



پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری

دوره ۸، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، صص ۱۷۸-۲۱۵

نوع مقاله: پژوهشی

بهینه‌سازی نگهداری و تعمیرات Proactive و کنترل موجودی با استفاده از فرایند تصمیم مارکوف و شبیه‌سازی در محیط اینترنت اشیاء صنعتی

محمدصادق بهروز^۱، محمدعلی افشار کاظمی^{۲*}، عادل آذر^۳، عزت اله اصغری زاده^۴

۱. دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران
۲. دانشیار، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳. استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۴. دانشیار، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۰۷

چکیده

اجرای برنامه‌های نگهداری و تعمیرات در زمان مناسب و مدیریت و کنترل هم‌زمان موجودی با در نظر داشتن تغییرات و رشد تکنولوژی و همچنین بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، موضوعی است که می‌تواند علاوه بر تأثیر بر کیفیت تولید، به عنوان یک مزیت رقابتی محسوب شود. هدف از انجام این پژوهش بهینه‌سازی نرخ نقص مورد انتظار در دو مقوله "نگهداری و تعمیرات" و "برنامه‌ریزی و کنترل موجودی" بر اساس زمان و هزینه است. برای این منظور، سیاست بهینه با توجه به رویدادهای شناسایی‌شده بر اساس زمان و هزینه، با استفاده از فرایند تصمیم مارکوف، پیشنهاد و توصیه‌شده و مقادیر احتمالات در حالت‌های مختلف سیستم، محاسبه‌شده است. در ادامه برای تعیین زمان اثربخشی و تأثیرگذاری سیاست‌ها، از مفهوم اینترنت اشیاء صنعتی بهره‌گیری و مسئله در محیط شبیه‌ساز OPNET، مدل‌سازی و شبیه‌سازی‌شده است و بر اساس زمان جدید، مقادیر بهینه محاسبه‌شده است. برای انجام پژوهش، داده‌های تاریخی مربوط به اجرای برنامه‌های نت و ارزیابی ریسک در شبکه انتقال گاز مورد استفاده قرار گرفته است و بر اساس تغییر در میانگین نرخ وقوع رویدادها، زمان انجام شبیه‌سازی و تغییر در مقادیر پارامترهای آماری شبکه، تحلیل حساسیت و اعتبارسنجی مدل انجام شده است. نتایج پژوهش، میزان بهبود و نرخ بهینگی در نرخ نقص مورد انتظار را مبتنی بر "زمان اجرای اقدام اصلاحی یا سیاست نت"، "زمان تأثیرگذاری اقدام اصلاحی یا سیاست نت" و "زمان سفارش قطعات یدکی و اقدامات لجستیکی"، بر اساس هزینه نشان می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: نگهداری و تعمیرات Proactive، کنترل موجودی، فرایند تصمیم مارکوف، اینترنت اشیاء صنعتی، شبیه‌سازی شبکه‌های کامپیوتری.



پیوست ۱: شبیه‌سازی OPNET

یکی از نرم‌افزارهای کاربردی برای شبیه‌سازی شبکه‌های کامپیوتری که بر پایه رویدادهای گسسته عمل می‌کند، برنامه شبیه‌سازی شبکه OPNET است. برنامه شبیه‌سازی شبکه یا نرم‌افزار OPNET موجب سرعت بخشیدن به روند تحقیق و توسعه می‌شود و برای تحلیل و طراحی شبکه‌های ارتباطی، دستگاه‌ها، پروتکل‌ها و برنامه‌های کاربردی، بسیار مفید خواهد بود [۲۷]. در OPNET محیط شبیه‌سازی در سه سطح تعریف‌شده و روند طرح‌ریزی مسئله به صورت سلسله‌مراتبی است. این سطوح عبارت‌اند از: پروژه یا شبکه^۱، گره^۲، فرایند^۳. هر یک از این سه ابزار طراحی یک ویرایشگر نامیده می‌شوند و در هرکدام محیطی متفاوت برای طراحی یک بخش از مسئله آماده‌شده است. در سطح اول طراحی، توپولوژی کلی شبکه شامل گره‌ها، لینک‌ها، ابزار و اشیاء تکنولوژی، رسم می‌شود. در سطح Node رفتار تک‌تک عناصر شبکه طراحی و ترسیم می‌شود و برای هر عنصر در شبکه یک ساختار جداگانه بر مبنای ویژگی‌های آن عنصر، تعریف می‌شود. در این ویرایشگر ساختار لایه‌ای هر عنصر شبکه و ارتباط میان لایه‌ها تعیین می‌شود. در سطح Process هم نهایتاً عملکرد و رفتار هر ماژول را می‌توان تعریف کرد. درواقع وظیفه‌ای که هر ماژول به عهده دارد را اصطلاحاً Process می‌گویند. هر Process مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها بوده که با استفاده از روش ماشین باحالت محدود^۴ مدل می‌شود. برای انجام شبیه‌سازی در محیط OPNET، در گام اول مدل‌سازی شبکه صورت می‌گیرد. برای این منظور تنظیمات اولیه که شامل انتخاب محیط شبیه‌سازی (مساحت و گستره پیاده‌سازی)، تکنولوژی و فناوری موردنظر، تعیین اشیاء، ابزار و عناصر موردنظر برای ایجاد شبکه، تعیین فواصل و اتصالات، برنامه‌های کاربردی موردنظر و پیکربندی یا توپولوژی شبکه است، صورت می‌گیرد. در مرحله بعدی شبیه‌سازی، متغیرهای موردنظر برای دریافت آمار و گزارش‌ها انتخاب می‌شود. این پارامترها به دودسته تقسیم می‌شوند: پارامترهایی که برای همه اشیاء و عناصر شبکه صدق می‌کند که به آن‌ها پارامترهای عمومی^۵ می‌گویند و پارامترهایی که مربوط به یک شیء خاص بوده و فقط اطلاعات مربوط به آن گزارش می‌شود یا پارامترهای اختصاصی^{۱۸}. پس از تعیین پارامترهای مربوط به گزارش‌گیری و آمار موردنیاز، در ادامه، فرایند شبیه‌سازی اجرا و پیاده‌سازی شده و نتایج جمع‌آوری و تحلیل می‌گردد. در شکل ۶ مراحل اجرای شبیه‌سازی در نرم‌افزار اپنت ارائه شده است. [۲۷، ۲۸].



شکل ۶. مراحل اجرای شبیه‌سازی در نرم‌افزار OPNET [۲۸]

با توجه به ویژگی‌های ذکرشده برای نرم‌افزار OPNET، ماهیت داده‌ها، رویدادمحور بودن محاسبات، مدل ریاضی پژوهش، محیط انجام پژوهش و فناوری‌های مرتبط با اینترنت اشیاء صنعتی در صنعت مورد مطالعه (استفاده از حسگرها و سنسورها برای تشخیص رویدادها) و همچنین سهولت کاربرد بر اساس پروتکل مورد نیاز، در این پژوهش برای بهینه‌سازی نرخ هزینه نقص مورد انتظار در "سیستم‌های نگهداری و تعمیرات" و "سفارش قطعات یدکی و کنترل موجودی" از شبیه‌ساز OPNET Modeler ۱۴,۵ بهره‌گیری شده است.



پیوست ۲: اقدامات اصلاحی / سیاست‌های نگهداری و تعمیرات

جدول ۴. اقدامات اصلاحی / سیاست‌های نگهداری و تعمیرات

ردیف	نقص‌ها	ردیف	سیاست / اقدام اصلاحی
۱	ناکارآمدی سامانه حفاظت کاتدیک خطوط	Pln1	اخذ مجوزهای کاری یا گواهی‌نامه‌های فنی
۲	ناکارآمدی تجهیزات کنترل فشار و جریان	Pln2	ایجاد مرکز پایش خطرات و کنترل بحران
۳	انتشار گازهای آلاینده و مواد سمی شیمیایی (مرکاپتان، روغن، گریس، دوده و مواد سمی)	Pln3	آموزش کارگران و پیمانکاران در راستای شناسایی و پیشگیری از ریسک‌ها و خطرات و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی
۴	نقص در حفاری‌های ضروری	Pln4	بازرسی‌های دوره‌ای و انجام تست‌های کنترلی فنی
۵	آسیب مکانیکی (برخورد ماشین‌آلات اسکریپر، پیکور، بلدوزر و ...) با خط لوله	Pln5	ارزیابی ریسک دوره‌ای و به‌روزرسانی، بازنگری و بهبود دستورالعمل‌ها، روش‌های اجرایی و مستندات
۶	نشست میعانات گازی	Pln6	نصب علائم، نشانگرها و تابلوهای ایمنی
۷	عدم وجود فشارسنج حساس در شبکه	Pln7	بازطراحی و ایمن‌سازی لوله‌ها، اتصالات و تجهیزات
۸	عدم آموزش مناسب و توجیه نبودن پیمانکاران نسبت به موقعیت محیطی	Pln8	استفاده از سامانه‌ها و نصب حسگرهای هشداردهنده در همه قسمت‌های شبکه انتقال
۹	استفاده از مواد اولیه بی‌کیفیت در تجهیزات و قطعات	Pln9	بازطراحی سیستم برنامه‌ریزی و کنترل موجودی قطعات و لوازم‌بدکی
۱۰	انبارش و نگهداری بیش‌ازحد موردنیاز تجهیزات، قطعات، مواد اولیه قابل اشتعال و کپسول گازهای قابل انفجار و جابجایی و انتقال ناپایمن	Pln10	بازنگری ضوابط و الزامات برون‌سپاری امور نت
۱۱	کیفیت پایین و نقص شیرهای اتوماتیک قطع جریان	Pln11	بازبینی و به‌روزرسانی تولیدکنندگان و عرضه‌کنندگان قطعات و لوازم‌بدکی
۱۲	نقص در عایق‌کاری شبکه انتقال	Pln12	تغییر در روش‌های تجزیه و تحلیل و دوره‌های زمانی آنالیز اطلاعات نت
۱۳	خوردگی لوله	Pln13	بازطراحی سیستم هزینه‌یابی و محاسبه قیمت تمام‌شده امور نت



پیوست ۳: ماتریس اولیه ورودی متلب

جدول ۵. ماتریس اولیه ورودی متلب

U^a	C_a ریال	C_f ریال	t_e (h)	Δt (h)	t_a (h)	λ	L (h)	T (h)	اقدام/سیاست
۲.۳۳۰۲۶	۴۵۶۱۱۵۶۰۰	۵۰۰۸۰۰۴۹۶۰	۱۹۴.۰	۲.۰	۱۸۸	۰.۰۴۵	۴	۴۸۰	Pln1
-۱.۳۰۲۵۶	۸۷۶۲۱۹۰۶۰	۹۵۰۸۱۷۶۵۰۰	۴۳۰.۰	۳.۰	۴۲۱	۰.۰۴۵	۶	۴۸۰	Pln2
۱.۷۹۰۲۷	۴۸۷۵۶۱۹۸۰	۵۵۰۶۱۳۱۲۸۰	۱۹۹.۰	۱.۰	۱۹۶	۰.۰۴۵	۲	۴۸۰	Pln3
-۵.۱۷۰۳۹	۴۰۳۷۷۱۸۳۰	۴۶۰۲۵۰۸۴۰۰	۳۱۹.۵	۱.۵	۳۱۵	۰.۰۴۵	۳	۴۸۰	Pln4
-۵.۱۰۴۱۷	۳۳۵۵۵۴۲۰۰	۳۸۷۵۷۳۰۴۲۰	۳۸۰.۵	۲.۵	۳۷۰	۰.۰۴۵	۸	۴۸۰	Pln5
۱.۶۶۱۳۶	۳۰۹۶۴۴۱۱۰	۳۶۵۰۶۲۰۷۳۰	۱۴۳.۰	۱.۰	۱۳۷	۰.۰۴۵	۵	۴۸۰	Pln6
-۱.۸۷۳۹۶	۲۸۷۹۹۱۸۸۰	۳۳۰۳۰۷۶۸۳۰	۳۵۹.۰	۳.۰	۳۵۱	۰.۰۴۵	۵	۴۸۰	Pln7
-۲.۴۷۹۹۲	۴۳۶۱۱۲۳۴۰	۵۰۰۲۶۶۵۵۳۰	۳۵۷.۵	۲.۵	۳۴۸	۰.۰۴۵	۷	۴۸۰	Pln8
۲.۰۶۵۳۰	۵۰۸۶۶۳۳۵۰	۶۱۴۶۱۴۰۷۶۰	۲۴۸.۰	۱.۰	۲۴۴	۰.۰۴۵	۳	۴۸۰	Pln9
۱.۶۸۳۹۶	۸۸۳۱۹۰۴۵۰	۹۷۳۶۸۸۶۲۰۰	۲۱۷.۳	۱.۳	۲۱۰	۰.۰۴۵	۶	۴۸۰	Pln10
۱.۹۳۵۹۳	۵۱۸۹۰۶۲۳۰	۶۱۴۱۶۸۵۱۸۰	۲۶۹.۳	۲.۳	۲۶۵	۰.۰۴۵	۲	۴۸۰	Pln11
۴.۰۷۷۰۶	۵۵۹۶۲۱۱۱۰	۶۵۳۰۳۷۱۹۸۰	۲۳۹.۰	۲.۰	۲۳۲	۰.۰۴۵	۵	۴۸۰	Pln12
-۱.۷۷۷۳۸	۶۵۳۴۸۹۲۳۰	۷۴۲۸۳۹۶۴۲۰	۳۸۸.۵	۱.۵	۳۸۳	۰.۰۴۵	۴	۴۸۰	Pln13



محمدصادق بهروز و همکاران ————— بهینه‌سازی نگهداری و تعمیرات

پیوست ۴: هزینه‌های کمبود موجودی، تأثیر اقدام، خرید قطعات و نرخ اولیه نقص مورد انتظار در سه حالت

جدول ۶. هزینه‌های کمبود موجودی، تأثیر اقدام، خرید قطعات و نرخ اولیه نقص مورد انتظار در سه حالت

ELo	ELe	Ela	Csp	Cs(te)	Cs(ta)	Ce	Cs(td)
۶۷۹۹۳۷۷۴.۶	۵۰۴۷۵۴۵۴۱۷	۵۰۰۸۳۷۳۴۴۱	۱۵۲۰۳۸۵۳۳	۵۰۲۱۶۳۱۲	63259070	39551210	۶۶۲۵۳۴۲۰
۱۸۴۲۹۶۴۳۰	۸۹۰۲۲۳۵۷۰۶	۹۵۰۸۱۷۶۵۲۳	۲۹۲۰۷۳۰۲۰	۱۱۱۱۳۲۱۴۰	132164150	74556560	۱۷۲۴۳۲۱۵۰
۸۴۰۲۹۲۵۹.۹	۵۵۴۶۱۱۷۷۷۵	۵۵۰۶۲۱۶۸۶۶	۱۶۲۵۲۰۶۶۰	۶۲۱۴۳۸۱۰	65051890	40003400	۶۹۴۶۸۱۹۰
۷۷۸۲۵۰۴۰	۴۶۳۵۵۰۸۹۲۱	۴۶۰۲۵۰۹۳۵۶	۱۳۴۲۵۷۲۷۶.۷	۴۹۱۱۸۸۰۰	53238800	35885340	۶۲۲۲۲۲۰۰
۵۵۶۴۵۰۸۱.۵	۳۸۷۸۳۵۱۰۸۳	۳۸۷۵۷۳۰۵۳۶	۱۱۱۸۵۱۴۰۰	۳۲۳۲۳۲۱۰	42823210	31006580	۴۷۸۲۲۴۵۰
۵۲۸۰۸۱۲۴.۳	۳۶۷۹۲۸۹۲۴۸	۳۶۵۳۱۹۵۴۱۱	۱۰۳۲۱۴۷۰۳.۳	۳۹۰۰۴۴۱۰	44034070	28669320	۴۷۰۳۵۳۱۰
۵۱۱۹۰۱۰۷.۱	۳۳۱۷۷۳۲۸۱۵	۳۳۰۳۰۷۷۰۲۶	۹۵۹۹۷۲۹۳.۲۳	۳۹۵۱۲۳۲۰	40061480	25003880	۴۱۵۶۱۴۷۰
۷۰۶۵۵۰۴۲.۹	۵۰۲۷۰۳۵۱۸۶	۵۰۰۲۶۶۵۹۱۱	۱۴۵۳۷۰۷۸۰	۶۴۰۰۱۲۲۳	65001110	38075340	۶۷۰۰۱۸۸۸
۹۰۳۶۳۱۶۸.۳	۶۱۸۷۰۵۶۰۴۳	۶۱۴۶۱۶۸۶۷۸	۱۶۹۵۵۴۴۱۶.۷	۶۹۸۴۲۲۵۰	73342250	41076540	۷۵۶۵۲۲۲۰
۱۷۱۱۹۱۸۳۵	۹۷۹۸۲۸۹۵۹۵	۹۷۲۷۱۸۹۰۵۷	۲۹۴۳۹۶۸۱۶.۷	۱۰۲۸۲۱۶۳۰	140321600	71459230	۱۶۱۳۲۱۴۲۱
۸۱۴۵۲۲۲۵.۳	۶۱۸۵۲۷۵۵۴۱	۶۱۴۱۶۹۶۶۶۵	۱۷۲۹۶۸۷۴۳.۳	۶۵۱۱۰۰۶۰	71130060	44002310	۷۲۳۳۱۱۴۰
۹۰۶۰۴۰۱۶.۷	۶۵۷۴۳۰۹۲۸۸	۶۵۳۰۴۴۴۹۴۸	۱۸۶۵۴۰۳۷۰	۷۵۰۱۱۵۳۰	79064530	44037520	۸۳۴۳۲۵۲۰
۹۸۰۳۲۰۲۳.۷	۷۳۸۸۲۴۶۲۸۵	۷۴۲۸۳۹۶۵۰۰	۲۱۷۸۲۹۷۴۳.۳	۸۴۰۱۲۳۹۰	89543290	57122850	۹۱۲۵۳۱۲۰