شانزدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع ایران
16th Iranian International Industrial Engineering Conference
۲-۳ بهمن ماه، ۱۳۹۸ 22-23 January2020

توسعه یک طرح نمونه‌گیری به منظور پذیرش جدید با درنظرگرفتن روش حداقل زاویه و براساس شاخص بازده فرآیند S_{pk}

سیده عاطفه بنی‌هاشمی[۱]، محمدصابر فلاح نژاد[۲]، امیرحسین امیری[۳]، محمد صالح اولیاء[۴]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد گروه مهندسی صنایع، یزد ؛ Banihashemi.atefe@gmail.com

[۲]دانشیار، دانشگاه یزد گروه مهندسی صنایع، یزد؛ fallahnezhad@yazd.ac.ir

[۳]دانشیار، دانشگاه شاهد گروه مهندسی صنایع، تهران؛ Amiri@shahed.ac.ir

[۴]استاد، دانشگاه یزد گروه مهندسی صنایع، یزد؛ owliams@yazd.ac.ir

چکیده

طرح‌های نمونه‌گیری به منظور پذیرش، برای تصمیم‌گیری درباره کیفیت محصولات استفاده می‌شوند. این طرح‌ها قوانین تصمیم‌گیری درباره پذیرش و رد انباشته را در اختیار تولیدکننده و مصرف‌کننده قرار می‌دهند. در این مقاله، از روش حداقل زاویه برای توسعه یک طرح اقتصادی و کارا برای طرح نمونه‌گیری تعویقی چندگانه براساس شاخص بازده فرآیند S_{pk} استفاده می‌شود. پارامترهای طرح بهینه با استفاده از رویکرد بهینه‌سازی غیرخطی با هدف کمینه‌کردن متوسط اندازه نمونه بازرسی‌شده و ماکزیمم‌کردن نرخ دستیابی به منحنی مشخصه عملکرد ایده‌آل با در نظرگرفتن محدودیت‌های مربوط به ریسک تولیدکننده و مصرف‌کننده به‌طور همزمان تعیین می‌شوند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در شرایط یکسان طرح نمونه‌گیری تعویقی چندگانه پیشنهادی، اندازه نمونه و مقدار تابع هدف را در مقایسه با طرح یک‌بار نمونه‌گیری کاهش می‌دهد. برای نشان دادن کاربرد طرح پیشنهادی، یک مثال عددی ارائه می‌شود.

کلمات کلیدی: نمونه‌گیری به‌منظور پذیرش، روش حداقل زاویه، شاخص بازده فرآیند، کنترل کیفیت

۱- مقدمه

نمونه‌گیری به‌منظور پذیرش، یک ابزار عملی و مفید است که می‌تواند به تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان کمک کند تا تعیین کنند که یک انباشته پذیرفته یا رد شود[۱]. طرح‌های نمونه‌گیری به‌منظور پذیرش بر اساس نوع داده، به دو نوع وصفی و متغیر طبقه‌بندی می‌شوند. اندازه نمونه مورد نیاز برای طرح نمونه‌گیری متغیر ممکن است هزینه بیشتری از طرح‌های نمونه‌گیری وصفی داشته باشد، اما کاهش اندازه نمونه ممکن است بیش از این افزایش هزینه را خنثی کند، به‌ویژه هنگامی که تست مخرب است یا هزینه بازرسی بسیار زیاد است. علاوه بر این، هنگامی‌که سطح کیفیت مورد نیاز بسیار بالا است، اندازه نمونه مورد نیاز برای طرح نمونه‌گیری وصفی به‌طور غیر عملی بالا است. در این شرایط، ممکن است استفاده از طرح نمونه‌گیری متغیر مزایای قابل توجهی داشته باشد[۲,۳]. مطالعات متعددی برای توسعه طرح‌های نمونه‌گیری به‌منظور پذیرش متغیر بر اساس شاخص‌های قابلیت فرآیند انجام شده است[۴-۷].

روش نمونه‌گیری MDS متعلق به گروهی از طرح‌های نمونه‌گیری شرطی می‌باشد که تصمیم‌گیری درباره انباشته بر اساس نتایج بدست‌آمده از انباشته‌های فعلی و پیشین صورت می‌گیرد. طرح نمونه‌گیری به‌منظور پذیرش تعویقی چندگانه[۱](MDS) بر اساس انباشته فعلی و همچنین انباشته‌های پیشین است. بالامورالی و جان[۸] مفهوم طرح‌های نمونه‌گیری به‌منظور پذیرش MDS وصفی را به

[1]multiple dependent state sampling plan (MDS)

طرح‌های نمونه‌گیری به‌منظور پذیرش MDS متغیر[۲]توسعه دادند. طرح نمونه‌گیری به‌منظور پذیرش VMDS توسط اسلام و همکاران [۹] بر اساس شاخص قابلیت فرآیند C_{pk}، با استفاده از تقریب نرمال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که طرح نمونه‌گیری به‌منظور پذیرش VMDS یک طرح نمونه‌گیری برتر است. زیرا به اندازه نمونه کمتری برای بازرسی و بدست آوردن منحنی مشخصه عملکرد[۳](OC) ایده‌آل نیاز دارد. وو و همکاران[۱۰] نشان دادند که شاخص قابلیت فرآیند C_{pk} می‌تواند بازده تقریبی فرآیند را برای حدود مشخصات دو طرفه ارائه دهد. درصورتی‌که، شاخص بازده فرآیند S_{pk} می‌تواند یک رابطه یک‌به‌یک بین مشخصات تولید و بازده واقعی فرآیند برقرار سازد و اندازه دقیق به‌جای تقریبی از بازده فرآیند را میسر می‌سازد. از اینرو، طرح نمونه‌گیری VMDS بر اساس شاخص بازده فرآیند S_{pk} توسط وو و همکاران[۱۱] با هدف کمینه‌کردن اندازه نمونه مورد نیاز و با درنظر گرفتن ریسک تولیدکننده و مصرف‌کننده به‌طور همزمان توسعه داده شد و نتایج مطالعات نشان داد که طرح پیشنهادی آن‌ها نسبت به طرح یک‌بار نمونه‌گیری[۴](SSP) به اندازه نمونه کمتری نیاز دارد. برای اطلاعات بیشتر درباره طرح نمونه‌گیری به‌منظور پذیرش VMDS می‌توانید به [۱۲,۱۳] مراجعه کنید.

یک رویکرد دیگر برای طراحی طرح‌های نمونه‌گیری به‌منظور پذیرش، روش حداقل زاویه است. این رویکرد با استفاده از نقاط AQL و LQL، روشی ارائه می‌کند تا منحنی مشخصه عملکرد درحالت نزدیک به ایده‌آل خود قرار گیرد. در طرح نمونه‌گیری به‌منظور پذیرش با منحنی OC ایده‌آل تمام انباشته‌های خوب با احتمال یک و تمام انباشته‌های بد با احتمال صفر پذیرفته می‌شوند. منحنی OC ایده‌آل تنها با بازرسی صد درصد و آن هم به شرط عاری بودن بازرسی از خطا بدست می‌آید. فلاح‌نژاد و احمدی‌یزدی[۱۴] یک مدل بهینه‌سازی جدید برای طراحی طرح نمونه‌گیری به‌منظور پذیرش بر اساس طول دنباله تعداد تجمعی اقلام منطبق و روش حداقل زاویه ارائه کردند. فلاح‌نژاد و همکاران[۱۵] طرح‌های نمونه‌گیری مختلف را با اهداف کمینه‌کردن زیان کل مورد انتظار و بیشینه‌کردن نرخ دستیابی به منحنی OC ایده‌آل و با درنظر گرفتن همزمان ریسک تولیدکننده و مصرف‌کننده هنگامی‌که مشخصه کیفی مورد نظر از توزیع نرمال پیروی می‌کند و دارای حد مشخصه‌ی پایین است، توسعه دادند.

بر اساس اطلاعات محققین تاکنون هیچ تحقیقی بر روی طرح‌های نمونه‌گیری به‌منظور پذیرش بر اساس شاخص بازده S_{pk} و با درنظرگرفتن روش حداقل زاویه و متوسط اندازه نمونه بازرسی شده[۵](ASN) انجام نشده است. نمونه‌گیری ریسک رد کردن انباشته‌های خوب و پذیرفتن انباشته‌های با کیفیت پایین را با خود دارد و هرچه اندازه نمونه بیشتر شود این ریسک‌ها کمتر شده و منحنی OC به منحنی OC ایده‌آل نزدیک‌تر می‌شود. واضح است که برای دستیابی به منحنی OC ایده‌آل، ریسک تولیدکننده (α) و مصرف‌کننده (β) باید به حداقل برسد. از طرفی با کاهش α و β اندازه نمونه افزایش می‌یابد که ممکن است منجر به هزینه‌های بیشتر شود. بنابراین، در این مقاله، طرح نمونه‌گیری VMDS با هدف کمینه‌کردن متوسط اندازه نمونه بازرسی شده (ASN) و ماکزیمم نمودن نرخ دستیابی به منحنی مشخصه عملکرد ایده‌آل و با در نظرگرفتن محدودیت‌های مربوط به ریسک تولیدکننده و مصرف‌کننده به‌طور همزمان بر اساس شاخص بازده فرآیند S_{pk} توسعه داده می‌شود. مزیت اصلی طرح پیشنهادی، دستیابی به منحنی OC ایده‌آل با اندازه نمونه کمتر بر اساس شاخص بازده فرآیند S_{pk} است. ساختار مقاله بدین صورت است که به‌طور خلاصه تعریف شاخص بازده فرآیند S_{pk} و مشخصات آماری تخمین آن در بخش ۲ معرفی می‌شود. مدل‌سازی مسئله در بخش ۳ ارائه خواهد شد. نتایج ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی در بخش ۴ گزارش می‌شود. برای نشان دادن کاربرد طرح نمونه‌گیری پیشنهادی، یک مثال عددی در بخش ۵ ارائه خواهد شد و در بخش پایانی، به نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای مطالعات آتی پرداخته می‌شود.

---

[2]variable multiple dependent state sampling plan (VMDS)
[3]operating characteristic curves (OC)
[4]simple sampling plan (SSP)
[5]average sample number (ASN)

۲- شاخص بازده فرآیند S_{pk}

در چند دهه گذشته، شاخص‌های قابلیت فرآیند[۶](PCI) به‌طور گسترده در صنعت تولید استفاده شده است، ازجمله:

$$C_p = (USL - LSL)/\ 6\sigma, \quad (۱)$$

$$C_a = 1 - \left(\frac{|\mu - M|}{d}\right), \quad (۲)$$

$$C_{pk} = \min\left\{\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right\}, \quad (۳)$$

که LSL و USL به‌ترتیب حدود مشخصات فنی بالا و پایین هستند. μ و σ میانگین و انحراف معیار فرآیند هستند. M و d به ترتیب برابر با $M = (USL + LSL)/2$ و $d = (USL - LSL)/2$ هستند. شاخص C_p توانایی بالقوه فرآیند و شاخص C_a میزان مرکزیت فرآیند را اندازه‌گیری می‌کند و شاخص C_{pk} به جای اندازه‌گیری دقیق بازده فرآینده، مقدار تقریبی بازده فرآیند را محاسبه می‌کند. این سه شاخص نمی‌توانند اندازه دقیق بازده فرآیند را ارائه دهند. برای بدست آوردن اندازه‌گیری دقیق، بویلز [۱۶] شاخص بازدهS_{pk} را پیشنهاد کرد.

$$S_{pk} = \frac{1}{3}\Phi^{-1}\left[\frac{1}{2}\Phi\left(\frac{USL - \mu}{\sigma}\right) + \frac{1}{2}\Phi\left(\frac{\mu - LSL}{\sigma}\right)\right] = \frac{1}{3}\Phi^{-1}\left[\frac{1}{2}\Phi(3C_pC_a) + \frac{1}{2}\Phi(3C_p(2 - C_a))\right], \quad (۴)$$

که $\Phi(.)$ تابع توزیع تجمعی نرمال استاندارد است و $\Phi^{-1}(.)$ معکوس تابع توزیع تجمعی نرمال استاندارد است. فرض کنید $S_{pk} = S_0$باشد، سپس بازده فرآیند از طریق رابطه $\%\text{Yield} = 2\Phi(3S_0) - 1$ محاسبه می‌شود و عدم‌تطابق در میلیون[۷] (NCPPM) توسط $\text{NCPPM} = 2[1 - \Phi(3S_0)] \times 10^6$ محاسبه می‌شود. تخمین نقطه ای S_{pk} $(\hat{S_{pk}})$ را می‌توان با استفاده از رابطه (۵) بدست آورد.

$$\hat{S_{pk}} = \frac{1}{3}\Phi^{-1}\left[\frac{1}{2}\Phi\left(\frac{USL - \bar{x}}{s}\right) + \frac{1}{2}\Phi\left(\frac{\bar{x} - LSL}{s}\right)\right] = \frac{1}{3}\Phi^{-1}\left[\frac{1}{2}\Phi(\hat{C_p}\hat{C_a}) + \frac{1}{2}\Phi(3\hat{C_p}(2 - \hat{C_a}))\right], \quad (۵)$$

که $\bar{x}$ و s به ترتیب با استفاده از روابط $\bar{x} = \sum_{i=1}^{n} x_i/n$ و $s = [\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2/(n-1)]^{1/2}$ محاسبه می‌شوند.

علاوه بر این، لی و همکاران [۱۷] برای ساده سازی، توزیع تقریبی نرمال $\hat{S_{pk}}$ را با اولین بسط تیلور محاسبه نمودند. تخمین می‌تواند به‌صورت زیر بیان شود:

$$\hat{S_{pk}} \approx S_{pk} + \frac{1}{6\sqrt{n}}\left[\phi(3S_{pk})^{-1}\right]W \quad (۶)$$

---

[6] process capability index (PCI)

[7] non-conformities in units of parts per million (NCPPM)

که

$$W=\begin{cases}\sqrt{\frac{n}{2}}\left[\frac{a(S^2-\sigma^2)}{\sigma}\right]-\sqrt{n}\frac{b(\bar{x}-\mu)}{\sigma} & \mu<M,\\ \sqrt{\frac{n}{2}}\left[\frac{a(S^2-\sigma^2)}{\sigma}\right]+\sqrt{n}\frac{b(\bar{x}-\mu)}{\sigma} & \mu>M,\end{cases} \quad (۷)$$

که a و b تابعی از C_a و C_p هستند و می‌توان به‌صورت زیر تعریف نمود:

$$a=\frac{1}{\sqrt{2}}\{3C_pC_a\,\phi(3C_pC_a)+3C_p(2-C_a)\,\phi(3C_p(2-C_a))\}, \quad (۸)$$

$$b=\phi\{3C_p(2-C_a)\}-\phi(3C_pC_a). \quad (۹)$$

که $\phi(.)$ بیانگر تابع چگالی احتمالی (p.d.f) توزیع نرمال استاندارد است و آماره W دارای توزیع نرمال $N(0,a^2+b^2)$ است و $\hat{C}_a$ و $\hat{C}_p$ به‌ترتیب برآورد C_a و C_p هستند. بدین ترتیب $\hat{S}_{pk}$ از توزیع زیر تبعیت می‌کند:

$$N\left(S_{pk},[a^2+b^2]\{36n\left[\phi(3S_{pk})^2\right]\}^{-1}\right), \quad (۱۰)$$

و تابع چگالی احتمالی $\hat{S}_{pk}$ را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$f_{\hat{S}_{pk}}(x)=\sqrt{\frac{18n}{\pi}}\frac{\phi(3S_{pk})}{\sqrt{a^2+b^2}}\,exp\left[-\frac{18n(\phi(3S_{pk}))^2}{a^2+b^2}\times(x-S_{pk})^2\right],\quad -\infty<x<\infty. \quad (۱۱)$$

۳- توسعه یک طرح نمونه‌گیری به‌منظور پذیرش بر اساس روش حداقل زاویه و شاخص بازده فرآیند S_{pk}

روش نمونه گیری MDS متعلق به گروهی از برنامه‌های نمونه‌گیری شرطی می‌باشد که تصمیم‌گیری درباره انباشته بر اساس نتایج بدست‌آمده از انباشته های فعلی و پیشین صورت می‌گیرد. معیاری که معمولا برای سنجش عملکرد طرح‌های نمونه‌گیری به‌منظور پذیرش استفاده می‌شود، منحنی OC است که احتمال پذیرش و ریسک‌های تولیدکننده و مصرف‌کننده را تعیین می‌کند. طرح نمونه‌گیری MDS بر اساس دو نقطه بر روی منحنی OC طراحی می‌شود به طوری‌که منحنی OC از دو نقطه طراحی شده $(AQL,1-\alpha)$ و (LQL,β) عبور کند. یعنی احتمال پذیرش انباشته در سطح کیفیت قابل‌قبول (AQL) باید بیشتر از $1-\alpha$ باشد و احتمال پذیرش انباشته در سطح کیفیت حدی (LQL) نباید بیشتر از β باشد. شیوه نمونه‌گیری در طرح VMDS به‌صورت زیر است:

گام ۱: مقادیر پارامترهای ریسک تولیدکننده α و ریسک مصرف‌کننده β و S_{LQL}، S_{AQL} و تعداد دفعات نمونه‌گیری‌های پیشین (m) را تعیین کنید.

گام ۲: پارامترهای بهینه (n,k_r,k_a) را با استفاده از رابطه‌های (۱۵-۱۹) تعیین کنید.

گام ۳: اندازه نمونه‌ای به اندازه n از انباشته گرفته و مقدار $\hat{S}_{pk}$ را محاسبه کنید.

گام ۴: اگر $\hat{S}_{pk}\geq k_a$ باشد انباشته را بپذیرید و اگر $\hat{S}_{pk}\leq k_r$ باشد انباشته را رد کنید و در صورتی‌که $k_r<\hat{S}_{pk}<k_a$ برقرار باشد اگر m انباشته قبلی تحت شرایط $\hat{S}_{pk}\geq k_a$ پذیرفته شده باشند انباشته را بپذیرید و در غیر این صورت رد کنید.

تابع OC توسعه داده شده برای طرح نمونه‌گیری MDS بر اساس شاخص بازده فرآیند S_{pk} به‌صورت زیر است:

$$\pi_{a;MDS}(S_{pk})=P(\hat{S}_{pk}\geq k_a)+P(k_r<\hat{S}_{pk}<k_a)\times[P(\hat{S}_{pk}\geq k_a)]^m. \quad (۱۲)$$

که اولین عبارت از سمت راست بیانگر احتمال پذیرش انباشته بر اساس انباشته فعلی، و دومین عبارت بیانگر احتمال پذیرش انباشته بر اساس انباشته‌های پیشین است.

تابع متوسط اندازه نمونه بازرسی‌شده (ASN)، برای طرح نمونه‌گیری MDS برابر با $ASN_{MDS} = n$ است.

نمونه‌گیری، ریسک رد کردن انباشته‌های خوب و پذیرفتن انباشته‌های با کیفیت بد را با خود دارد و هرچه اندازه نمونه بیشتر شود این ریسک‌ها کمتر شده و منحنی OC به منحنی OC ایده‌آل نزدیک‌تر می‌شود. واضح است که برای دستیابی به منحنی OC ایده‌آل، ریسک تولیدکننده (α) و مصرف‌کننده (β) باید به حداقل برسد. از طرفی با کاهش α و β اندازه نمونه افزایش می‌یابد که ممکن است منجر به هزینه‌های بیشتر شود. نمونه‌گیری و بازرسی پر هزینه است بنابراین طرح نمونه‌گیری که منجر به کاهش اندازه نمونه موردنیاز برای بازرسی شود مناسب‌تر است. بنابراین لازم است طرح نمونه‌گیری بهینه دارای دو ویژگی باشد: ۱. متوسط تعداد نمونه‌هایی که بازرسی می‌شوند تا بتوان درباره انباشته تصمیم گیری کرد باید حداقل شوند ۲. تابع هدف روش حداقل زاویه باید کمینه شود تا منحنی OC ایده‌آل حاصل شود. درنتیجه در این مقاله کمینه‌کردن ASN و تانژانت زاویه بین خطوط که $[S_{AQL}, \pi_a(S_{AQL})]$ را به $[S_{LQL}, \pi_a(S_{LQL})]$ متصل می‌سازد باید به‌طور همزمان انجام شود. طبق مطالعات سوندراجان و کریستینا [۱۸]، برای دستیابی به منحنی OC ایده‌آل در شرایطی‌که S_{AQL} و S_{LQL} ثابت باشندکمینه‌کردن این زاویه مطلوب است و تانژانت این زاویه از طریق رابطه زیر بدست می‌آید:

$$tg(\theta) = \left(\frac{S_{AQL} - S_{LQL}}{\pi_a(S_{AQL}) - \pi_a(S_{LQL})}\right). \qquad (۱۳)$$

باتوجه به توضیحات فوق از آنجا که S_{AQL} و S_{LQL} ثابت هستند و هدف کمینه کردن تانژانت زاویه است لذا باید مخرج کسر رابطه (۱۳) ماکزیمم شود. از طرف دیگر ASN نیز باید می نیمم شود. لذا این مسأله یک مسأله دو هدفه است که می‌توان به راحتی به صورت رابطه (۱۴) دو تابع هدف را به صورت زیر با یکدیگر ترکیب و به یک هدف Z تبدیل کرد.

$$Z = \left(\frac{ASN}{\pi_a(S_{AQL}) - \pi_a(S_{LQL})}\right). \qquad (۱۴)$$

با توجه به رابطه (۱۴) و حل معادله بهینه‌سازی غیر خطی (۱۹-۱۵) پارامترهای طرح پیشنهادی MDS را می‌توان تعیین نمود:

$$Min\ Z_{MDS} = \frac{n}{\pi_{a;MDS}(S_{AQL}) - \pi_{a;MDS}(S_{LQL})}, \qquad (۱۵)$$

محدودیت‌ها:

$$\pi_{a;MDS}(S_{AQL}) = P(\hat{S}_{AQL} \geq k_a) + P(k_r < \hat{S}_{AQL} < k_a) \times \left[P(\hat{S}_{AQL} \geq k_a)\right]^m \geq 1 - \alpha, \qquad (۱۶)$$

$$\pi_{a;MDS}(S_{LQL}) = P(\hat{S}_{LQL} \geq k_a) + P(k_r < \hat{S}_{LQL} < k_a) \times \left[P(\hat{S}_{LQL} \geq k_a)\right]^m \leq \beta, \qquad (۱۷)$$

$$k_a > k_r > 0, \qquad (۱۸)$$

$$S_{AQL} > S_{LQL},\ n: \text{Integer} \qquad (۱۹)$$

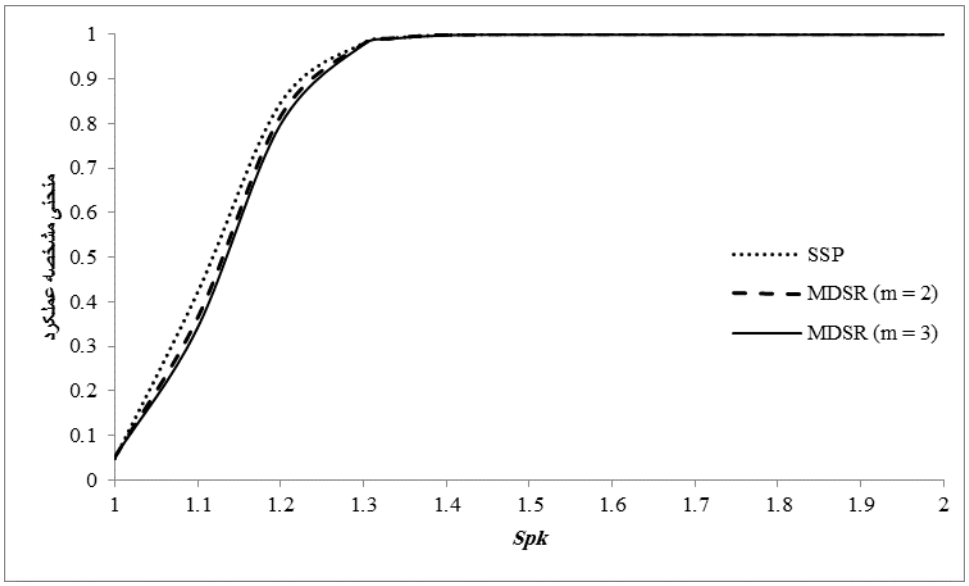
۴- ارزیابی عملکرد طرح پیشنهادی

جدول‌های ۱ تا ۴ مقادیر پارامترهای بهینه (n, k_r, k_a) را بـه‌ازای مقـادیر مختلـف α و β و (۱/۶۷, ۲/۰۰) ، (۱/۳۳, ۱/۶۷) ، (۱/۳۳, ۱/۵۰) ، (۱/۰۰, ۱/۳۳) = (S_{AQL}, S_{LQL}) برای ۳ ,۲ = m نشان می‌دهند.

از جدول‌های ۱ تا ۴ مشاهده می‌شود که هرچه ریسک تولیدکننده و مصرف‌کننده کمتر باشد، اندازه نمونه‌ی بیشتری برای بازرسی مـورد نیاز است و مقدار تابع هدف نیز افزایش می‌یابد. زیرا اگر انتظار می‌رود که احتمال نتیجه‌گیری نادرست از انباشته بـد بـه عنـوان انباشـته خوب یا انباشته خوب به عنوان انباشته با کیفیت پایین کمتر باشد، اطلاعات نمونه بیشتری لازم است تا درباره انباشته تصمیم‌گیری شود. به عنوان مثال، به‌ازای ۱/۳۳ = S_{AQL} و ۱/۰۰ = S_{LQL} اگر ۰/۰۵ = α ، ۰/۱۰ = β و ۲ = m باشد اندازه نمونه، عـدد پـذیرش، عـدد رد و مقدار تابع هدف برابر خواهد بود با ۳۲ = n و ۱/۱۶۸ = k_a و ۰/۷۲۱ = k_r و ۳۷/۵۰ = Z و به ازای همین مقادیر اگـر ۰/۰۱ = α و ۰/۰۵ = β باشد، خواهیم داشت ۶۰ = n و ۱/۱۵۲ = k_a و ۰/۹۰۲ = k_r و ۶۳/۸۲ = Z.

همچنین، هرچه اختلاف بین S_{AQL} و S_{LQL} بیشتر باشد اندازه نمونه‌ی کمتری برای بازرسی مورد نیاز است. به طور مثال، اگـر ۰/۰۵ = α و ۰/۱۰ = β و ۲ = m باشد و به ازای ۱/۵۰ = S_{AQL} و ۱/۳۳ = S_{LQL} ، اندازه نمونه، عدد پذیرش و رد و مقدار تابع هدف برابـر بـا ۱۸۰ = n و ۱/۴۲۳ = k_a و ۱/۱۸۹ = k_r و ۲۱۱/۷۳ = Z می‌شود. به ازای همین مقادیر اگر۱/۶۷ = S_{AQL} و ۱/۳۳ = S_{LQL} باشد، اندازه نمونـه و عدد پذیرش و رد برابر خواهند بود با ۵۰ = n و ۱/۵۰۷ = k_a و ۱/۱۱۸ = k_r و ۵۸/۷۴ = Z. با افزایش تعداد دفعات نمونه‌گیری پیشـین، اندازه نمونه‌ی بیشتری برای بازرسی مورد نیاز است.

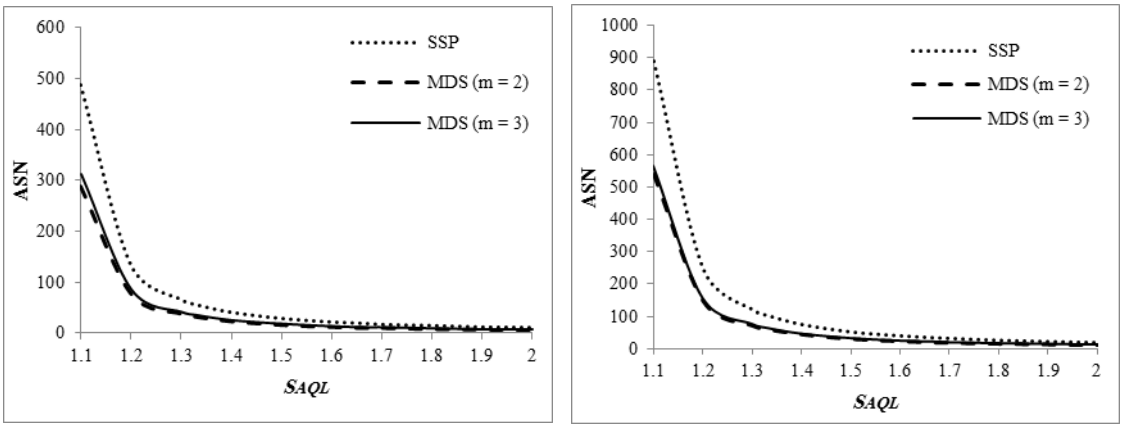
یکی از معیارهای مهم ارزیابی عملکرد طرح‌های نمونه‌گیری به‌منظور پذیرش، منحنی OC است که احتمـال پـذیرش انباشـته را بـه‌ازای مقادیر مختلف کیفیت انباشته ترسیم می‌کند. درواقع منحنی OC قـدرت تمـایز طـرح‌هـای مختلـف را مـنعکس مـی‌کنـد. در شـکل۱، منحنی‌های OC طرح نمونه‌گیری VMDS پیشنهادی برای ۳ ,۲ = m و طرح یکبار نمونه‌گیری (SSP) به ازای ۱/۳۳ = S_{AQL} و۱/۰۰ = S_{LQL} و (۰/۰۵ ,۰/۰۱) = (α, β) رسم شده است و مشاهده می‌شود که با افـزایش مقـدار S_{pk}، احتمـال پـذیرش طـرح نمونـه‌گیـری VMDS پیشنهادی افزایش می‌یابد و همچنین منحنی‌های OC طرح نمونه‌گیری پیشنهادی VMDS با طرح نمونه‌گیـری SSP تقریبـا مشابه یکدیگر عمل می‌کنند.



شکل۱. منحنی مشخصه عملکرد (OC) برای طرح پیشنهادی VMDS و SSP به ازای (۱/۰۰, ۱/۳۳) = (S_{AQL}, S_{LQL}).

عنوان:

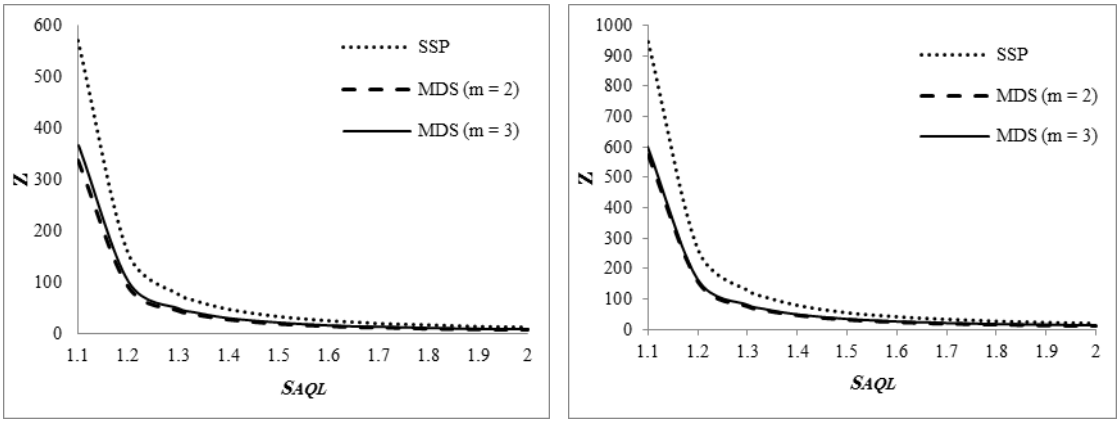
منحنی‌های متوسط اندازه نمونه و تابع هدف طرح نمونه‌گیری VMDS پیشنهادی برای m = ۲,۳ و طرح نمونه‌گیری SSP به‌ازای مقادیرمختلف S_{AQL} و S_{LQL} = ۱/۰۰ و (α,β) = (۰/۰۱ ,۰/۰۵) و (α,β) = (۰/۰۵ ,۰/۱۰) به ترتیب در شکل ۲ و ۳ نمایش داده شده است و مشاهده می‌شود که طرح VMDS عملکرد بهتری به لحاظ ASN و Z نسبت به SSP دارد. با افزایش مقدار S_{AQL} مقدار ASN و Z کاهش می‌یابد و عملکرد طرح VMDS و SSP به یکدیگر نزدیک می‌شود.



(۱)- (α,β) = (۰/۰۱ ,۰/۰۵)

(۲)- (α,β) = (۰/۰۵ ,۰/۱۰)

شکل۲. متوسط اندازه نمونه برای طرح پیشنهادی VMDS و SSP به ازای S_{LQL} = ۱/۰۰



(۱)- (α,β) = (۰/۰۱ ,۰/۰۵)

(۲)- (α,β) = (۰/۰۵ ,۰/۱۰)

شکل۳. مقادیر تابع هدف برای طرح پیشنهادی VMDS و SSP به ازای S_{LQL} = ۱/۰۰

جدول ۵ و ۶ اندازه نمونه مورد نیاز برای بازرسی و مقدار تابع هدف برای طرح SSP و VMDS به‌ازای (m = ۲,۳) و مقادیر مختلف α

و β و (۱/۶۷, ۲/۰۰) ، (۱/۳۳, ۱/۶۷) ، (۱/۳۳, ۱/۵۰) ، (۱/۰۰, ۱/۳۳) = (S_{AQL}, S_{LQL}) را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که، اندازه نمونه برای بازرسی و مقدار تابع هدف طرح پیشنهادی VMDS کمتر از طرح SSP است. درنتیجه، طرح VMDS اقتصادی‌تر است زیرا می‌تواند هزینه‌های بازرسی را کاهش دهد.

۵- مثال عددی

برای نشان دادن کاربرد طرح نمونه‌گیری پیشنهادی، یک مثال عددی که توسط وو و لیو [۱۹] بررسی شده است، درنظر گرفته می‌شود. حدود بالا و پایین مشخصات فنی برابر با USL =۰/۸۸ و LSL = ۰/۹۲ را درنظر بگیرید. فرض کنید S_{AQL} = ۱/۶۷ و S_{LQL} = ۱/۳۳ و α = ۰/۰۱ و β = ۰/۰۵ و m = ۲ مشخص هستند. با استفاده از MATLAB 2018 پارامترهای طرح پیشنهادی و مقدار تابع هدف با استفاده از جدول ۷ به صورت (n, k_r, k_a) = (۹۴ ,۱/۱۸۵ ,۱/۴۹۲) و Z = ۹۹/۹۴ بدست می‌آید. یعنی یک نمونه ۹۴ تایی لازم است به‌طور تصادفی از انباشته برای بازرسی گرفته شود. انباشته پذیرفته خواهد شد اگر $\hat{S}_{pk} \geq$ ۱/۴۹۲ و رد خواهد شد اگر $\hat{S}_{pk} \leq$ ۱/۱۸۵ و درصورتی‌که ۱/۱۸۵ $< \hat{S}_{pk} <$ ۱/۴۹۲ باشد انباشته پذیرفته می‌شود به شرطی‌که، دو انباشته پیشین (m = ۲) پذیرفته شوند در غیر این صورت انباشته رد خواهد شد. بر اساس نمونه ۹۴ تایی، میانگین و انحراف استاندارد مشخصه کیفی به ترتیب برابر با$\bar{x}$ = ۹۰/۱۸۵۱ و s = ۰/۵۱۵۳ و $\hat{S}_{pk}$ = ۱/۲۲۹۳ می‌باشد. در این صورت به شرطی‌که دو انباشته پیشین (m = ۲) پذیرفته شوند، مصرف‌کننده انباشته را می‌پذیرد.

۶- نتیجه گیری و پیشنهاد برای تحقیق آتی

در صنایع تولیدی طرح‌های نمونه‌گیری به‌منظور پذیرش، به‌طور گسترده برای اهداف بازرسی استفاده شده است. یک طرح نمونه‌گیری با طراحی خوب می‌تواند تفاوت بین کیفیت انباشته ارائه‌شده و موردنیاز را به‌طور چشمگیری کاهش دهد. متاسفانه نمی‌توان از ریسک پذیرش ناخواسته انباشته‌های با کیفیت بد و ریسک رد انباشته‌های خوب بدون بازرسی صد در صد اجتناب کرد. در طرح نمونه‌گیری به‌منظور پذیرش با منحنی OC ایده‌آل تمام انباشته‌های خوب با احتمال یک و تمام انباشته‌های بد با احتمال صفر پذیرفته می‌شوند. منحنی OC ایده‌آل تنها با بازرسی صد درصد و آن هم به شرط عاری بودن بازرسی از خطا بدست می‌آید. همچنین بازرسی صد در صد منجر به هزینه‌های بیشتر می‌شود. بنابراین در این مقاله، یک طرح کارآمد و اقتصادی برای طرح نمونه‌گیری VMDS با هدف کمینه‌کردن متوسط اندازه نمونه بازرسی‌شده و ماکزیمم نمودن نرخ دستیابی به منحنی OC ایده‌آل با در نظرگرفتن محدودیت‌های مربوط به ریسک تولیدکننده و مصرف‌کننده به‌طور همزمان بر اساس شاخص بازده فرآیند S_{pk} توسعه داده شد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در شرایط یکسان طرح نمونه‌گیری تعویقی چندگانه پیشنهادی، متوسط اندازه نمونه و مقدار تابع هدف را در مقایسه با طرح نمونه‌گیری SSP کاهش می‌دهد. برای استفاده عملی روند طرح پیشنهادی و جدول‌های طرح پیشنهادی برای سطح‌های مختلف کیفیت و ریسک‌های متفاوت ارائه شد. مزیت اصلی این طرح پیشنهادی، دستیابی به یک منحنی OC ایده‌آل با اندازه نمونه کوچکتر بر اساس شاخص بازده فرآیند S_{pk} است. طرح پیشنهادی VMDS برای زمانی‌که مشخصه کیفی محصول دارای توزیع نرمال باشد قابل اجرا است. بنابراین، توسعه طرح‌های نمونه‌گیری VMDS برای توزیع غیر نرمال می‌تواند برای مطالعه آتی پیشنهاد شود. علاوه براین، شاخص بازده فرآیند S_{pk} زیان کیفیت را زمانی‌که مشخصه کیفی محصول از مقدار هدف انحراف می‌یابد در نظر نمی‌گیرد. این مسئله می‌تواند به عنوان یک طرح نمونه‌گیری به‌منظور پذیرش متغیر جامع مورد بررسی قرار گیرد.

مراجع

[1] Schilling, E. G., & Neubauer, D. V. (2009). *Acceptance sampling in quality control*. Chapman and Hall/CRC.
[2] Woodall, W. H., & Montgomery, D. C. (1999). Research issues and ideas in statistical process control. *Journal of Quality Technology*, *31*(4), 376-386.
[3] Montgomery, D. C. 2009. Introduction to Statistics Quality Control. 6th ed. New York: Wiley.
[4] Wu, C. W., & Chen, J. T. (2019). A modified sampling plan by variable with an adjustable mechanism for lot sentencing. Published online in *Journal of the Operational Research Society*, doi: 10.1080/01605682.2019.1657366.
[5] Tamirat, Y., & Wang, F. K. (2019). Acceptance sampling plans based on EWMA yield index for the first order autoregressive process. *Journal of the Operational Research Society*, *70*(7), 1179-1192.
[6] Aslam, M., Balamurali, S., & Jun, C. H. (2019). A new multiple dependent state sampling plan based on the process capability index. Published online in *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, doi: 10.1080/03610918.2019.1588307.
[7] Lee, A. H., Wu, C. W., & Wang, Z. H. (2018). The construction of a modified sampling scheme by variables inspection based on the one-sided capability index. *Computers & Industrial Engineering*, *122*, 87-94.
[8] Balamurali, S., & Jun, C. H. (2007). Multiple dependent state sampling plans for lot acceptance based on measurement data. *European Journal of Operational Research*, *180*(3), 1221-1230.
[9] Aslam, M., Yen, C. H., Chang, C. H., & Jun, C. H. (2014). Multiple dependent state variable sampling plans with process loss consideration. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 71(5-8), 1337-1343.
[10] Wu, C. W., Pearn, W. L., & Kotz, S. (2009). An overview of theory and practice on process capability indices for quality assurance. *International Journal of Production Economics*, *117*(2), 338-359.
[11] Wu, C. W., Liu, S. W., & Lee, A. H. (2015). Design and construction of a variables multiple dependent state sampling plan based on process yield. *European Journal of Industrial Engineering*, 9(6), 819-838.
[12] Wu, C. W., & Wang, Z. H. (2017). Developing a variables multiple dependent state sampling plan with simultaneous consideration of process yield and quality loss. *International Journal of Production Research*, *55*(8), 2351-2364.
[13] Wu, C. W., Lee, A. H., & Chen, Y. W. (2016). A novel lot sentencing method by variables inspection considering multiple dependent state. *Quality and Reliability Engineering International*, *32*(3), 985-994.
[14] Fallahnezhad, M. S., & Yazdi, A. A. (2016). A new optimization model for designing acceptance sampling plan based on run length of conforming items. *Journal of Industrial and Systems Engineering*, *9*(2), 67-87.
[15] Nezhad, M. S. F., Saredorahi, F. Z., Owlia, M. S., & Zad, M. A. V. (2018). Design of economically and statistically optimal sampling plans. *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*, *47*(3), 685-708.
[16] Boyles, R. A. (1994). Brocess capability with asymmetric tolerances. *Communications in Statistics-Simulation and Computation, 23(3)*, 615-635.
[17] Lee, J. C., Hung, H. N., Pearn, W. L., & Kueng, T. L. (2002). On the distribution of the estimated process yield index S_{pk}. *Quality and Reliability Engineering International*, *18*(2), 111-116.
[18] Soundararajan, V., & Christina, A. L. (1997). Selection of single sampling variables plans based on the minimum angle. *Journal of Applied Statistics*, *24*(2), 207-218.
[19] Wu, C. W., & Liu, S. W. (2018). A new lot sentencing approach by variables inspection based on process yield. *International Journal of Production Research*, *56*(12), 4087-4099.

جدول ۱. مقادیر پارامترهای بهینه طرح (n, k_r, k_a) و تابع هدف طرح VMDS برای (m = ۲)

α	β	S_{AQL} = ۱/۳۳	S_{AQL} = ۱/۵۰

عنوان:

α	β	S_{LQL} = ۱/۰۰				S_{LQL} = ۱/۳۳			
		n	k_2	k_1	Z	n	k_2	k_1	Z
۰.۰۱	۰.۰۱	۸۴	۰.۸۶۱	۱.۱۸۰	۸۵.۷۰	۴۸۹	۱.۳۴۰	۱.۴۲۹	۴۹۸.۸۱
	۰.۰۲۵	۷۱	۰.۸۸۴	۱.۱۶۶	۷۳.۵۱	۴۰۴	۱.۳۱۵	۱.۴۲۲	۴۱۸.۴۷
	۰.۰۵	۶۰	۰.۹۰۲	۱.۱۵۲	۶۳.۸۲	۳۳۸	۱.۳۰۱	۱.۴۱۵	۳۵۹.۴۳
	۰.۰۷۵	۵۴	۰.۷۸۷	۱.۱۴۳	۵۸.۸۸	۲۹۸	۱.۲۷۹	۱.۴۱۰	۳۲۵.۶۱
	۰.۱	۵۰	۰.۸۶۳	۱.۱۳۵	۵۵.۸۶	۲۷۲	۱.۲۴۳	۱.۴۰۶	۳۰۵.۰۵
۰.۰۲۵	۰.۰۱	۷۱	۰.۷۷۸	۱.۱۹۶	۷۳.۵۶	۴۱۹	۱.۳۰۶	۱.۴۳۷	۴۳۳.۶۴
	۰.۰۲۵	۵۹	۰.۸۰۶	۱.۱۸۲	۶۲.۰۳	۳۴۰	۱.۲۵۵	۱.۴۳۱	۳۵۷.۶۵
	۰.۰۵	۴۹	۰.۸۹۶	۱.۱۶۸	۵۲.۹۷	۲۸۱	۱.۲۷۳	۱.۴۲۴	۳۰۳.۳۵
	۰.۰۷۵	۴۴	۰.۸۳۹	۱.۱۵۹	۴۸.۷۰	۲۴۵	۱.۲۸۹	۱.۴۱۸	۲۷۲.۱۸
	۰.۱	۴۰	۰.۸۳۵	۱.۱۵۱	۴۵.۴۵	۲۲۰	۱.۲۵۶	۱.۴۱۴	۲۵۱.۲۴
۰.۰۵	۰.۰۱	۶۱	۰.۶۱۲	۱.۲۱۱	۶۴.۷۵	۳۶۳	۱.۲۵۶	۱.۴۴۵	۳۸۵.۳۵
	۰.۰۲۵	۴۹	۰.۷۰۳	۱.۱۹۹	۵۲.۹۶	۲۸۹	۱.۲۵۱	۱.۴۳۹	۳۱۲.۲۳
	۰.۰۵	۴۱	۰.۶۹۹	۱.۱۸۶	۴۵.۴۱	۲۳۵	۱.۲۷۳	۱.۴۳۲	۲۶۰.۸۴
	۰.۰۷۵	۳۶	۰.۷۱۵	۱.۱۷۷	۴۰.۹۳	۲۰۳	۱.۲۵۳	۱.۴۲۷	۲۳۱.۸۰
	۰.۱	۳۲	۰.۷۲۱	۱.۱۶۸	۳۷.۵۰	۱۸۰	۱.۱۸۹	۱.۴۲۳	۲۱۱.۷۳
۰.۰۷۵	۰.۰۱	۵۵	۰.۰۰۱	۱.۲۲۳	۵۹.۸۷	۳۲۸	۱.۲۳۳	۱.۴۵۱	۳۵۷.۶۶
	۰.۰۲۵	۴۴	۰.۷۱۹	۱.۲۱۰	۴۸.۶۸	۲۵۹	۱.۲۸۳	۱.۴۴۵	۲۸۷.۳۵
	۰.۰۵	۳۶	۰.۰۰۱	۱.۱۹۷	۴۰.۹۱	۲۰۷	۱.۲۳۱	۱.۴۳۹	۲۳۶.۴۵
	۰.۰۷۵	۳۱	۰.۰۰۱	۱.۱۹۰	۳۶.۳۰	۱۷۷	۱.۲۳۰	۱.۴۳۴	۲۰۸.۱۷
	۰.۱	۲۸	۰.۰۰۱	۱.۱۸۳	۳۳.۶۱	۱۵۷	۱.۲۰۷	۱.۴۳۰	۱۸۹.۹۷
۰.۱	۰.۰۱	۵۰	۰.۷۰۹	۱.۲۳۳	۵۵.۹۲	۳۰۲	۱.۳۲۶	۱.۴۵۶	۳۳۸.۹۹
	۰.۰۲۵	۴۰	۰.۰۰۱	۱.۲۲۱	۴۵.۴۳	۲۳۸	۱.۲۶۸	۱.۴۵۰	۲۷۰.۹۳
	۰.۰۵	۳۲	۰.۰۰۱	۱.۲۰۹	۳۷.۴۵	۱۸۸	۱.۲۷۳	۱.۴۴۴	۲۲۰.۶۸
	۰.۰۷۵	۲۷	۰.۰۰۱	۱.۲۰۱	۳۲.۶۹	۱۵۹	۱.۲۱۰	۱.۴۴۰	۱۹۲.۵۵
	۰.۱	۲۴	۰.۰۰۱	۱.۱۹۳	۲۹.۹۱	۱۴۰	۱.۲۴۱	۱.۴۳۵	۱۷۴.۵۵

جدول ۲. مقادیر پارامترهای بهینه طرح (n, k_2, k_1) و تابع هدف طرح VMDS برای (m = ۲)

α	β	S_{AQL} = ۱/۶۷ S_{LQL} = ۱/۳۳				S_{AQL} = ۲/۰۰ S_{LQL} = ۱/۶۷			
		n	k_2	k_1	Z	n	k_2	k_1	Z
۰.۰۱	۰.۰۱	۱۳۳	۱.۲۱۶	۱.۵۲۰	۱۳۵.۶۹	۲۱۵	۱.۵۷۷	۱.۸۵۸	۲۱۹.۳۳
	۰.۰۲۵	۱۱۱	۱.۲۳۱	۱.۵۰۶	۱۱۵.۰۰	۱۷۹	۱.۵۹۰	۱.۸۴۴	۱۸۵.۴۱
	۰.۰۵	۹۴	۱.۱۸۵	۱.۴۹۲	۹۹.۹۴	۱۵۱	۱.۵۶۲	۱.۸۳۱	۱۶۰.۴۳
	۰.۰۷۵	۸۴	۱.۲۲۳	۱.۴۸۱	۹۱.۷۵	۱۳۴	۱.۵۸۰	۱.۸۲۰	۱۴۶.۳۷
	۰.۱	۷۷	۱.۱۸۰	۱.۴۷۳	۸۶.۳۲	۱۲۲	۱.۵۲۲	۱.۸۱۲	۱۳۶.۹۴

۱۹۰.۴۷	۱.۸۷۳	۱.۵۳۱	۱۸۴	۱۱۷.۰۹	۱.۵۳۶	۱.۳۱۳	۱۱۳	۰.۰۱	۰.۰۲۵
۱۵۷.۷۹	۱.۸۶۰	۱.۵۴۰	۱۵۰	۹۷.۸۲	۱.۵۲۲	۱.۲۱۶	۹۳	۰.۰۲۵	
۱۳۴.۹۲	۱.۸۴۷	۱.۵۴۸	۱۲۵	۸۴.۱۴	۱.۵۰۹	۱.۱۸۴	۷۸	۰.۰۵	
۱۲۱.۱۱	۱.۸۳۶	۱.۵۶۲	۱۰۹	۷۵.۵۲	۱.۴۹۸	۱.۱۶۱	۶۸	۰.۰۷۵	
۱۱۲.۹۰	۱.۸۲۸	۱.۵۳۹	۹۹	۷۰.۶۴	۱.۴۹۰	۱.۱۱۲	۶۲	۰.۱	
۱۶۷.۹۱	۱.۸۸۹	۱.۴۷۶	۱۵۸	۱۰۳.۱۴	۱.۵۵۳	۱.۰۸۱	۹۷	۰.۰۱	۰.۰۵
۱۳۷.۲۳	۱.۸۷۷	۱.۴۸۱	۱۲۷	۸۵.۲۱	۱.۵۳۹	۱.۰۹۸	۷۹	۰.۰۲۵	
۱۱۵.۳۸	۱.۸۶۳	۱.۴۹۰	۱۰۴	۷۱.۰۸	۱.۵۲۶	۱.۱۰۵	۶۴	۰.۰۵	
۱۰۲.۷۳	۱.۸۵۴	۱.۴۷۴	۹۰	۶۳.۸۹	۱.۵۱۶	۱.۱۱۲	۵۶	۰.۰۷۵	
۹۴.۰۹	۱.۸۴۵	۱.۴۷۵	۸۰	۵۸.۷۴	۱.۵۰۷	۱.۱۱۸	۵۰	۰.۱	
۱۵۵.۱۱	۱.۹۰۱	۱.۴۲۹	۱۴۲	۹۵.۰۱	۱.۵۶۵	۱.۰۱۰	۸۷	۰.۰۱	۰.۰۷۵
۱۲۵.۴۶	۱.۸۸۹	۱.۴۳۳	۱۱۳	۷۷.۵۸	۱.۵۵۲	۱.۰۲۴	۷۰	۰.۰۲۵	
۱۰۳.۹۲	۱.۸۷۶	۱.۵۲۵	۹۱	۶۴.۸۶	۱.۵۳۸	۱.۰۳۷	۵۷	۰.۰۵	
۹۱.۷۵	۱.۸۶۷	۱.۳۸۸	۷۸	۵۷.۴۳	۱.۵۲۸	۱.۰۴۱	۴۹	۰.۰۷۵	
۸۴.۵۲	۱.۸۵۹	۱.۴۳۷	۷۰	۵۲.۰۴	۱.۵۲۱	۱.۰۳۵	۴۳	۰.۱	
۱۴۷.۰۶	۱.۹۱۱	۱.۳۸۶	۱۳۱	۸۹.۷۰	۱.۵۷۵	۰.۹۳۱	۸۰	۰.۰۱	۰.۱
۱۱۷.۵۷	۱.۸۹۹	۱.۵۸۲	۱۰۳	۷۱.۹۶	۱.۵۶۴	۰.۹۲۹	۶۳	۰.۰۲۵	
۹۶.۳۴	۱.۸۸۷	۱.۵۱۹	۸۲	۵۹.۷۳	۱.۵۵۰	۰.۹۴۵	۵۱	۰.۰۵	
۸۴.۶۹	۱.۸۷۸	۱.۳۸۲	۷۰	۵۲.۰۸	۱.۵۴۱	۱.۰۹۵	۴۳	۰.۰۷۵	
۷۷.۱۸	۱.۸۶۹	۱.۳۸۴	۶۲	۴۷.۴۱	۱.۵۳۳	۰.۹۳۵	۳۸	۰.۱	

جدول ۳. مقادیر پارامترهای بهینه طرح (n, k_2, k_a) و تابع هدف طرح VMDS برای ($m = ۳$)

α	β	$S_{AQL} = ۱/۳۳$ $S_{LQL} = ۱/۰۰$	$S_{AQL} = ۱/۵۰$ $S_{LQL} = ۱/۳۳$

α	β	n	k_2	k_1	Z	n	k_2	k_1	Z
۰.۰۱	۰.۰۱	۹۰	۰.۰۰۱	۱.۱۷۴	۹۱.۷۷	۵۱۴	۱.۲۳۲	۱.۴۲۷	۵۲۴.۲۹
	۰.۰۲۵	۷۶	۰.۰۰۱	۱.۱۶۱	۷۸.۶۲	۴۲۸	۱.۲۴۰	۱.۴۲۰	۴۴۲.۹۸
	۰.۰۵	۶۴	۰.۷۰۵	۱.۱۴۶	۶۸.۰۲	۳۵۷	۱.۲۴۸	۱.۴۱۲	۳۷۹.۵۹
	۰.۰۷۵	۵۸	۰.۷۳۸	۱.۱۳۷	۶۳.۰۶	۳۱۷	۱.۲۵۲	۱.۴۰۷	۳۴۵.۵۸
	۰.۱	۵۳	۰.۷۶۶	۱.۱۲۸	۵۹.۱۷	۲۸۵	۱.۲۵۱	۱.۴۰۲	۳۱۹.۸۲
۰.۰۲۵	۰.۰۱	۷۶	۰.۰۰۱	۱.۱۸۹	۷۸.۷۴	۴۴۳	۱.۲۰۲	۱.۴۳۴	۴۵۸.۸۹
	۰.۰۲۵	۶۳	۰.۰۰۱	۱.۱۷۵	۶۶.۲۸	۳۶۲	۱.۲۰۸	۱.۴۲۷	۳۸۰.۸۷
	۰.۰۵	۵۳	۰.۰۰۱	۱.۱۶۱	۵۷.۲۱	۳۰۰	۱.۲۱۳	۱.۴۲۰	۳۲۳.۸۸
	۰.۰۷۵	۴۷	۰.۰۰۱	۱.۱۵۰	۵۲.۰۹	۲۶۱	۱.۲۱۸	۱.۴۱۴	۲۸۹.۸۵
	۰.۱	۴۳	۰.۰۰۱	۱.۱۴۲	۴۸.۸۲	۲۳۵	۱.۲۲۲	۱.۴۰۹	۲۶۸.۲۶
۰.۰۵	۰.۰۱	۶۶	۰.۰۰۱	۱.۲۰۳	۷۰.۰۹	۳۸۹	۱.۱۶۸	۱.۴۴۱	۴۱۳.۱۴
	۰.۰۲۵	۵۴	۰.۰۰۱	۱.۱۸۹	۵۸.۲۳	۳۱۵	۱.۱۷۴	۱.۴۳۴	۳۳۹.۵۴
	۰.۰۵	۴۵	۰.۰۰۱	۱.۱۷۴	۴۹.۷۷	۲۵۵	۱.۱۷۷	۱.۴۲۷	۲۸۲.۷۳
	۰.۰۷۵	۳۹	۰.۰۰۱	۱.۱۶۶	۴۴.۳۸	۲۱۹	۱.۱۷۷	۱.۴۲۲	۲۵۰.۰۰
	۰.۱	۳۵	۰.۰۰۱	۱.۱۵۷	۴۰.۹۴	۱۹۴	۱.۱۷۹	۱.۴۱۷	۲۲۸.۰۱
۰.۰۷۵	۰.۰۱	۶۰	۰.۰۰۱	۱.۲۱۳	۶۵.۲۷	۳۵۶	۱.۱۴۲	۱.۴۴۶	۳۸۷.۵۹
	۰.۰۲۵	۴۸	۰.۰۰۱	۱.۲۰۱	۵۳.۲۲	۲۸۱	۱.۱۴۲	۱.۴۴۰	۳۱۱.۸۵
	۰.۰۵	۳۹	۰.۰۰۱	۱.۱۸۷	۴۴.۴۸	۲۲۶	۱.۱۴۴	۱.۴۳۳	۲۵۷.۸۸
	۰.۰۷۵	۳۴	۰.۰۰۱	۱.۱۷۵	۳۹.۸۳	۱۹۴	۱.۱۴۳	۱.۴۲۸	۲۲۷.۷۶
	۰.۱	۳۰	۰.۰۰۱	۱.۱۶۸	۳۶.۲۵	۱۷۰	۱.۱۴۳	۱.۴۲۳	۲۰۵.۷۶
۰.۱	۰.۰۱	۵۵	۰.۰۰۱	۱.۲۲۲	۶۱.۴۶	۳۲۷	۱.۱۱۴	۱.۴۵۱	۳۶۷.۰۵
	۰.۰۲۵	۴۴	۰.۰۰۱	۱.۲۰۹	۴۹.۹۸	۲۵۸	۱.۱۱۳	۱.۴۴۵	۲۹۴.۶۹
	۰.۰۵	۳۵	۰.۰۰۱	۱.۱۹۷	۴۱.۱۱	۲۰۶	۱.۱۱۴	۱.۴۳۸	۲۴۱.۷۹
	۰.۰۷۵	۳۰	۰.۰۰۱	۱.۱۸۷	۳۶.۳۱	۱۷۴	۱.۱۱۰	۱.۴۳۳	۲۱۰.۷۳
	۰.۱	۲۷	۰.۰۰۱	۱.۱۷۶	۳۳.۵۱	۱۵۳	۱.۱۱۰	۱.۴۲۸	۱۹۰.۶۹

جدول ۴. مقادیر پارامترهای بهینه طرح (n, k_1, k_2) و تابع هدف طرح VMDS برای (m = ۳)

α	β	S_{AQL} = ۱/۶۷ S_{LQL} = ۱/۳۳				S_{AQL} = ۲/۰۰ S_{LQL} = ۱/۶۷			
		n	k_1	k_2	Z	n	k_1	k_2	Z

عنوان:

۲۳۲.۵۳	۱.۸۵۲	۱.۴۴۲	۲۲۸	۱۴۴.۷۹	۱.۵۱۴	۱.۰۴۰	۱۴۲	۰.۰۱	۰.۰۱
۱۹۶.۷۲	۱.۸۳۹	۱.۴۶۱	۱۹۰	۱۲۲.۲۳	۱.۵۰۰	۱.۰۷۳	۱۱۸	۰.۰۲۵	
۱۶۹.۹۵	۱.۸۲۵	۱.۴۸۰	۱۶۰	۱۰۶.۳۲	۱.۴۸۵	۱.۱۰۴	۱۰۰	۰.۰۵	
۱۵۴.۹۲	۱.۸۱۴	۱.۴۹۵	۱۴۲	۹۷.۲۰	۱.۴۷۴	۱.۱۲۳	۸۹	۰.۰۷۵	
۱۴۴.۶۰	۱.۸۰۵	۱.۵۰۵	۱۲۹	۹۰.۹۰	۱.۴۶۵	۱.۱۳۷	۸۱	۰.۱	
۲۰۲.۰۴	۱.۸۶۷	۱.۳۵۳	۱۹۵	۱۲۵.۳۰	۱.۵۲۹	۰.۸۶۸	۱۲۱	۰.۰۱	۰.۰۲۵
۱۶۹.۳۱	۱.۸۵۳	۱.۳۷۸	۱۶۱	۱۰۵.۱۵	۱.۵۱۵	۰.۹۳۰	۱۰۰	۰.۰۲۵	
۱۴۳.۶۹	۱.۸۳۹	۱.۳۹۵	۱۳۳	۸۹.۶۷	۱.۵۰۰	۰.۹۷۴	۸۳	۰.۰۵	
۱۲۹.۸۵	۱.۸۲۸	۱.۴۱۰	۱۱۷	۸۱.۰۵	۱.۴۸۹	۰.۹۹۸	۷۳	۰.۰۷۵	
۱۱۹.۸۴	۱.۸۱۹	۱.۴۱۸	۱۰۵	۷۵.۲۸	۱.۴۸۰	۱.۰۱۵	۶۶	۰.۱	
۱۸۰.۷۲	۱.۸۸۱	۱.۲۴۳	۱۷۰	۱۱۱.۵۶	۱.۵۴۴	۰.۰۰۱	۱۰۵	۰.۰۱	۰.۰۵
۱۴۸.۰۹	۱.۸۶۸	۱.۲۶۲	۱۳۷	۹۱.۷۹	۱.۵۳۰	۰.۰۰۱	۸۵	۰.۰۲۵	
۱۲۴.۳۹	۱.۸۵۴	۱.۲۸۰	۱۱۲	۷۷.۶۴	۱.۵۱۶	۰.۰۰۱	۷۰	۰.۰۵	
۱۱۰.۸۱	۱.۸۴۳	۱.۲۹۳	۹۷	۶۹.۵۳	۱.۵۰۵	۰.۰۰۱	۶۱	۰.۰۷۵	
۱۰۲.۱۱	۱.۸۳۴	۱.۳۰۲	۸۷	۶۳.۴۷	۱.۴۹۵	۰.۰۰۱	۵۴	۰.۱	
۱۶۹.۰۰	۱.۸۹۱	۱.۱۳۲	۱۵۵	۱۰۳.۶۶	۱.۵۵۵	۰.۰۰۱	۹۵	۰.۰۱	۰.۰۷۵
۱۳۶.۶۳	۱.۸۷۹	۱.۱۳۹	۱۲۳	۸۴.۳۸	۱.۵۴۲	۰.۰۰۱	۷۶	۰.۰۲۵	
۱۱۴.۰۴	۱.۸۶۵	۱.۱۶۲	۱۰۰	۷۰.۶۶	۱.۵۲۷	۰.۰۰۱	۶۲	۰.۰۵	
۱۰۰.۹۰	۱.۸۵۴	۱.۱۷۵	۸۶	۶۲.۲۹	۱.۵۱۷	۰.۰۰۱	۵۳	۰.۰۷۵	
۹۱.۸۳	۱.۸۴۶	۱.۱۷۲	۷۶	۵۶.۸۸	۱.۵۰۷	۰.۰۰۱	۴۷	۰.۱	
۱۶۰.۳۲	۱.۹۰۰	۰.۰۰۱	۱۴۳	۹۸.۵۷	۱.۵۶۴	۰.۰۰۱	۸۸	۰.۰۱	۰.۱
۱۲۸.۹۵	۱.۸۸۸	۰.۰۰۱	۱۱۳	۷۹.۷۱	۱.۵۵۱	۰.۰۰۱	۷۰	۰.۰۲۵	
۱۰۵.۸۱	۱.۸۷۵	۰.۷۲۵	۹۰	۶۵.۶۶	۱.۵۳۷	۰.۰۰۱	۵۶	۰.۰۵	
۹۳.۱۹	۱.۸۶۵	۰.۰۰۱	۷۷	۵۷.۹۴	۱.۵۲۶	۰.۰۰۱	۴۸	۰.۰۷۵	
۸۴.۶۵	۱.۸۵۵	۰.۰۰۱	۶۸	۵۲.۳۵	۱.۵۱۷	۰.۰۰۱	۴۲	۰.۱	

جدول ۵. اندازه نمونه مورد نیاز طرح VMDS برای (m = ۲,۳) و طرح SSP.

α	β	S_{AQL} = ۱/۳۳, S_{LQL} = ۱/۰۰			S_{AQL} = ۱/۵۰, S_{LQL} = ۱/۳۳			S_{AQL} = ۱/۶۷, S_{LQL} = ۱/۳۳			S_{AQL} = ۲/۰۰, S_{LQL} = ۱/۶۷		
		SSP	VMDS (m = 2)	VMDS (m = 3)	SSP	VMDS (m = 2)	VMDS (m = 3)	SSP	VMDS (m = 2)	VMDS (m = 3)	SSP	VMDS (m = 2)	VMDS (m = 3)
۰.۰۱	۰.۰۱	۱۳۶	۸۴	۹۰	۷۵۲	۴۸۹	۵۱۴	۲۱۲	۱۳۳	۱۴۲	۳۳۷	۲۱۵	۲۲۸
	۰.۰۵	۱۰۴	۶۰	۶۴	۵۶۳	۳۳۸	۳۵۷	۱۶۱	۹۴	۱۰۰	۲۵۴	۱۵۱	۱۶۰
	۰.۱	۸۹	۵۰	۵۳	۴۶۹	۲۷۲	۲۸۵	۱۳۶	۷۷	۸۱	۲۱۴	۱۲۲	۱۲۹
۰.۰۵	۰.۰۱	۹۴	۶۱	۶۶	۵۴۲	۳۶۳	۳۸۹	۱۴۸	۹۷	۱۰۵	۲۳۹	۱۵۸	۱۷۰
	۰.۰۵	۶۸	۴۱	۴۵	۳۷۶	۲۳۵	۲۵۵	۱۰۶	۶۴	۷۰	۱۶۹	۱۰۴	۱۱۲
	۰.۱	۵۶	۳۲	۳۵	۳۰۵	۱۸۰	۱۹۴	۸۶	۵۰	۵۴	۱۳۷	۸۰	۸۷
۰.۱	۰.۰۱	۷۵	۵۰	۵۵	۴۳۸	۳۰۲	۳۲۷	۱۱۹	۸۰	۸۸	۱۹۳	۱۳۱	۱۴۳
	۰.۰۵	۵۲	۳۲	۳۵	۲۹۶	۱۸۸	۲۰۶	۸۲	۵۱	۵۶	۱۳۱	۸۲	۹۰
	۰.۱	۴۲	۲۴	۲۷	۲۲۹	۱۴۰	۱۵۳	۶۵	۳۸	۴۲	۱۰۳	۶۲	۶۸

جدول ۶. مقدار تابع هدف طرح VMDS برای (m = ۲,۳) و طرح SSP.

α	β	S_{AQL} = ۱/۳۳, S_{LQL} = ۱/۰۰			S_{AQL} = ۱/۵۰, S_{LQL} = ۱/۳۳			S_{AQL} = ۱/۶۷, S_{LQL} = ۱/۳۳			S_{AQL} = ۲/۰۰, S_{LQL} = ۱/۶۷		
		SSP	VMDS (m = 2)	VMDS (m = 3)	SSP	VMDS (m = 2)	VMDS (m = 3)	SSP	VMDS (m = 2)	VMDS (m = 3)	SSP	VMDS (m = 2)	VMDS (m = 3)
۰.۰۱	۰.۰۱	۱۳۸.۷۰	۸۵.۷۰	۹۱.۷۷	۷۶۷.۲۰	۴۹۸.۸۱	۵۲۴.۲۹	۲۱۶.۲۳	۱۳۵.۶۹	۱۴۴.۷۹	۳۴۳.۸۲	۲۱۹.۳۳	۲۳۲.۵۳
	۰.۰۵	۱۱۰.۴۶	۶۳.۸۲	۶۸.۰۲	۵۹۷.۶۲	۳۵۹.۴۳	۳۷۹.۵۹	۱۷۰.۹۸	۹۹.۹۴	۱۰۶.۳۲	۲۷۰.۱۰	۱۶۰.۴۳	۱۶۹.۹۵
	۰.۱	۹۹.۵۰	۵۵.۸۶	۵۹.۱۷	۵۲۶.۱۲	۳۰۵.۰۵	۳۱۹.۸۲	۱۵۲.۵۵	۸۶.۳۲	۹۰.۹۰	۲۴۰.۱۲	۱۳۶.۹۴	۱۴۴.۶۰
۰.۰۵	۰.۰۱	۹۹.۹۴	۶۴.۷۵	۷۰.۰۹	۵۷۵.۱۴	۳۸۵.۳۵	۴۱۳.۱۴	۱۵۷.۳۷	۱۰۳.۱۴	۱۱۱.۵۶	۲۵۳.۹۷	۱۶۷.۹۱	۱۸۰.۷۲
	۰.۰۵	۷۵.۴۳	۴۵.۴۱	۴۹.۷۷	۴۱۷.۵۳	۲۶۰.۸۴	۲۸۲.۷۳	۱۱۷.۶۲	۷۱.۰۸	۷۷.۶۴	۱۸۷.۵۷	۱۱۵.۳۸	۱۲۴.۳۹
	۰.۱	۶۵.۵۹	۳۷.۵۰	۴۰.۹۴	۳۵۷.۴۱	۲۱۱.۷۳	۲۲۸.۰۱	۱۰۱.۱۱	۵۸.۷۴	۶۳.۴۷	۱۶۰.۸۶	۹۴.۰۹	۱۰۲.۱۱
۰.۱	۰.۰۱	۸۴.۱۴	۵۵.۹۲	۶۱.۴۶	۴۹۱.۸۸	۳۳۸.۹۹	۳۶۷.۰۵	۱۳۳.۶۱	۸۹.۷۰	۹۸.۵۷	۲۱۶.۴۸	۱۴۷.۰۶	۱۶۰.۳۲
	۰.۰۵	۶۱.۰۴	۳۷.۴۵	۴۱.۱۱	۳۴۷.۰۲	۲۲۰.۶۸	۲۴۱.۷۹	۹۶.۱۶	۵۹.۷۳	۶۵.۶۶	۱۵۳.۸۲	۹۶.۳۴	۱۰۵.۸۱
	۰.۱	۵۲.۰۷	۲۹.۹۱	۳۳.۵۱	۲۸۵.۷۳	۱۷۴.۵۵	۱۹۰.۶۹	۸۰.۸۳	۴۷.۴۱	۵۲.۳۵	۱۲۸.۳۹	۷۷.۱۸	۸۴.۶۵

جدول ۷. ۹۴ نمونه گرفته شده از انباشته (واحد: ٪)

۸۹/۷۰	۹۰/۷۰	۸۹/۶۳	۹۰/۵۳	۸۸/۹۱	۹۰/۹۳	۹۰/۸۶	۹۰/۹۶
۹۰/۶۶	۸۹/۴۵	۹۰/۲۳	۹۱/۰۲	۹۰/۰۴	۹۰/۲۷	۹۰/۲۴	۹۰/۷۱
۹۰/۳۲	۸۹/۵۸	۹۰/۵۱	۹۰/۰۷	۹۱/۲۳	۸۹/۶۹	۹۰/۹۳	۹۰/۰۷
۹۰/۷۲	۹۰/۶۴	۸۹/۷۱	۹۱/۳۹	۸۹/۶۸	۹۰/۸۸	۸۹/۷۰	۸۹/۸۰
۹۰/۸۳	۹۰/۸۱	۹۰/۶۹	۸۹/۹۳	۹۰/۰۴	۹۰/۳۸	۸۹/۵۲	۸۹/۷۰
۹۰/۳۰	۹۰/۹۳	۸۹/۴۱	۹۰/۴۳	۹۰/۲۱	۹۰/۴۹	۹۰/۳۸	۸۹/۴۲
۹۰/۱۲	۹۰/۲۵	۸۹/۴۷	۹۰/۹۲	۹۰/۴۷	۹۰/۰۵	۸۹/۲۷	۸۹/۴۹
۹۰/۰۳	۸۹/۴۷	۹۰/۴۰	۹۰/۵۶	۹۰/۰۱	۸۹/۹۳	۸۹/۷۹	۸۹/۷۹
۹۰/۸۱	۹۰/۲۴	۸۹/۸۸	۹۰/۳۷	۸۹/۷۴	۸۹/۸۰	۹۰/۰۷	۹۰/۴۵
۹۰/۱۲	۸۹/۷۶	۸۹/۸۱	۹۰/۰۴	۹۱/۳۴	۸۹/۸۹	۹۰/۴۷	۹۰/۳۶
۹۰/۴۵	۸۹/۷۴	۸۹/۶۰	۹۰/۳۸	۸۹/۷۲	۹۱/۰۳	۹۰/۰۵	
۸۹/۹۳	۸۹/۵۱	۸۹/۵۲	۹۰/۵۶	۹۰/۳۸	۸۹/۹۲	۹۰/۲۱	