، به مفهوم کارایی کمتر است. به‌عنوان مثال، با توجه به نتایج معادلات فضای حالت ملاحظه می‌شود که کارایی انرژی مصرفی درمقایسه با داده‌های دیگر کمتر بوده است؛ به سخن دیگر، با انرژی مصرف‌شده به‌جای اینکه ارزش تولیدات حداقل برابر ۸۰۲۹۴۰ میلیارد ریال شود، ۷۷۷۶۸ میلیارد ریال به‌دست آمده است که ۲۵۲۶۰ میلیارد ریال کمتر بوده است. به این ترتیب، کارایی انرژی مصرفی در این بخش با توجه به داده‌های سال مینا و معادلات فضای حالت، ۹۷ درصد بوده است و کارایی سرمایه‌گذاری بیش از حد ستانده واقعی بوده است؛ چون میزان ستانده سرمایه‌گذاری ۸۲۷۴۷۱ میلیارد محاسبه شده که از ستانده‌های واقعی سال مینا ۲۴۵۳۱ میلیارد ریال بیشتر و نشان‌دهنده کارایی برابر با ۱۰۳ درصد است.

در این تحقیق، برای سنجش کارایی روش‌های مختلف درون‌یابی، از معیار خطا استفاده شد. براساس این معیار، مشخص شد که میزان خطا در روش حداقل مجذورات و مجذورات وزنی درمقایسه با روش‌های اسپلاین و کریجینگ کمتر است. این موضوع نشان می‌دهد که رفتار بین داده‌ها و ستانده‌های گروه‌های صنعتی کشور طی دوره مورد بررسی بیشتر به‌صورت خطی تغییر می‌کند. گفتنی است که کارایی روش‌های درون‌یابی برحسب موضوع مورد استفاده و یا حتی دوره زمانی، ممکن است متفاوت باشد. به‌عنوان مثال، کاربرد این روش در مطالعات شرایط آب‌وهوایی توسط مهدویان (۲۰۰۴) نشان داد که روش اسپلاین درمقایسه با سایر روش‌ها خطای کمتری دارد و در نتیجه کارایی آن بیشتر خواهد بود. همچنین، مطالعه میلر و سابریسس (۲۰۱۲) نشان داد که روش اسپلاین و کریجینگ در طول یک دوره پنج‌ساله درمقایسه با دوره بیست‌ساله خطای بیشتری دارند؛ به سخن دیگر، با افزایش بازه زمانی خطا کاهش می‌یابد و این درحالی است که روش‌های خطی کمتر تحت تأثیر بازه زمانی قرار می‌گیرند.

منابع

۱. رجبی، احمد (۱۳۸۷). سنجش کارایی صنایع استان فارس در مقایسه با کشور با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA). *مجله علمی پژوهشی دانشگاه اصفهان*، جلد ۳۱، شماره ۳، ۴۳-۲۶.
۲. رضایی، ابراهیم (۱۳۹۰). تحلیل اثرات عوامل نهادی بر رشد بهره‌وری کل عوامل در اقتصاد ایران با استفاده از مدل فضا حالت. *مجله مدل‌سازی اقتصادی*، شماره ۶، ۴۳-۶۰.
۳. فرازمنده، حسن، قربان‌نژاد، مجتبی و عبدالله پورجوان (۱۳۹۲). تعیین قواعد سیاست پولی و مالی بهینه در اقتصاد ایران. *مجله پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، دوره ۲۱، شماره ۶۷، ۸۸-۶۹.
۴. مرکز آمار ایران. سرشماری کارگاه‌های بزرگ صنعتی کشور، ۱۳۹۰-۱۳۷۴.
5. Allen, S, & Pasupathy, M. (1997). *A State Space Forecasting Model with Fiscal*, Federal Reserve Bank of St Louis.USA.
6. Ansley, C, F & Kohn R,(1985). Estimation filtering and smoothing in state space models with incompletely specified initial conditions, *Annals of Statistics*, 13, 1286-1316.
7. Aoki, M. (1990). *State Space Modeling of Time Series*, Springer Verlag.
8. Carlin B.P, Polson N.G & Stoffer D.S,(1992). A Monte Carlo Approach to Non Normal and Non Linear State Space Modelling, *JASA*, 87(418).
9. Chan, N. H. (2002). *Time series: application to Nance*, John Wiley & Sons, New York.
10. Chiang, C. & Douglas R. K(1991). Forecasting the Treasury Bill Rate: A Time-Varying Coefficient Approach, *The Journal of Financial Research*, 4, 327-36.
11. Durbin, J. & Koopman, S. J. (2002). A simple and ancient smoother for state space time series analysis, *Biometrical*, 89, 603-616.
12. Harvey, A. C. (1993). *Time Series Models*, 2nd edn, Harvester Wheatsheaf, Hemel Hempstead.
13. Kim, C. J. & Nelson, C. R. (1999). *State Space Models with Regime Switching*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
14. Kitagawa, G. (1987). Non Gaussian State-Space Modeling of Nonstationary Time Series, *Journal of the American Statistical Association*, 82 (400), 1032-1041.
15. Jong P. (1989). Smoothing and Interpolation with the State Space Model, *JASA*, VOL. 84, NO, 408.
16. Lindberg, B.M., & J.M. Monaldo. (2008). Annual Industry Accounts: Advanced Statistics on GDP by Industry for 2007, *Survey of Current Business*, 88(5), 38-50.
17. Mahdavian M.H. (2004). Investigation of Spatial Interpolation Methods to Determine the Minimum Error of Estimation case study. Temperature and Vapor Transpiration, *Journal of the American Statistical Association*, 74, 519-530.
18. Miller, T, W. & Sabbarese, D. (2012). An Economic Indicator for the State of the Economy in the Southeastern U.S., *The journal of regional analysis and policy*, NO: 42(1), 1-27.
19. Ogata, K. (1970). *Modern Control Engineering*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
20. Ogata, K. (1997). *System Dynamics*, Prentice ° Hall, 3rd Edition

21. Qina S. J. & Badgwell T. A. (2003). A Survey of Industrial Model Predictive Control Technology, *Control Engineering Practice*, 11, 733-764.
22. West, M. & Harrison, J. (1997). Bayesian Forecasting and Dynamic Models, 2nd edn, Springer-Verlag, New York.
23. Wolff, C, P. (1987). Time-Varying Parameters and the Out-of-Sample Forecasting Performance of Structural Exchange Rate Models, *Journal of Business and Economic Statistics*, 5, 87-97.

