«مجله مجتمع آموزش عالی قم»
سال چهارم ـ شماره پانزدهم ـ زمستان ۸۱
ص ۹۷ ـ ۱۱۰

ارزش تجهیزات امانتی* در قراردادهای وارانتی

دکتر عزت ا.. اصغری‌زاده**

کاهش دادن ریسک زمان از کار افتادگی محصولات صنعتی، در بحث حمایت از تجهیزات صنعتی، تجاری و کالاهای خانگی بادوام، روز به روز در دنیای اقتصاد و تجارت و تولید اهمیت بیش‌تری پیدا می‌نماید. این کاهش ریسک هم در مورد تجهیزات فروخته شده و هم تجهیزات کرایه‌ای موضوعیت دارد. به طور سنتی، بهبود حمایت از محصولات به معنای بهبود بخشیدن به فعالیت تشخیص عیب، تعمیر و در دسترس قرار دادن قطعات یدکی می‌باشد. این دیدگاه نسبت به فعالیت‌های حمایتی از محصولات، خدمات پس از فروش (PSS)[1] و سرویس وارانتی در حال ضعیف شدن است. در بسیاری از موقعیت‌ها «تجهیزات امانتی» در کاهش زمان از کار افتادگی یا حذف آن به مراتب از نظر هزینه‌ها با صرفه‌تر است. این مقاله بر آن است مدلی جهت تعادل در تصمیمات مربوط به «تجهیزات امانتی» را توسعه دهد؛ از این‌رو خط مشی‌های «امانت جایگزین»[2] مورد بحث قرار گرفته و کاربرد این خط مشی‌ها در سرویس وارانتی نشان داده شده است.

---

*. Loaners.

** استادیار دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.

1. Post - Sale Services.
2. Alternate Loan.

واژگان کلیدی: خدمات پس از فروش، تجهیزات امانتی، سیستم‌های صف[1]، قراردادهای سرویس، تعمیر و نگه‌داری[2] وارانتی[3]، سرویس مشتری[4]، حمایت از محصول[5].

مقدمه

در بازار رقابتی فروش محصولات صنعتی و تجاری، تولید کننده ناچار است پس از فروش تولیدات، به حمایت از عملکرد محصولات فروخته شده جهت افزایش رضایت مشتریان بپردازد. خدمات پس از فروش (PSS) معمولاً شامل در دسترس قرار دادن قطعات یدکی محصول، سازمان تعمیراتی و یک حداقل سطح از گارانتی یا وارانتی می‌باشد. (بلیشکی[6] و مرتی[7]، ۱۹۹۲، ص ۱۴۸-۱۲۷) انواع خط مشی‌های ممکن وارانتی‌های پایه[8] را طبقه‌بندی نموده‌اند. هم‌چنین مرتی و اصغری‌زاده در قالب تئوری بازی، مدلی جهت وارانتی‌های تمدید شده[9] (یا قراردادهای سرویس) ارایه نموده‌اند (مرتی و اصغری‌زاده، ۱۹۹۸، ص ۴۵-۲۹). یکی از دلایل ارایه این وارانتی‌ها، حمایت از مشتری در جهت جلوگیری از زیان‌های سنگین می‌باشد. در ادبیات وارانتی، بسیاری از محققین، خط مشی‌ها و مدل‌هایی را جهت به حداکثر رساندن رضایت مشتری مورد بحث قرار داده‌اند که از میان آن‌ها، مرتی و بلیشکی برجسته‌تر هستند.

هنگامی که ماشین یا تجهیزات فروخته شده تحت پوشش وارانتی دچار خرابی می‌گردد، اولین نیاز مشتری دسترسی داشتن به یک مرکز سرویس می‌باشد تا پس از

---

1. Queue Systems.
2. Maintenance Service Contracts.
3. Warranty.
4. Customer Service.
5. Product Support.
6. Blischke.
7. Murthy.
8. Basic Warranties.
9. Extended Warranties.

تشخیص عیب، فعالیت تعمیر یا تعویض ماشین صورت گیرد. مجموع زمانی که ماشین دچار نقص شده و مشتری به مرکز سرویس مراجعه می‌نماید تا زمانی که دوباره ماشین مورد استفاده مشتری قرار می‌گیرد «زمان از کار افتادگی[1]» نام دارد. هر چه این مجموع زمانی کاهش یابد به طور مستقیم رضایت مشتری نیز افزایش می‌یابد.

برای کاهش مجموع زمان از کار افتادگی، سرویس دهنده (تولید کننده، واسطه یا شخص ثالث) می‌تواند استراتژی‌های متفاوتی در پیش گیرد. مثلاً در دسترس بودن قطعات یدکی، زمان تعمیر را کاهش می‌دهد، یا «طراحی یک‌پارچه قطعات[2]»، از زمان تشخیص عیب و نیز زمان تعمیر می‌کاهد. استراتژی دیگری که امکان به کارگیری آن توسط سرویس دهنده وجود دارد استفاده از «تجهیزات امانتی» جهت جلب رضایت مشتری می‌باشد. استفاده از این امکان، به طور مؤثری زمان تشخیص و تعمیر که قسمت عمدهٔ زمان از کار افتادگی را تشکیل می‌دهد به صفر می‌رساند. به نظر می‌رسد استفاده از این شیوه در مراکز سرویس تولید کنندگان محصولاتی مانند رایانه، تلویزیون، اتومبیل و ماشین‌های کشاورزی در حال افزایش است.

در این مقاله، ما «تجهیزات امانتی» را به عنوان «زاپاس[3]» یا «بدل» در نظر می‌گیریم؛ به این صورت که مشتری به دنبال از کار افتادگی ماشین به مرکز سرویس مراجعه می‌نماید. سرویس دهنده بی‌درنگ ماشین مشابه‌ای را به طور موقت به او امانت می‌دهد تا در دورهٔ زمانی تعمیر ماشین خود، بتواند از آن استفاده نماید. پس از سرویس ماشین اصلی، این «امانت» به سرویس دهنده باز گردانده می‌شود و ماشین اصلی تحویل مشتری می‌گردد. برای مطالعه و مدل دهی این وضعیت باید فرض‌هایی را در نظر گرفت.

---

1. Down Time.
2. Modular Design.
3. Standby.

طرح سؤالات اساسی

هدف ما در این مقاله، آن است که ارزش «تجهیزات امانتی» را برای مشتری، مدل سازی نماییم، به گونه‌ای که دیدگاه قابل توسعه و چشم‌گیری را برای موفقیت شروع شده فراهم بیاوریم. از این‌رو سؤالات زیر قابل طرح است:

الف) در چه شرایطی «تجهیز امانتی» بایستی به مشتری عرضه گردد. آیا عرضه «تجهیزات امانتی» به عنوان قسمتی از PSS سودمند است؛

ب) در ازای استفاده از «تجهیزات امانتی» به چه میزان از مشتری وجه دریافت گردد؛

ج) تعداد «تجهیزات امانتی» که در مرکز سرویس به عنوان «زاپاس» باید موجود باشد چیست؟

مدل‌سازی این موقعیت جهت پاسخ‌گویی به سؤالات بالا باید به گونه‌ای باشد که تعامل بین استراتژی عرضه تجهیزات امانتی با سایر استراتژی‌های حمایت از مشتری هم‌خوانی داشته باشد.

می‌توان ۳ خط مشی واگذاری «تجهیزات امانتی» را مورد نظر قرار داده و مدل‌سازی نمود:

۱) تخصیص دادن یک «تجهیز امانتی» به مشتری در هنگام ورود او. چنان‌چه «تجهیز امانتی» در دسترس نباشد پس هیچ نوع واگذاری به مشتری صورت نخواهد گرفت؛

۲) تخصیص دادن بر مبنای «اولین ورودی ـ اولین سرویس» (FCFS) هنگامی که یک «تجهیز امانتی» در دسترس است؛

۳) تخصیص دادن بر مبنای «اولین ورودی ـ اولین سرویس» (FCFS) هنگامی که مشتری بیش‌تر از زمان e به انتظار مانده است و یک «تجهیزاتی» آزاد می‌شود؛

اولین حالت برای وقتی به کار برده می‌شود که مشتریانی که به آن‌ها «تجهیز امانتی» واگذار نمی‌شود بلافاصله خودشان در مورد گزینه‌های دیگر تصمیم‌گیری می‌نمایند؛

سومین حالت وقتی مناسب است که اطمینان دادن به مشتری جهت مراجعه دوباره مهم باشد. وقتی که تعمیر بیش از زمان نرمال طول می‌کشد در بخش بعدی ما مدل‌های ساده «تولد ـ مرگ» صف را در حالت وجود «تجهیز امانتی» به صورت محدود و

نامحدود توسعه می‌دهیم. مدل‌های «نامحدود»از دیدگاه سیاست‌گزاری مفید هستند اما در زمانی که محدودیتی برای تعداد کل «تجهیزات امانتی» وجود ندارد کاربرد دارند. برای مثال، شرکت برای ساخت واحدهای قابل دسترسی از خط تولید آمادگی داشته باشد. در پایان باید گفت، استفاده از چنین مدل‌هایی در حمایت تصمیمات مدیریتی وارانتی ترسیم گردیده است.

ارایه مدل‌های تجهیزات امانتی

فرض می‌کنیم که یک جمعیت نامحدود[1] و همگن از «تجهیزات» وجود دارند که با یک توزیع پورسن با نرخ λ از کار می‌افتند. هم‌چنین فرض می‌شود «زمان‌های تعمیر» دارای توزیع نمایه با میانگین $\frac{1}{M}$ می‌باشد و به طور نامحدودی «تسهیلات تعمیر» وجود دارد به طوری که مشتری‌ها صرفاً جهت خود «تعمیر» منتظر می‌مانند. در بعضی از تحلیل‌های زیر این فرضیات می‌توانند حذف شود. ترکیب حالت‌های «محدود» و «نامحدود» تجهیزات امانتی با سه خط مشی واگذاری ذکر شده می‌تواند منجر به پیدایش چند مدل موجه شود. به خصوص، چنان‌چه هیچ محدودیتی روی تعداد «تجهیزات امانتی» وجود نداشته باشد، در دسترس بودن هرگز موضوع قابل توجهی نخواهد بود.

مدل ۱

فرض می‌کنیم N «تجهیز امانتی» در سیستم موجود باشد و بر اساس رویه FCFS امانت داده شود؛ در صورتی که هیچ «تجهیز امانتی» بلافاصله در دسترس نباشد، هیچ تخصیصی صورت نمی‌پذیرد و مشتریان پس از این بلافاصله خود در مورد ماندن یا رفتن از سیستم تصمیم‌گیری می‌نمایند.

اگر L(t) تعداد تجهیزات امانتیِ در حال استفاده باشد و M(t) تعداد مشتریان در سیستم تعمیرات (با داشتن تجهیزات امانتی یا بدون داشتن آن) و نیز R(t) تعداد مشتریان

1. Infinite Population.

فاقد «تجهیز امانتی» در صف باشند، داریم:

$$M(t) = L(t) + R(t)$$

تعداد تجهیزات به امانت داده شده، L(t)، را می‌توان به عنوان یک پروسه تولد ـ مرگ با $\lambda_i = \lambda$ (i=0,1,...,N) و $M_i = iM$ (i= ۱,۲,...,N) مدل داد که در ادبیات صف، می‌تواند به عنوان یک سیستم M\M\N\N تلقی گردد. چنان‌چه $\{P_i\}$ $(i = ۱,۲,...,N)$ توزیع تعادلی برای این پروسه باشد $P_i = \lim_{t\to\infty} P[L(t) = i]$

این توزیع شناخته شده و به صورت زیر داده می‌شود:

$$P_i = P_o C_i \ , \ P_o = \frac{۱}{۱ + \sum_{i=1}^{N} Ci} \qquad \text{به طوری که } C_i \frac{P_i}{i_i} \ , \ P = \frac{\lambda}{M}$$

به طور مشابه، تعداد کل مشتری‌ها در سیستم، M(t)، نیز به عنوان یک پروسه تولد ـ مرگ با $\lambda_i = \lambda$ $(i = ۰, ۱, ۲, ...,)$ و $M_i = i_M$ $(i = ۱, ۲, ...,)$ مدل داده می‌شود که یک سیستم صف $M/M/\infty$ را نشان می‌دهد. در این حالت، توزیع تعادلی پورسن بوده و داریم: $q_i = \lim_{t\to\infty} p[M(t) = i] = \frac{p^i e^{-p}}{i_i}$

وقتی که $P = \frac{\lambda}{M}$ باشد در حالت پایدار، متوسط تعداد مشتریان در سیستم $E(M) = P$ و متوسط تعداد «تجهیزات امانتی» که به امانت داده می‌شود E(L) می‌باشد:

$$E(L) = \sum_{i=۱}^{N} ic_i p_c = ۱ + \sum_{i=۱}^{N} C_i \cdot \sum_{i,۱}^{N} \frac{ip_i}{i_i}$$

$$= \frac{P}{\sum_{i=۱}^{N} C_i} \cdot \sum_{i=۰}^{N-۱} P_i = P \sum_{i=۰}^{N-۱} = P(۱ - P_{N)}$$

و متوسط تعداد مشتریان فاقد «تجهیز امانتی» خواهد بود:

$$E(R) = E(M) - E(L) = P - P(۱ - P_N) = P(۱ - ۱ + P_N) = PP_N$$

زمان انتظار در صف برای مشتریان به آسانی به ترتیب ذیل به دست خواهد آمد:

P_N ۰ (N تجهیزات امانت داده شده | t ≤انتظار مشتری) $= P_i$.(اتجهیز امانت داده شده | t ≤انتظار مشتری) $= \sum P$ (انتظار مشتری t ≤ |) $= P$ $= P_N e^{-Mt}$

احتمال این‌که انتظار صفر باشد برابر با P_N - ۱ است. بنابراین متوسط زمان انتظار

چنین خواهد بود:

$$E(W)=\frac{P_N}{i}$$

این وضعیت ساده، ایده ای که در دسترس بودن تجهیزات امانتی می‌تواند به عنوان کاهش دهنده تعداد مشتریان در صف باشد را به خوبی بیان می‌کند. هم‌چنین تأثیر رها کردن فرضیات دربارهٔ پروسهٔ تعمیر را نشان می‌دهد. برای مثال، اگر پروسهٔ تعمیر به عنوان یک سیستم $M/G/\infty$ مدل داده شود تعداد تجهیزات امانت داده شده، L(t)، یک سیستم M/G/N/N خواهد بود و M(t)، تعداد کل مشتریان در سیستم، یک سیستم صف $M/G/\infty$ می‌باشد.

توزیع‌های تعادلی برای M و L در این حالت ضرورتاً همان حالت قبلی با $P=\lambda E(X)$ خواهد بود. وقتی که E(X) متوسط زمان سرویس را نشان می‌دهد توزیع زمان انتظار برای مشتریان چنین می‌باشد:

$$\overline{G}(t)=1-G(t) \quad \text{و} \quad \mathrm{P}(\text{انتظار مشتری} \geq t)=P_N\,\overline{G}(t)$$

و امید ریاضی زمان انتظار برابر است با: $E(W)=P_N E(X)$

مدل ۲

در این مدل، تعداد نامحدودی «تجهیز امانتی» در دسترس می‌باشد. یک «تجهیز امانتی» آماده تخصیص به یک مشتری است وقتی که تا زمان e یا بیش‌تر جهت کامل شدن تعمیر منتظر می‌ماند. تعداد مشتریان در سیستم در حالت تعادلی دارای توزیع پورسن با پارامتر $P=\frac{\lambda}{M}$ می‌باشد. حال در نظر بگیرید، احتمال این‌که یک تجهیز امانت داده شده در فاصله $[t+t+\Delta t]$ افزایش یابد، با فرض داشتن یک خط مشی جهت ارایه تجهیزات امانتی، این احتمال برابر است با احتمال این‌که یک مشتری در فاصلهٔ زمانی $[t-e\,,\,t-e+\Delta t]$ وارد شده و تا زمان e از سرویس خارج نشود، مانند: $(\lambda\,\Delta t)e^{-Mt}$ یا $\Delta t\,(\lambda\,e^{-Mt})$. چنان‌چه K تجهیز امانت داده شده باشد احتمال این‌که این تعداد در فاصلهٔ زمانی $[t\,,t+\Delta t]$ به K-۱ تقلیل یابد، برابر با $KM\Delta t$ خواهد بود که دلیل آن ویژگی «بی‌حافظه بودن» توزیع زمان تعمیر است. بنابراین، تعداد

تجهیزات به امانت داده شده می‌تواند به عنوان یک پروسه تولد ـ مرگ به صورت زیر تعریف گردد:

$$\lambda_k = \lambda e^{-Mt} \quad , \quad K = ۰, ۱, ۲, ...$$

$$M_k = K,M \quad , \quad K = ۱, ۲, ...$$

توزیع تعادلی برای تجهیزات به امانت داده شده پورسن با پارامتر Pe^{-Mt} خواهد بود. متوسط تعداد امانت داده شده نیز Pe^{-Mt} بوده و توزیع زمان انتظار به صورت زیر می‌باشد:

$$\mathrm{P}(\text{زمان انتظار} \geq t) = \begin{cases} e^{-Mt} & \text{برای } t \leq e \\ o & \text{برای } t > e \end{cases}$$

بنابراین برای متوسط زمان انتظار، خواهیم داشت:

$$E(W) = ee^{-Mt} + \int_o^e tMe^{-Mt}\,dt = \frac{۱}{M}(۱ - e^{-Mt})$$

اگر زمان‌های سرویس به وسیلهٔ یک توزیع عمدی، G(X) بیان شود، تعداد مشتریان در سیستم می‌تواند به عنوان یک سیستم $M/G/\infty$ مدل داده شود و توزیع مقاوله مجدداً پورسن با پارامتر $P = \lambda E(X)$ می‌باشد؛ جایی که E(X) متوسط زمان سرویس است. هم‌چنین تعداد تجهیزات به امانت داده شده به عنوان یک سیستم $M/G/\infty$ با نرخ ورودی $\lambda \overline{G}(t)$ و زمان‌های سرویس داده شده به وسیله تابع چگالی

$$g(xle) = \frac{g(xte)}{\overline{G}(x)}$$

بیان می‌گردد. توزیع تعادلی برای تعداد تجهیزات امانت داده شده پورسن با پارامتر $\lambda\overline{G}(e)E(xle)$ می‌باشد به طوری که:

$$E(x \mid e) = \frac{\int_e^\infty t.g(t)\,dt}{\overline{G}(e)}$$

و بالاخره، متوسط زمان انتظار برای یک مشتری به صورت زیر است:

$$E(W) = e\overline{G}(e) + \int_o^e t.g(t)dt = \int_o^e \overline{G}(t)dt = e - \int_o^e G(t)dt$$

مدل مطرح شده به هیچ وجه به طور کامل همهٔ سناریوهای ممکن «تجهیز امانتی» را ارایه نمی‌کند. برای مثال، ممکن است طبقات متفاوت مشتریان با اولویت‌های مختلف وجود داشته باشند، یا چندین طبقه از تجهیزات امانتی وجود داشته باشد تا برای سطوح مختلف سرویس‌های جای‌گزین به امانت داده شود. به هر حال، مدل‌های بحث شده

جهت توسعه یک دیدگاه مدل‌دهی به این گونه مسایل کفایت می‌کند.

اگر چه کاربردهای ممکن و گسترده‌ای جهت این مدل‌ها وجود دارد اما با ارزش‌ترین کاربردها، آن‌هایی هستند که چشم‌انداز کمی را برای استفاده از «تجهیزات امانتی» فراهم می‌کنند و نیز یک فهم وسیع از موضوعات مدیریتی را شامل می‌شوند. در بخش بعد، بعضی از کاربردها با استفاده از مدل‌ها نشان داده می‌شود. برای مسایل پیچیده‌تر یک دیدگاه مدل‌سازی عمومی توسط (کوبت[1]، ۱۹۸۱) در شرایط از کار افتادگی‌های متعدد مورد بحث قرار گرفته است.

ثبات در استراتژی «تجهیزات امانتی»

فرض کنید نرخ هزینه‌های متفاوت ممکن را در یک استراتژی برای مراکز سرویس بر حسب مثلاً ریال / ساعت در اختیار داشته باشیم. چنان‌چه C_1 هزینه کار کردن یک «تجهیز امانتی»، C_2 هزینهٔ در دسترس قرار دادن یک «تجهیز امانتی» و بالاخره C_3 هزینهٔ انتظار مشتری (مثلاً در قالب جریمه) برای مرکز سرویس باشد، در این صورت متوسط هزینه‌ها در واحد زمان با فراهم کردن N تجهیز امانتی برابر است با:

(تعداد مشتریان منتظر جهت دریافت تجهیز امانتی) C_2N+C_3E + (تعداد تجهیزات به امانت داده شده) $C(N) = C_1E$ برای بیان مقصود. فرض کنید مدل ۱ به کار رود، آن‌گاه رابطهٔ بالا برابر است با:

$$C(N) = C_1P(1 - P_N) + C_2N + C_3PP_N$$

واضح است که P_N به طور یکنواخت بر حسب N در حال کاهش است. بنابراین با فرض $C_1 > C_3$ تنها نیازمند مقایسه $C(0)$ و $C(1)$ و این‌که آیا «تجهیزات امانتی» به طور کلی، استراتژی پایداری را برای مرکز سرویس به وجود می‌آورند یا نه می‌باشیم. با نداشتن هیچ تجهیزی، $C(0) = C_3P$ و با داشتن یک تجهیز یعنی $P_1 = \frac{P}{1+P}$ خواهیم داشت:

$$C(1) = \frac{C_1P_0}{1-P} + C_2 + \frac{C_3P^2}{1+P}$$

چنان‌چه $C(0) < C(1)$ باشد واضح است که «تجهیزات امانتی» یک گزینهٔ پایدار

1. Kubat.

نیست و در این وضعیت خواهیم داشت: $C_1P + C_2(1+P) > C_3 P$

جذابیت استراتژی «تجهیز امانتی» هنگامی که C_1 و C_2 کاهش داده می‌شود افزایش می‌یابد. هزینه کار کردن تجهیز امانتی (C_1) را می‌توان با دریافت وجه از مشتری به ازای میزان استفاده از تجهیز امانتی، کاهش داد که در واقع تقسیم هزینه یا انتقال هزینه از مرکز سرویس به مشتری می‌باشد. این خط مشی را می‌توان به صورت رایج دید؛ مثلاً تعمیر دستگاه چمن‌زن و بنگاه‌های فروش اتومبیل که تجهیزات جانشین را به صورت کرایه در اختیار مشتری قرار می‌دهند.

باید توجه داشت که وجه دریافتی از مشتری بابت استفاده از «تجهیز امانتی» نباید بیش‌تر از هزینهٔ انتظار مشتری یا هزینهٔ به دست آوردن تجهیز جانشین از منابع دیگر مانند «آژانس‌های کرایه تجهیزات» باشد. هزینهٔ در دسترس قرار دادن تجهیز امانتی، C_2 می‌تواند با استفاده از تجهیزات جایگزین ارزان‌تر یا اقلام دست دوم تقلیل داده شود. برای مثال، تلویزیون با سایز کوچک ممکن است به جای تلویزیون با سایز بزرگ و نیز اتومبیل دست دوم یا مدل‌های ارزان‌تر اتومبیل می‌تواند به جای اتومبیل‌های گران قیمت به عنوان تجهیز امانتی مورد استفاده قرار گیرد. وقتی مرکز تعمیر و فروش تجهیزات در یک جا واقع است تجهیزات دست دوم برای فروش نیز ممکن است به عنوان «تجهیز امانتی» مورد استفاده واقع شود که در این صورت هزینه C_2 می‌تواند به هزینه نگه‌داری موجودی در برابر فروش‌ها تخصیص یابد.

تعداد بهینهٔ تجهیزات امانتی

فرض کنید بخواهیم قاعدهٔ واگذاری (مدل ۱) و مدل هزینه بخش قبل را به کار ببریم. در این‌جا هزینه‌های به وجود آمده با داشتن N «تجهیز امانتی» مجدداً توسط C(N) داده می‌شود. در این حالت، تعداد بهینهٔ «تجهیز امانتی» را می‌توان با یک خط ساده پیدا نمود. ما حدس می‌زنیم (اما قادر به نشان دادن نیستیم) که C(N) یک تابع محدب است همان‌گونه که در حالت‌های مختلف آزمایش شده است.

بنابراین چنان‌چه $C_1 > C_3$ باشد آن‌گاه هزینه‌ها با تعیین e برابر بی‌نهایت، حداقل خواهد شد و حالتی خواهد بود که هرگز تخمیری آماده نباشد. اگر $C_1 > C_3$ باشد آن‌گاه

تعیین e برابر صفر، حالتی خواهد بود که بلافاصله تجهیز امانتی عرضه خواهد شد. بنابراین به این نتیجه می‌رسیم که خط مشی عرضه تجهیزات امانتی در یک زمان به جای لحظه ورود مشتری، یک خط مشی مناسب خواهد بود، وقتی که هزینه‌های انتظار غیرخطی (افزایش یابنده) بر حسب زمان می‌باشد.

برای مدل ۳، این حالت به آسانی به صورت عددی کار خواهد کرد. اگر هزینهٔ انتظار متناسب با $E(W^2)$ باشد آنگاه هزینه کل به صورت زیر حاصل خواهد شد:

$$C(e) = \frac{2C_3'P}{M}\left(1 - e^{-Me} - Mee^{-Me}\right) + C_1 Pe^{-Me}$$

هنگامی که عبارت اول برابر با $C_3' \lambda E[W^2]$ می‌باشد. هم‌چنین واحد C_3' واحد پولی به توان دوم زمان می‌باشد.

تعامل مدل‌ها با استراتژی‌های دیگر حمایت از مشتری

مدل‌های ارایه شده در این‌جا، مدل‌های جامعی جهت بررسی واقعیت‌ها و تعادل بین همه اجزای مختلف استراتژی‌های حمایت از مشتری نیست. به هر حال، آن‌ها برخی اطلاعات کیفی در مورد تأثیر افزایش یا کاهش پایانی عملکرد سرویس روی نیازمندی‌های تجهیزات امانتی را به دست می‌دهند. به عنوان مثال، یک شرکت تولیدی اقلام صنعتی یک برنامه شبیه‌سازی پیچیده را جهت مشخص کردن این‌که نیازمندی‌های تجهیزات امانتی در سیستمشان تقریباً به طور معکوس با پایانی محصول (اندازه‌گیری شده توسط «متوسط زمان بین خرابی‌ها» متفاوت است را به کار گرفته است.

دانستن این ارتباط بررسی ارزشی بهبود، پایایی محصول بر حسب ذخیره در سیستم تجهیزات امانتی را موجب می‌گردد. مدل‌های ارایه شده در این‌جا در حکمِ بر افروختن شعله‌ای روی موضوعات مشابه بدون متوسل شدن به شبیه‌سازی با هزینه گران می‌باشد.

برای مثال، مدل ۲، نشان می‌دهد که اگر شرکت همیشه یک «تجهیز امانتی» در اختیار داشته باشد آنگاه تعداد متوسط «تجهیزات امانتی» در حال استفاده برابر با $\left(\frac{\lambda}{M}\right)e^{-Me}$ بوده که متناسب با λ خواهد بود. مدل ۱، نشان می‌دهد که برای یک سیستم با تعداد محدودی تجهیز امانتی، متوسط تعداد تجهیزات امانتی در حال استفاده

$P(۱ - P_N)$ می‌باشد که به صورت خطی بر حسب λ نیست. مهم‌تر این‌که، هزینهٔ سیستم تجهیزات امانتی در واقع توسط تعداد تجهیزات آماده شده، تعیین می‌شود که این تعداد بر حسب λ خطی نیست. در وضعیتی مشابه آن‌چه گفته شد می‌توان استنباط کرد که تغییر نرخ سرویس (M) با بهبود در تشخیص خرابی و تعمیر امکان‌پذیر است.

می‌توانیم (N) را به صورت زیر بنویسیم:

$$C(N) = C_۱P + C_۲N + (C_۳ - C_۱)P.P_N$$

حداقل کردن C(N) به طور روشن برابر با حداقل کردن عبارت زیر است:

$$N + \frac{(C_۳ - C_۱)\ P.P_N}{C_۲}$$

بنابراین، تعداد بهینهٔ «تجهیزات امانتی» (N^*) تابعی از مقادیر بی‌مقیاس $\bar{C} = \frac{(c_۳ - c_۱)}{C_۲}$, P می‌باشد تا مادامی که $\bar{C} < \frac{۱+P}{P}$ باشد $N^* = ۰$

هر اندازه P به طرف صفر می‌رود N^* برای همه مقادیر $\bar{C}$ برابر با صفر می‌باشد. هم‌چنین اگر $\bar{C} < ۱$ سپس N^* برای همهٔ مقادیر P برابر با صفر است و تا مادامی که هزینه‌های عملیاتی و داشتن «تجهیزات امانتی» از فواید بیش‌تر نشود حتی در مطلوبیت بالا نیز برقرار است. هم‌چنین مشاهده می‌شود هر چه حساسیت پارامترهای هزینه به ارزش‌های بالاتر P بالا باشد، تأثیر P برای ارزش‌های پایین‌تر آن بیش‌تر نشان داده می‌شود.

مدل هزینه بحث شده بالا و بخش‌های قبلی، تنها یکی از راه‌های فرموله کردن مسئله است. در بسیاری از موقعیت‌های سرویس، خصوصاً در سطح خرد، به نظر می‌رسد احتمالات دنباله توزیع زمان انتظار مشتریان مقیاسات مهمی از حمایت عملکرد باشد. در چنین حالتی ممکن است مناسب‌تر باشد که رفتار مشتری بررسی گردد و به عبارتی، احتمال این‌که یک مشتری بیش‌تر از زمان e منتظر بماند به طوری که تعداد مشتریان افزایش یابد قابل مطالعه است. این رفتار در مدل ۱، با عبارت $PNe^{-Mt'}$ بیان گردیده است.

خط مشی‌های تخصیص تجهیزات امانتی

خط مشی تشریح شده در مدل ۱، احتمالاً هنگامی مناسب است که هیچ تجهیز

امانتی آماده نیست و مشتری به طور فیزیکی سیستم را ترک می‌کند. اگر یک مشتری آمادگی منتظر ماندن را دارد آن‌گاه مدل ۱ گزینه نامعقولی به نظر می‌رسد. در مدل‌های مطرح شده در این‌جا، زمان t بعد از این‌که یک تجهیز به یک مشتری منتظر عرضه می‌شود تنها پارامتر تخصیص می‌باشد.

برای ساده کردن مطلب، مدل ۳ را با تعداد نامحدودی تجهیز امانتی ملاحظه می‌کنیم. اگر $C_۳$ همانند قبل هزینه انتظار هر واحد زمانی برای مشتری و $C_۱$ هزینهٔ کار کردن تجهیز برای عرضه کننده باشد آن‌گاه متوسط هزینه به همراه یک زمان مقرر t چنین خواهد بود:

$$C(t) = C_۳P\left(۱ - e^{-Mt}\right) + C_۱Pe^{-Mt}, = C_۳P + (C_۱ - C_۳)\,Pe^{-Mt}$$

نتیجه

این مقاله دو مدل ساده جهت تحلیل مسایل و تصمیمات مربوط به استفاده از «تجهیزات امانتی» به عنوان بخشی از استراتژی حمایت از مشتری یا نوعی سرویس وارانتی یا خدمات پس از فروش را ارایه کرده است. مدل ۱، شرایطی را بیان می‌کند که تعداد محدودی «تجهیز امانتی» جهت استفاده مشتریان به کار گرفته می‌شود و پس از اتمام آن‌ها مشتریان به انتظار می‌مانند و یا مرکز سرویس را ترک می‌کنند. مدل ۲، وضعیتی است که تعداد نامحدودی «تجهیز امانتی» توسط مرکز سرویس به کار گرفته می‌شود و چنان چه مشتری تا یک زمان مشخص در سرویس بماند به او ارایه می‌گردد.

بر مبنای این مدل‌ها، تعداد بهینهٔ تجهیزات امانتی محاسبه گردیده و استراتژی پایدار مراکز سرویس و ارایه دهندگان تجهیزات امانتی شکل می‌گیرد. علاوه بر مطالعهٔ عمیق‌تر و جزیی‌تر که با مسایل مشخصی در ذهن برانگیخته می‌شوند لازم است سؤالات گسترده‌تری در مورد استراتژی‌های حمایت از مشتری و سرویس وارانتی به طور عام و ترکیبی از اجزای آن مانند «تجهیزات امانتی» پایایی و عرضه قطعات یدکی طرح و مدل‌سازی گردد.

مآخذ

1- Blischke, W.R. and Murthy, D.N.P, "Producy Warranty Management - I: A Taxonomy for Warranty Policies", European J. of OR, 62, 1992.

2- Kubat, P., "Morkov Models for "Multi-failure Repairable Systems", Graduate School of Management, Working Paper Series No. 8127, Uni. of Rochester, 1981.

3- Murthy, D.N.P. and Asgharizadeh, E., A Stochastic Model for Service Contract, International J. of Reliability, Quality and Safety Engineering, No. 1, Vol. 5, 1998.

4- Gross, D. and Harris, C.M., Fundamentals of Queueing Theory (New York, John Wiley, 1985).

5- Ross, S.M., Introduction to Probability Models (U.S.A, Academic Press INC., 1989).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی