









پس تابع زیان در رابطه‌ی (۹) به صورت زیر است:

$$\rho_k(y) = \min(k^2, y^2) = \varphi_k(y)^2 \quad (10)$$

نمودار کنترلی استوار با رسم خطاهای پیش‌بینی به‌دست آوردن حدود کنترلی با استفاده از برآورد واریانس استوار در تعیین خطاهای پیش‌بینی یک مرحله جلوتر در دنباله نقاط با برآوردگر واریانس  $\tau$  می‌توان نوشت:

$$\tau^2 = C_k \frac{S_0^2}{n-m} \sum_{t=m+1}^n \rho_k \left( \frac{e_t}{S_T} \right) \quad (11)$$

که در آن  $S_0$  به شکل زیر است:

$$S_0 = \text{med}_{m+1} \leq t \leq n |e_t|$$

عامل ثابت  $C_k$  در معادله فوق تضمین می‌کند که  $\tau^2$  برآوردگر سازگار واریانس جمعیت از یک توزیع نرمال است و برای  $k = 2$  و  $C_k = 1/404$ ، پس برآوردگر واریانس استوار بوده  $\tau$  نزدیک به صفر است، در نتیجه حدود کنترلی  $(1 - \alpha)$  به این صورت در نظر گرفته می‌شود:

$$UCL = Z\alpha/2 \times \tau \quad (12)$$

$$LCL = -Z\alpha/2 \times \tau$$

### ۳- یافته‌های پژوهش

در این بخش با آزمودن عددی، نمودار کنترلی استوار برای داده‌های سری زمانی را با در نظر گرفتن پیش‌بینی خطاها رسم می‌کنیم و آن را با نمودار کنترلی استاندارد برای داده‌های سری زمانی مقایسه می‌کنیم. این کار از طریق کاربرد این نمودارها در داده‌های واقعی مربوط به مدیریت پروژه‌های ساختمانی انجام می‌شود. به منظور اعمال مدیریت در پروژه‌های اجرایی به خصوص ساختمانی، لازم است که برنامه ریزی انجام کارها که مشخص-کننده‌ی تمام فعالیت‌ها، مدت انجام هر یک، ارتباط و وابستگی بین فعالیت‌ها، زمان شروع و زمان پایان هر فعالیت و ... می‌باشد. به منظور برقراری رابطه زمانی بین کارهای مختلف یک پروژه، برنامه‌ریزی پیشرفت کار تهیه می‌شود. به طوری که شروع مدت انجام هر فعالیت و پایان هر قسمت از کار بر حسب زمان تعیین شده باشد و در هر مقطع از زمان به توان کارهای مختلفی را که

باید در آن مقطع انجام گیرد تشخیص داده و وضعیت پیشرفت کار را تعیین نمود. برای تهیه‌ی برنامه پیشرفت کار به روش خطی، در ابتدا باید پروژه‌ی ساختمانی را به اجزای کاری آن تجزیه کرد. میزان این تقسیم‌بندی بستگی به نوع و ویژگی‌های طرح آن ساختمان بخصوص دارد که در پروژه‌های مختلف حد و عمق آن متفاوت می‌باشد. هم‌چنین در نظر گرفتن مانع‌ها و مشکل‌ها، نحوه‌ی تدارکات، پیش‌بینی‌های لازم برای حمل و حتی پیش‌بینی تأمین اعتبار و بودجه از مواردی است که می‌توان برای برخی از پروژه‌ها در نظر گرفت. معمولاً این کار بر اساس فهرست مقدارهای کار (متره اولیه) که عموماً قبل از شروع عملیات ساختمانی تهیه شده است و پیوست نقشه‌ها می‌باشد و یا بر مبنای حرفه و تخصص گروه‌های کاری انجام می‌گیرد. هر قسمت از کار را که در نتیجه تجزیه و تقسیم‌بندی کل کار تعیین و مشخص می‌شود، یک کنش (فعالیت) می‌نامیم. بدیهی است که هر کنش دارای یک زمان شروع و یک زمان پایان می‌باشد که هر کدام را یک مرحله می‌نامند. پس از تجزیه کل کار به اجزای آن باید رابطه تسلسلی بین کنش‌های مختلف را تعیین نمود. بسیاری از کنش‌ها ممکن است هم‌زمان انجام گیرند ولی برخی از آن‌ها از نظر زمانی به شکل یک زنجیره به دنبال یکدیگر قرار می‌گیرند به طوری که پایان یک کنش، لازمه شروع کنش بعدی می‌باشد. داده‌ها مربوط به اجرای عملیات مرکز ساختمان‌های کشاورزی و بیوتکنولوژی کرج است که از تاریخ ۱۳۸۶/۲/۱ شروع و در تاریخ ۱۳۸۸/۷/۹ به مرحله نازک‌کاری رسیده است که جدول ۱ داده‌های مربوط را نشان می‌دهد.

جدول ۱- داده‌های مربوط به زمان پروژه‌ی اجرای عملیات ساختمان

مقدار خطا	مدت زمان انجام پروژه (برحسب روز) $\gamma$	طرح زمان‌بندی اجرای عملیات ساختمان‌های کشاورزی و بیوتکنولوژی کرج متغیر $X$
	۳۰	تجهیز کارگاه
۰	۳۰	خاک برداری اولیه
۸۸۶	۹۱۶	ساختمان آزمایشگاه
-۹۱	۸۲۵	اسکلت و سفت‌کاری آزمایشگاه
-۸۰۵	۲۰	خاک‌برداری آزمایشگاه
۵۰	۷۰	فونداسیون آزمایشگاه
۰	۷۰	اجرای ستون‌ها و سقف طبقه همکف آزمایشگاه
۰	۷۰	اجرای ستون‌ها و سقف طبقه اول آزمایشگاه
۰	۷۰	اجرای ستون‌ها و سقف طبقه دوم آزمایشگاه
۰	۷۰	اجرای ستون‌ها و سقف طبقه سوم آزمایشگاه
۰	۷۰	اجرای ستون‌ها و سقف طبقه چهارم آزمایشگاه
-۱۰	۶۰	اجرای ستون‌ها و سقف طبقه پنجم آزمایشگاه
-۳۰	۳۰	اجرای ستون‌ها و سقف طبقه خرپشته آزمایشگاه
۰	۳۰	تیغه‌بندی طبقه همکف آزمایشگاه
-۵	۲۵	تیغه‌بندی طبقه اول آزمایشگاه

برای هر  $y_t$  در دنباله نقاط که در آن  $t > n$  است از توزیع نرمال استاندارد استفاده شده است. پس می‌توان مقدار  $e_t$  را در نمودار کنترلی با استفاده از نرم‌افزار رسم کرد. زمان را با متغیر  $y$  و اجرای عملیات را با متغیر  $X$  نمایش می‌دهیم پس محاسبه‌ها و نمودارهای کنترلی استاندارد برای دو متغیر به صورت زیر به دست آمده است:

جدول ۲: محاسبه‌ی توان دوم خطاهای متغیر  $y$  با استفاده از نرم‌افزار

Lag	Autocorrelation	Std. Error <sup>a</sup>	Box-Ljung Statistic		
			Value	Df	Sig. <sup>b</sup>
۱	۰,۴۴۹	۰,۱۶۹	۷,۰۸۰	۱	۰,۰۰۸
۲	-۰,۰۶۱	۰,۱۶۶	۷,۲۱۴	۲	۰,۰۲۷
۳	۰,۰۰۵	۰,۱۶۳	۷,۲۱۵	۳	۰,۰۶۵
۴	۰,۰۳۵	۰,۱۶۰	۷,۲۶۳	۴	۰,۱۲۳
۵	۰,۰۳۴	۰,۱۵۸	۷,۳۱۰	۵	۰,۱۹۹
۶	۰,۰۳۱	۰,۱۵۵	۷,۳۵۰	۶	۰,۲۹۰
۷	۰,۰۲۹	۰,۱۵۲	۷,۳۸۵	۷	۰,۳۹۰
۸	۰,۰۲۱	۰,۱۴۹	۷,۴۰۶	۸	۰,۴۹۴
۹	-۰,۰۰۵	۰,۱۴۵	۷,۴۰۶	۹	۰,۵۹۵
۱۰	-۰,۰۲۶	۰,۱۴۲	۷,۴۳۹	۱۰	۰,۶۸۳
۱۱	-۰,۰۳۰	۰,۱۳۹	۷,۴۸۷	۱۱	۰,۷۵۸
۱۲	-۰,۰۳۲	۰,۱۳۶	۷,۵۴۴	۱۲	۰,۸۲۰
۱۳	-۰,۰۳۶	۰,۱۳۲	۷,۶۱۸	۱۳	۰,۸۶۸
۱۴	-۰,۰۳۹	۰,۱۲۹	۷,۷۰۸	۱۴	۰,۹۰۴
۱۵	-۰,۰۴۱	۰,۱۲۵	۷,۸۱۷	۱۵	۰,۹۳۱
۱۶	-۰,۰۵۲	۰,۱۲۱	۷,۹۹۸	۱۶	۰,۹۴۹

۵	۳۰	تیغ‌بندی طبقه دوم آزمایشگاه
-۵	۲۵	تیغ‌بندی طبقه سوم آزمایشگاه
۵	۳۰	تیغ‌بندی طبقه چهارم آزمایشگاه
-۵	۲۵	تیغ‌بندی طبقه پنجم آزمایشگاه
-۱۰	۱۵	تیغ‌بندی طبقه خریشته آزمایشگاه
۵	۲۰	نصب چهارچوب و کادر کاذب طبقه همکف آزمایشگاه
۰	۲۰	نصب چهارچوب و کادر کاذب طبقه اول آزمایشگاه
۰	۲۰	نصب چهارچوب و کادر کاذب طبقه دوم آزمایشگاه
۰	۲۰	نصب چهارچوب و کادر کاذب طبقه سوم آزمایشگاه
۰	۲۰	نصب چهارچوب و کادر کاذب طبقه چهارم آزمایشگاه
۰	۲۰	نصب چهارچوب و کادر کاذب طبقه پنجم آزمایشگاه
-۱۳	۷	نصب چهارچوب و کادر کاذب طبقه خریشته آزمایشگاه
۸۴	۹۱	بام‌سازی آزمایشگاه
-۸۱	۱۰	دور چینی بام آزمایشگاه
۰	۱۰	شیب‌بندی بام آزمایشگاه
-۴	۶	ایزولاسیون آزمایشگاه
-۱۴	۲۰	کف سازی نهایی آزمایشگاه

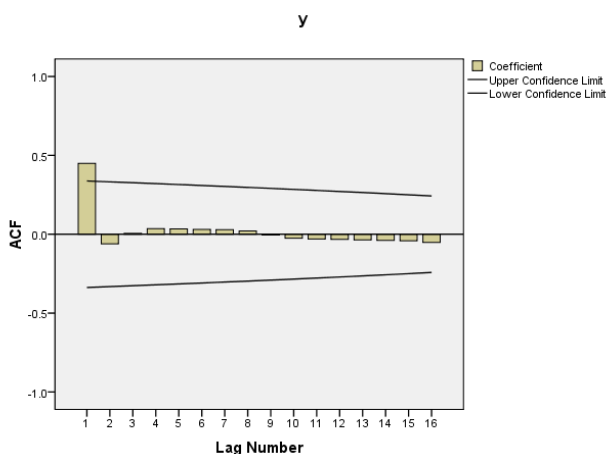
در این مطالعه دوره‌ی شروع به مدت ۳۰ روز بوده و داده‌ها در مدت زمان ۲۷۷۵ روز جمع اوری شده است، که شامل ۳۲ مشاهده می‌باشد. مقدار پارامترهای  $\lambda_1$  و  $\lambda_2$  در رابطه (۲) را که پارامترهای هموار ساز نام دارند در روش استاندارد (۰/۳ و ۰/۲) در نظر می‌گیریم. حال در فرمول‌های (۱)، (۲)، (۳) جای‌گذاری کرده و خطاها را به دست آورده و در جدول بالا جای‌گذاری می‌کنیم. در نمودار کنترلی، خطاهای پیش‌بینی نرمال در نظر گرفته می‌شوند و برای محاسبه‌ی حدود کنترلی، از خطای پیش‌بینی  $e_t$  از دنباله نقاط  $t = m + 1, \dots, n$  استفاده می‌کنیم.  $S^2$  که مجموع توان‌های دوم خطاها در دنباله نقاط بدون در نظر گرفتن مشاهده اولیه است را به صورت زیر در نظر می‌گیریم:

$$S^2 = \frac{\sum_{t=m+1}^n e_t^2}{n - m} = \frac{1459050}{27750 - 30} = 531/53$$

و با توجه به این فرمول‌ها حدود کنترلی را به صورت زیر به دست می‌آوریم و همان‌طور که در بخش قبلی گفته شد برای توزیع نرمال استاندارد مقدار را ۳ در نظر می‌گیریم. از آن‌جا که مقدار هدف برای خطاهای پیش‌بینی صفر است پس حدود کنترل به صورت زیر نوشته می‌شوند:

$$UCL = 3 \times 23/054 = 69/162$$

$$LCL = -3 \times 23/054 = -69/162$$



شکل ۱ نمودار کنترلی استاندارد با تأخیر ۱-۱۶

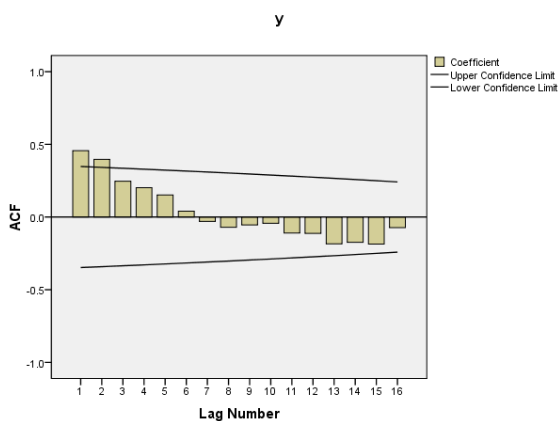
استوار نشان می‌دهد که با مجذور خطاها تغییر پذیری فرایند نیز کاهش می‌یابد.

جدول ۴- محاسبه توان دوم خطاها برای متغیر  $y$  با استفاده از پارامترهای هموار استوار

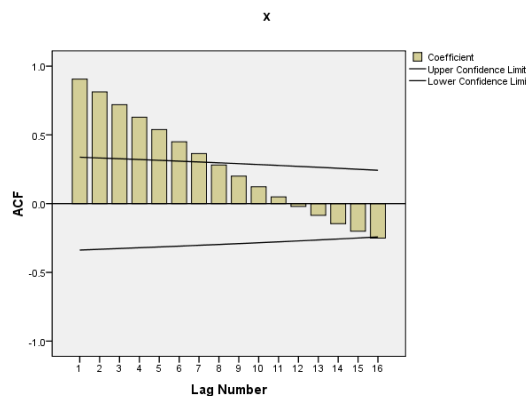
Lag	Autocorrelation	Std. Error <sup>a</sup>	Box-Ljung Statistic		
			Value	Df	Sig. <sup>b</sup>
۱	۰,۴۵۶	۰,۱۷۴	۶,۸۹۶	۱	۰,۰۰۹
۲	۰,۳۹۷	۰,۱۷۱	۱۲,۲۹۷	۲	۰,۰۰۲
۳	۰,۲۴۶	۰,۱۶۸	۱۴,۴۵۵	۳	۰,۰۰۲
۴	۰,۲۰۲	۰,۱۶۵	۱۵,۹۶۵	۴	۰,۰۰۳
۵	۰,۱۵۲	۰,۱۶۱	۱۶,۸۴۸	۵	۰,۰۰۵
۶	۰,۰۴۰	۰,۱۵۸	۱۶,۹۱۳	۶	۰,۰۱۰
۷	-۰,۰۳۰	۰,۱۵۵	۱۶,۹۵۱	۷	۰,۰۱۸
۸	-۰,۰۷۰	۰,۱۵۱	۱۷,۱۶۷	۸	۰,۰۲۸
۹	-۰,۰۵۵	۰,۱۴۸	۱۷,۳۰۴	۹	۰,۰۴۴
۱۰	۰,۰۴۳	۰,۱۴۴	۱۷,۳۹۴	۱۰	۰,۰۶۶
۱۱	-۰,۱۱۰	۰,۱۴۱	۱۸,۰۱۰	۱۱	۰,۰۸۱
۱۲	-۰,۱۱۲	۰,۱۳۷	۱۸,۶۸۵	۱۲	۰,۰۹۶
۱۳	-۰,۱۸۵	۰,۱۳۳	۲۰,۶۱۰	۱۳	۰,۰۸۱
۱۴	-۰,۱۷۴	۰,۱۲۹	۲۲,۴۱۹	۱۴	۰,۰۷۰
۱۵	-۰,۱۸۶	۰,۱۲۵	۲۴,۶۲۸	۱۵	۰,۰۵۵
۱۶	-۰,۰۷۳	۰,۱۲۱	۲۴,۹۹۲	۱۶	۰,۰۷۰

جدول ۳ مربوط به محاسبه‌ی توان دوم خطاها برای متغیر  $x$

Autocorrelation	Std. Error <sup>a</sup>	Box-Ljung Statistic		
		Value	Df	Sig. <sup>b</sup>
۰,۹۰۶	۰,۱۶۹	۲۸,۸۲۵	۱	۰,۰۰۰
۰,۸۱۳	۰,۱۶۶	۵۲,۷۸۸	۲	۰,۰۰۰
۰,۷۲۰	۰,۱۶۲	۷۲,۲۴۸	۳	۰,۰۰۰
۰,۶۲۹	۰,۱۶۰	۸۷,۶۰۶	۴	۰,۰۰۰
۰,۵۳۹	۰,۱۵۸	۹۹,۲۹۴	۵	۰,۰۰۰
۰,۴۵۰	۰,۱۵۵	۱۰۷,۷۸۱	۶	۰,۰۰۰
۰,۳۶۴	۰,۱۵۲	۱۱۳,۵۵۶	۷	۰,۰۰۰
۰,۲۸۱	۰,۱۴۹	۱۱۷,۱۳۰	۸	۰,۰۰۰
۰,۲۰۰	۰,۱۴۵	۱۱۹,۰۲۷	۹	۰,۰۰۰
۰,۱۲۳	۰,۱۴۲	۱۱۹,۷۷۵	۱۰	۰,۰۰۰
۰,۰۴۹	۰,۱۳۹	۱۱۹,۹۰۱	۱۱	۰,۰۰۰
-۰,۰۲۰	۰,۱۳۶	۱۱۹,۹۲۳	۱۲	۰,۰۰۰
-۰,۰۸۵	۰,۱۳۲	۱۲۰,۳۴۰	۱۳	۰,۰۰۰
-۰,۱۴۶	۰,۱۲۹	۱۲۱,۶۲۳	۱۴	۰,۰۰۰
-۰,۲۰۱	۰,۱۲۵	۱۲۴,۲۰۸	۱۵	۰,۰۰۰
-۰,۲۵۱	۰,۱۲۱	۱۲۸,۴۸۳	۱۶	۰,۰۰۰



شکل ۳ نمودار کنترلی استوار با تأخیر ۱-۱۶



شکل ۲- نمودار کنترلی استاندارد برای متغیر  $x$

با توجه به نمودارهای کنترلی استاندارد می‌بینیم که از تأخیرهای ۱ تا ۶ خارج از حدود کنترلی قرار می‌گیرند. حال با محاسبه توان دوم خطاها نمودار کنترلی استوار را رسم می‌کنیم که در شکل ۳ نشان می‌دهد که نمودار کنترلی

جدول ۵- محاسبه توان دوم خطاها برای متغیر X با استفاده از پارامترهای هموار استوار

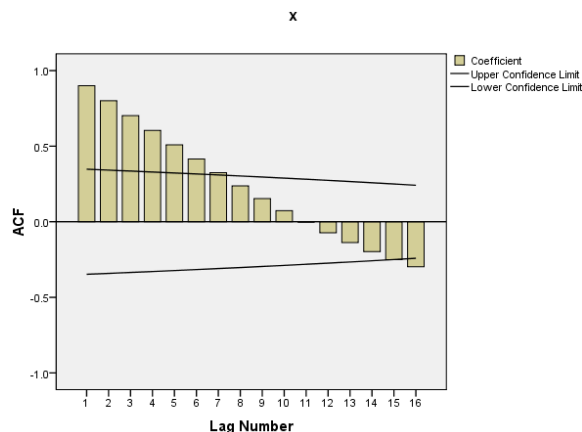
Lag	Autocorrelation	Std. Error <sup>a</sup>	Box-Ljung Statistic		
			Value	Df	Sig. <sup>b</sup>
۱	۰,۹۰۰	۰,۱۷۴	۲۶,۸۱۴	۱	۰,۰۰۰
۲	۰,۸۰۰	۰,۱۷۱	۴۸,۷۸۱	۲	۰,۰۰۰
۳	۰,۷۰۲	۰,۱۶۸	۶۶,۲۹۲	۳	۰,۰۰۰
۴	۰,۶۰۴	۰,۱۶۵	۷۹,۷۸۲	۴	۰,۰۰۰
۵	۰,۵۰۹	۰,۱۶۱	۸۹,۷۲۷	۵	۰,۰۰۰
۶	۰,۴۱۶	۰,۱۵۸	۹۶,۶۳۵	۶	۰,۰۰۰
۷	۰,۳۲۵	۰,۱۵۵	۱۰۱,۰۴۱	۷	۰,۰۰۰
۸	۰,۲۳۷	۰,۱۵۱	۱۰۳,۵۰۰	۸	۰,۰۰۰
۹	۰,۱۵۳	۰,۱۴۸	۱۰۴,۵۷۶	۹	۰,۰۰۰
۱۰	۰,۰۷۳	۰,۱۴۴	۱۰۴,۸۳۴	۱۰	۰,۰۰۰
۱۱	-۰,۰۰۲	۰,۱۴۱	۱۰۴,۸۳۵	۱۱	۰,۰۰۰
۱۲	-۰,۰۷۳	۰,۱۳۷	۱۰۵,۱۱۷	۱۲	۰,۰۰۰
۱۳	-۰,۱۳۸	۰,۱۳۳	۱۰۶,۱۹۳	۱۳	۰,۰۰۰
۱۴	-۰,۱۹۸	۰,۱۲۹	۱۰۸,۵۳۵	۱۴	۰,۰۰۰
۱۵	-۰,۲۵۱	۰,۱۲۵	۱۱۲,۵۶۱	۱۵	۰,۰۰۰
۱۶	-۰,۲۹۷	۰,۱۲۱	۱۱۸,۶۲۸	۱۶	۰,۰۰۰

#### ۴- بحث و نتیجه‌گیری

در برخی از موارد هم‌چون اجرای پروژه‌های ساختمانی که دارای فعالیت‌های مشابه می‌باشد مانند ساختمان‌های چند طبقه و یا مواقعی که حجم و وسعت و مترای کارها زیاد است، به دلایل مختلفی از قبیل سعی در کاهش زمان انجام عملیات اجرایی کار، کم کردن هزینه‌ها، محدودیت‌های فیزیکی، لزوم رعایت موارد ایمنی، به‌کارگیری تعداد مناسب نیروی انسانی متخصص یا کارگران ساده و ... که بخشی از تدابیر لازم برای مدیریت پروژه می‌باشند استفاده از مدل پیش‌بینی مناسب و کارا در پیش‌بینی زمان و هزینه‌ها نقش اساسی دارد. در این پژوهش، داده‌های سری‌زمانی که رفتار نامان از خود نشان می‌دهند را از روش هولت-وینترز برای پیش‌بینی یک قدم جلوتر سری‌ها استفاده کرده و نمودار کنترلی استوار و نمودار کنترلی استاندارد برای این داده‌ها رسم می‌شود. برای بررسی این رویکرد داده‌های مربوط به پروژه ساختمانی که روزانه و در مدت زمان ۲۷۷۵ روز جمع‌آوری شده است را برای محاسبات و رسم نمودارهای کنترلی استوار و نمودار کنترلی استاندارد استفاده کرده و نمودار کنترلی استوار به ما اطمینان می‌دهد با رسم خط‌های پیش‌بینی یک قدم جلوتر از روش هولت-وینترز نمودار همچنان پایدار باقی می‌ماند. هدف طرح کاهش زیان است که در اثر انحرافها صورت می‌گیرد و نمودار کنترلی استوار بیان‌گر آن است که اگر آماره تحت تأثیر چند داده غیر طبیعی و نادرست قرار گیرد و یا در صورت عدم تحقق چند پذیره، نمودار کنترلی استوار کماکان معتبر می‌ماند. مزایای اصلی این است که این روش در مقایسه با روش‌های پیش‌بینی پیچیده‌تر دیگر به آسانی اجرا می‌شود.

#### ۵- سپاس‌گزاری

این پژوهش با حمایت معنوی و مالی معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علامه طباطبایی از هسته پژوهشی کیفیت انجام پذیرفته است.



شکل ۴- نمودار کنترلی استوار با تأخیر ۱-۱۶ برای متغیر X.

با توجه به نمودارهای کنترلی برای دو متغیر می‌بینیم که نمودار کنترلی استوار با وجود داده‌های پرت همچنان پایدار باقی می‌ماند و داده‌های پرت تأثیری بر نمودار کنترلی استوار ندارد و تأخیرهای ۱-۱۶ برای پیش‌بینی خطاها نشان می‌دهد پراکندگی داده‌ها بین صفر و یک است که نمودار کنترلی استوار پایدارتر از نمودار



## ۶- منابع

- [۱۲] بزرگنیا و نیرومند، ابوالقاسم و حسین علی، (۱۳۷۴). سری-های زمانی، تهران، دانشگاه پیام نور، ص ۳-۶
- [۱۳] باکس و جنکینز، جی.ای پی و جی.ام، (۱۹۷۰). تحلیل سری‌های زمانی، پیش‌بینی و کنترل.
- [14] Shariati, N., Shahriari, H., Shafaei, R. "Parameter Estimation of Autoregressive Models Using Iteratively
- [15] Robust Filtered Fast- $\tau$  Method." *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 2012. DOI: 10.1080/03610926.2012.72505.
- [16] Omar, M. "A Simple Robust Control Chart Based on MAD." *Journal of Mathematics and Statistics*, Vol. 4, 2008, pp. 102-107.
- [17] Khoo, B. C. "Robust Time Weighted Control Charts for the Process Variance" *International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*, Vol. 12, No. 5, 2005, pp. 439-458.
- [18] Stefatos, G., Hamza, A.B., "Fault Detetion Using Robust Multivariate Control Cahrt." *Expert System with Applications*, Vol. 36, No. 3, 2009, pp. 5888-5894.
- [19] Shahriari, H., Ahmadi, O., Shokouhi, A. H., "A Robust R Control Chart Based on a Two-Step Estimator of the Process Dispersion." *Journal of Applied Statistic. Journal of Quality Engineering*, Vol. 36, 2011, pp. 118-143.
- [20] Croux, C., Gelper, S., Mahieu, K., "Robust Control Charts for Time Series Data." *Expert System with Applications*, Vol. 38, 2011, pp. 13810-13815
- [21] Kalaker, P. S. (2004). *Time series forecasting using holt-winters exponential smoothing*. Kanwal Rekhi Scool of Information Technology.
- [22] Gepler, S. Fried, & Croux, C. (2010). Robust Forecasting with Exponential and Hoit-Winters Smoothing. *Journal of Forecasting*, 29(3), 285-300
- [۱] سیف، اصغر، (۱۳۸۹). طراحی آماری-اقتصادی نمودار کنترل  $T^2$  هتلینگ با اندازه‌ی نمونه و حدود کنترل متغیر. پایان-نامه‌ی دکتری، تهران، واحد علوم و تحقیقات.
- [۲] بامنی‌مقدم، محمد، (۱۳۸۴). کنترل کیفیت آماری. چاپ اول، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- [۳] بامنی‌مقدم، محمد، (۱۳۸۴). کنترل کیفیت آماری. چاپ اول، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- [۴] نجمی ساروقی، نسیمه، (۱۳۹۰). طراحی آماری- اقتصادی نمودار کنترلی چندمتغیره‌ی  $T^2$  هتلینگ با اندازه‌ی نمونه‌ی متغیر. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، تهران، دانشکده‌ی اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی.
- [5] Alwan, L. C., & Roberts, H. V. "Time-series modeling for statistical process Control". *Journal of Business & Economic Statisticst t (1988)*. 6(1), 87-95.
- [6] Nembhard, H. B., & Changpetch, P. (2007). *Directed monitoring using cuscore charts for seasonal time series*. *Quality and Reliability Engineering International*, 23,219-232.
- [7] Vander Wiel, S. (1996). *Monitoring processes that wander using integrated moving everage models*. *Technometrics*, 38(2).
- [8] Rocke, D. M. (1989). *Robust control charts*. *Technometrics*, 31(2), 173-184. Rocke, D. M. (1992). *Xq and rq charts: Robust control charts*. *The Statistician*, 41(1), 97-104.
- [9] Tatum, L. G. (1997). *Robust estimation of the process standard deviation for control charts*. *Technometrics*, 39(2), 127-141.
- [10] Vargas, J. A. (2003). *Robust estimation in multivariate control charts for individual observations*. *Journal of Quality Technology*, 35(4).
- [11] Alfaro, J., & Ortega, J. (2009). *A comparison of robust alternatives to Hotelling's T2 control chart*. *Journal of Applied Statistics*, 36(12), 1385-1396.

پانویس‌ها:

<sup>15</sup> Median Absolute Deviation<sup>16</sup> Khoo<sup>17</sup> Stefatos & Hamza<sup>18</sup> Additive Outliers<sup>19</sup> Replacement Outliers<sup>20</sup> Innovation Outliers<sup>21</sup> Croux<sup>22</sup> Robust Holt-Winters<sup>23</sup> One-step-ahead forecast error<sup>24</sup> Robust scale Estimate<sup>25</sup> Kaleker<sup>26</sup> Gepler<sup>27</sup> Feriad<sup>28</sup> Courex<sup>1</sup> Control charts<sup>2</sup> Statistical Process Control (SPC)<sup>3</sup> Shewhart<sup>4</sup> Aiwan<sup>5</sup> Raberts<sup>6</sup> Nembhard<sup>7</sup> Vander Wiel<sup>8</sup> Rocke<sup>9</sup> Tatum<sup>10</sup> Vargas<sup>11</sup> Alfaro<sup>12</sup> Ortega<sup>13</sup> Iteratively Robust Filtered Fast Tau<sup>14</sup> Omar