



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

بهینه سازی نگه داری شبکه پل با استفاده از برنامه نویسی تصادفی پویا

چکیده :

این مقاله یک روش برنامه نویسی پویای تصادفی را برای بهینه سازی چند منظوره برنامه ریزی حفظ شبکه پل شامل گروهی از پل های بزرگ راه موجود با عمر مفید و عوامل مختلف اطمینان پذیری شبکه پل می باشد. مسئله بهینه سازی چند منظوره پیچیده با استفاده از یک رویکرد برنامه ریزی پویای دو مرحله ای حل می شود. مسئله فاز 1 متشکل از شناسایی طرح های نگه داری بهینه برای پل های فردی می باشد که دارای هزینه نگه داری چرخه عمر حداقل است اگرچه هر دو نیاز های ایمنی و شرایط برای دوره عمر مفید هدف برآورده شده باشد. این مسئله با استفاده از الگوریتم بهینه سازی برنامه ریزی پویا همراه با شبیه سازی مونته کارلو حل می شود. مسئله فاز دو، تخصیص منطقی بودجه نگه داری سالانه محدود می باشد به طوری که برنامه های نگه داری بهینه شناسایی شده برای پل های منفرد را می توان تعداد زیادی از پل ها اجرا کرد. فرمول تک منظوره بر گرفته از تئوری مطلوبیت چند شاخصه با تخصیص وزن از عوامل اهمیت پایایی توسعه می یابد. این با الگوریتم برنامه نویسی دو دویی حل می شود. هدف نهایی این مطالعه، از حیث یافته های کارآمد ترین مجموعه از اقدامات نگه داری به کاربرده شده برای همه پل ها در یک شبکه بزرگ راه حاصل می شود.

لغات کلیدی: تعمیر و نگهداری پل ؛ برنامه نویسی کامپیوتر ؛ روش مونته کارلو . چرخه زندگی . ایمنی

مقدمه

برنامه ریزی تعمیر و نگه داری پل به عنوان بخشی از مدیریت سیاست عمومی با یک چالش بزرگ برای تعدیل سرمایه های محدود موجود و نیاز های روز افزون به نگه داری پل، تعمیر و فعالیت های احیایی پل مواجه شده است. (هینمن 2002، داس 1999، شفرد 2005، برویلر و ادلی 2005). این خود یک فرصت عالی را برای استفاده از روش های برنامه نویسی ریاضی پیشرفته در این زمینه ارائه می کند (جیانگ و سینا 1980، میت و ماندات 2002). در حقیقت، برنامه ریزی تعمیر و نگه داری پل یک مسئله بهینه سازی موقت است که در آن تصمیمات نگه داری و اقدامات مربوطه لحظه به لحظه در طی طول عمر مفید یک پل اتخاذ می شوند. این بر

اساس آثار ایمنی، اقتصادی و سیاسی است (ویتل 1982). خصوصیات برنامه ریزی تعمیر و نگه داری پل شامل موارد زیر هستند: 1- اقدامات حاضر تنها بر تصمیمات آینده تاثیر دارند یعنی هر گونه اقدام انجام شده در گذشته قابل برگشت نیست 2- یک سیاست نگه داری پل که شامل تصمیمات فعلی و تصمیمات نگه داری آتی در آینده می باشند تنها از طریق دانش و اطلاعات فعلی اجرا می شوند اگرچه دانش و اطلاعات در خصوص برنامه ریزی تعمیر و نگه داری پل با افزایش زمان افزایش می یابند 3- معادلات بهینه سازی معمولا تکراری هستند یعنی سیاست نگه داری بهینه که متشکل از تصمیمات نگه داری متوالی هستند را می توان در مراحل مختلف پیاده سازی کرد و از این روی انتخاب اقدامات نگه داری در هر مرحله بستگی به شرایط پل و ایمنی آن در انتهای مرحله قبلی دارد و این مربوط به اقدامات اتخاذ شده در شروع مرحله قبلی است. هزینه تصمیم نگه داری در هر بخش تابعی از اقدامات نگه داری انتخاب شده، زمان کاربرد و هزینه های عملیاتی در طی این مرحله است و 4- اثرات تصمیمات نگه داری و اقدامات مربوط غیر قطعی می باشند حتی اگر پیش بینی های منطقی حاصل شوند.

رویکرد تصادفی یا مینیم ماکزیمم باید برای یافتن راه حل هایی برای معادلات بهینگی استفاده می شوند و 5- به طور کلی، برنامه ریزی تعمیر و نگه داری پل دارای اهداف مختلفی است که باید از نظر تصمیم گیران مختلف بهینه سازی شوند. اهداف مختلف برنامه ریزی تعمیر و نگه داری پل شامل موارد زیر هستند 1- حفظ شرایط مجاز و ملزومات ایمنی 2- کمینه سازی هزینه های نگه داری چرخه عمر و 3- بیشینه سازی نسبت سود به هزینه. تصمیم گیران مختلف ممکن است شامل نماینده های محلی، ایالتی، فدرالی، پیمان کاران، عرضه کننده های مواد حفاظتی، سیاست مداران و غیره باشند. هدف نهایی برنامه ریزی تعمیر و نگه داری پل یافتن بهترین راهبرد و برنامه های عملیاتی می باشد که از نظر فنی قابل اجرا هستند و توس طرفین درگیر به صورت بهینه در نظر گرفته میشوند. این می تواند از طریق سیستم های پشتیبان تصمیم گیری حاصل شود که دانش و درک بهتری در خصوص شرایط دنیای واقعی با شناسایی اهداف و تضاد های ممکن ارایه می کند و به این ترتیب همه روش های جایگزین را بررسی کرده و در نهایت طرح های منطقی را ارایه می کند. در نتیجه، برنامه نویسی پویای تصادفی برای مسئله بهینه سازی چند منظوره را می توان برای برنامه ریزی تعمیر و نگه داری پل بهینه برای هر دو شبکه های پل و پل های فردی استفاده کرد.

این مقاله یک برنامه نویسی پویای تصادفی را برای بهینه سازی چند منظوره برنامه ریزی تعمیر و نگه داری پل ارایه می کند که در بر گیرنده گروهی از پل ها با عمر مفید مختلف و عوامل اهمیت اطمینان پذیری می باشد. ملزومات تدوین اهداف مختلف شامل موارد زیر هستند 1- شاخص های وضعیت خمه پل ها در یک شبکه بزرگ راهی باید در هر زمان در طی طول عمر مفید کم تر از شاخص وضعیت مجاز ماکزیمم باشد 2- شاخص های ایمنی همه پل ها در شبکه بزرگ راه باید در هر زمان در طول عمر مفید بیش از حداقل شاخص مجاز ایمنی باشد 3- برنامه های نگه داری پل بهینه شناسایی شده باید دارای هزینه چرخه عمر حداقل باشند 4- هزینه های کل اقدامات نگه داری در هر سال باید پایین تر از بودجه سالانه تعریف شده باشد. این مسئله بهینه سازی چند منظوره پیچیده در این مطالعه با استفاده از رویکرد برنامه نویسی پویا حل می شود. مسئله فاز 1 متشکل از شناسایی طرح های نگه داری بهینه برای پل های فردی می باشد که دارای هزینه نگه داری چرخه عمر حداقل است اگرچه هر دو نیاز های ایمنی و شرایط برای دوره عمر مفید هدف برآورده شده باشد. این مسئله با استفاده از الگوریتم بهینه سازی برنامه ریزی پویا همراه با شبیه سازی مونته کارلو حل می شود. مسئله فاز دو، تخصیص منطقی بودجه نگه داری سالانه محدود می باشد به طوری که برنامه های نگه داری بهینه شناسایی شده برای پل های منفرد را می توان تعداد زیادی از پل ها اجرا کرد. فرمول تک منظوره بر گرفته از تئوری مطلوبیت چند شاخصه با تخصیص وزن از عوامل اهمیت پایایی توسعه می یابد. این با الگوریتم برنامه نویسی دو دویی حل می شود. هدف نهایی این مطالعه، از حیث یافته های کارآمد ترین مجموعه از اقدامات نگه داری به کار برده شده برای همه پل ها در یک شبکه بزرگ راه حاصل می شود.

در این مقاله، وضعیت پل و پروفیل ایمنی به طور مختصر مرور می شود. اثرات چهار اقدام حفظ و نگه داری مختلف (یعنی تعمیر بتون، حفاظت کاتدی، تیمار سیلان و باز سازی) در پروفیل های ایمنی و شرایط پل بحث می شوند. این چهار اقدام و عملیات نگه داری شامل هر دو روش های مگه داری پیش گیرانه و تعقیبی با داده های هزینه واقعی است. سپس، برنامه کامپیوتر برای سیستم مدیریت پل توسعه یافته در دانشگاه کلردادو موسوم به BMS-DP استفاده شد که از الگوریتم بهینه سازی dp همراه با شبیه سازی های مونته کارلو استفاده می شود. BMS-DP را می توان برای شناسایی همه طرح های نگه داری عملی و ممکن برای پل های منفرد در شبکه بزرگ راه بر اساس ملزومات ایمنی و شرایط استفاده کرد. در این مطالعه، طرح های نگه داری و

تعمیر برای پل های فردی در شبکه بزرگ راه به صورت طرح های ممکن تعریف می شوند. شبیه سازی های مونته کارلو در روش DP تلفیق شده و ایجاد طرح های نگه داری بهینه برای پل های فردی می کند. متغیر های تصادفی مورد استفاده در شبیه سازی های مونته کارلو شامل نرخ تنزیل، هزینه های نگه داری برای هر یک از چهار عملیات نگه داری و اثرات چهار عملیات بر روی پروفیل ایمنی و شرایط پل است. در انتهای فاز 1، توزیعات احتمال زمان های استعمال برای هر یک از چهار عملیات برای هر یک از پل های منفرد در شبکه بزرگ راه بدست می آید. فاز 2 با تدوین مسئله برنامه نویسی دو دویی شروع می شود که مرتبط با توزیع تصادفی زمان های استعمال حاصله در فاز 1 می باشد و تخصیص وزنی از RIF و بودجه سالانه نگه داری پل نیز در نظر گرفته می شود. مسئله بهینه سازی در فاز 2، بیشینه سازی مجموع احتمالات منفی است که هر یک از چهار عملیات نگه داری به هر یک از پل های منفرد در شبکه بزرگ راه در یک سال خاص تحت محدودیت بودجه نگه داری در همان سال استفاده می شود. در نتیجه، کارایی تخصیص بودجه های نگه داری محدود در یک سال خاص با استفاده از نتایج مسئله بهینه سازی فاز 2 ارزیابی می شود. در نتیجه، هدف نهایی برنامه ریزی نگه داری شبکه پل از حیث یافتن مناسب ترین ترکیب از چهار عملیات نگه داری در پل های منفرد در یک سال معین به هدف خود رسیده است. در نهایت یک مصالح عددی برای روشن تر شدن مطلب ارائه می شود.

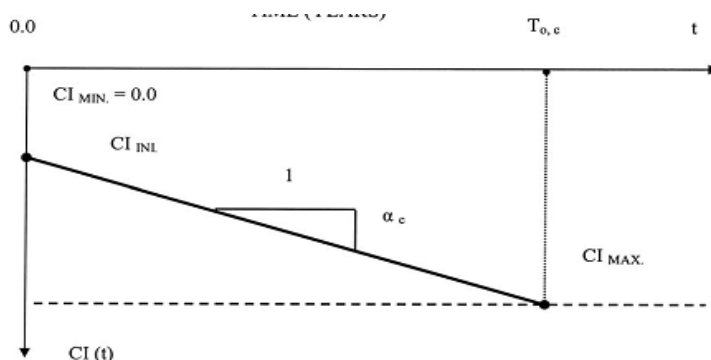
پروفیل وضعیت و ایمنی پل

عملکرد و کارایی یک پل بزرگ راهی در هر زمان از عمر مفید آن را می توان با استفاده از شاخص های عملکرد پل ارزیابی کرد. شاخص وضعیت پل و شاخص ایمنی از رایج ترین شاخص ها در برنامه ریزی نگه داری شبکه پل می باشند. CI برای ارزیابی عملکرد پل بر اساس مشاهدات پل و اجزای آن استفاده می شود و نیازی به شرایط بار ترافیکی نیست. مشاهدات استفاده شده در CI را می توان از بازرسی های چشمی و یا تست های درون منطقه ای نظیر تست عدم تخریب و پایش سلامتی سازه ای حاصل کرد. از سوی دیگر، SI هر دو عملکرد پل و شرایط بار ترافیک را در نظر می گیرد. چون اطمینان پذیری یک پل تابعی از ظرفیت بار پل است، شاخص پایایی سیستم پل به صورت SI در نظر گرفته می شود. برای محاسبات دقیق شاخص اطمینان پذیری سیستم پل، می توانید به است و فران ول مراجعه کنید. محاسبه SI و تغییرات آن با زمان نیازمند ارزیابی دقیق CI

است. از این روی محاسبه CI ساده تر از SI در برنامه ریزی نگه داری شبکه پل کاربردی در حال حاضر است. در این مطالعه هر دو CI و SI در برنامه ریزی نگه داری بهینه پل استفاده می شوند. تغییرات CI و SI با گذشت زمان تولید شاخص وضعیت پل و پروفیل شاخص ایمنی به ترتیب می کند. ارزیابی یا پرسش نامه پل ملی از سیستم رتبه بندی وضعیت با بالاترین امتیاز 9 که نشان دهنده وضعیت عالی پل است و کم ترین امتیاز 0 که نشان دهنده تخریب سازه ای پل است استفاده می کند. از این روی پروفیل شاخص وضعیت پل بدون نکه داری با گذشت زمان در NBI کاهش می یابد. در عین حال، PONTIS، که محبوب ترین برنامه ریزی نگه داری شبکه پل در امریکا است، دارای سیستم رتبه بندی وضعیت است که تولید پروفیل وضعیت پل می کند ه از 1 تا 5 به دلیل افزایش سن و استهلاک افزایش می یابد. در این مطالعه، یک سیستم رتبه بندی وضعیت مربوط به PONTIS استفاده می شود که تولید یک شاخص وضعیت خطی همانند شکل 1 می کند. که در آن شاخص وضعیت اولیه CI ini، نرخ استهلاک، و در نتیجه بدترین وضعیت ممکن $T_{0,c}$ در نظر گرفته شده است. به علاوه شاخص ایمنی پل تحت شرایط عدم نگه داری به صورت تابع دو خطی از شاخص پایایی سیستم در نظر گرفته می شود.

$$SI(t) = \begin{cases} \beta_0 & \text{for } 0 \leq t < t_0 \\ \beta_0 - \alpha_s(t - t_0) & \text{for } t \geq t_0 \end{cases} \quad (1)$$

که β_0 = شاخص پایایی و اطمینان پذیری سیستم اولیه یک پل، α_s : نرخ استهلاک شاخص اطمینان پذیری سیستم پل و t_0 = زمان شروع استهلاک شاخص پایایی سیستم است. لازم به ذکر است که β_0, t_0, α_s و زمان دست یابی به حداقل ایمنی مجاز $T_{0,s}$ به صورت متغیرهای تصادفی در نظر گرفته می شوند. شکل 2 پروفیل شاخص ایمنی دو خطی را نشان می دهد. توابع تراکم احتمال متغیرهای تصادفی β_0, t_0 و α_s را نیز می توان تعیین کرد.



شکل 1: پروفیل شاخص وضعیت خطی پل بدون نگه داری

اثرات عملیات نگه داری پل

عملیات نگه داری پل به صورت پیش گیرانه و ضروری طبقه بندی می شوند. عملیات پیش گیرانه بر روی پل های کارکردی و اجزای آن ها برای کاهش احتمال عملکرد غیر رضایت بخش و تاخیر در زمان اجرای عملیات ضروری که با هزینه های بالا همراه هستند استفاده می شوند. برای کثال، پاک سازی، تعمیر بتون و تعمیر قطعات فولادی شامل عملیات پیش گیرانه می شوند. از سوی دیگر معمولاً تنظیم قطعات چند منظوره پل نظیر فونداسیون پل، تیر های فولادی فرسوده و نیز عرشه های بتنی در بسیاری از موارد به صورت موارد ضروری در نظر گرفته می شوند. عملیات نگه داری اولیه شامل تقویت اعضای سازه ای، جایگزینی قطعات و اجزای پل و باز سازی پل ها می باشد.

اثرات اقدامات و عملیات نگه داری بر روی پروفیل ایمنی و وضعیت پل را می توان به صورت زیر طبقه بندی کرد: 1- بهبود وضعیت فعلی و شاخص های ایمنی 2- تاخیر در وقوع استهلاک و 3- کاهش نرخ استهلاک 4- ترکیبی از سه اثر فوق در طی دوره عملیات نگه داری. از این روی بعد از استفاده از عملیات نگه داری منفرد،

طول عمر مفید پل برای وضعیت با ΔT_c و برای ایمنی با ΔT_s به صورت زیر نشان داده می شود

$$\Delta T_c = \Delta T_{\text{improvement},c} + \Delta T_{\text{delay},c} + \Delta T_{\text{rate},c} \quad (2)$$

$$\Delta T_s = \Delta T_{\text{improvement},s} + \Delta T_{\text{delay},s} + \Delta T_{\text{rate},s} \quad (3)$$

که $\Delta T_{\text{improvement},c}$ و $\Delta T_{\text{improvement},s}$ به ترتیب شاخص های وضعیت و ایمنی فعلی، $\Delta T_{\text{delay},c}$ و

$\Delta T_{\text{delay},s}$ = زمان توسعه یافته ناشی از تاخیر در وقوع استهلاک و تخریب وضعیت پل و ایمنی و $\Delta T_{\text{rate},c}$ و

$\Delta T_{rate,s}$ = افزایش زمان ناشی از کاهش سرعت تشدید وضعیت ایمنی می باشند. به علاوه، $\Delta T_{improvement}$ و ΔT_{rate} را می توان با مدل پیشنهادی فرانگوپول محاسبه کرد

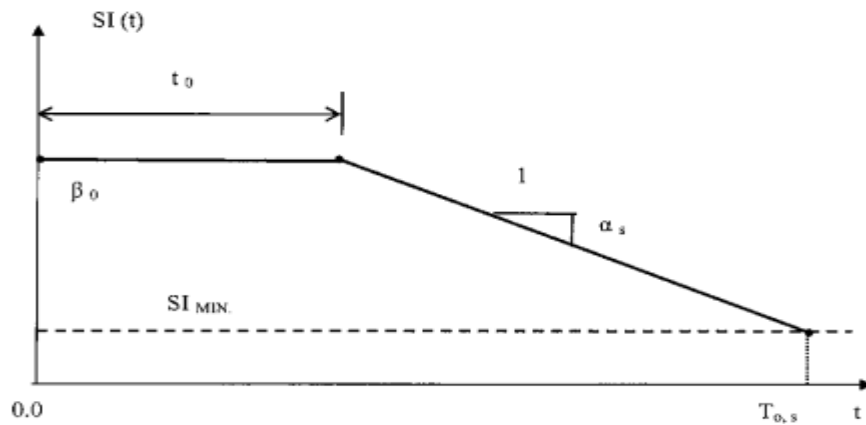
$$\Delta T_{improvement} = \frac{\Delta \gamma}{\alpha} \quad (4)$$

$$\Delta T_{rate} = \frac{\delta}{\alpha} \times t_d \quad (5)$$

که $\Delta \gamma$: شاخص بهبود عملکرد، α : سرعت کاهش عملکرد، δ : نرخ کاهش عملکرد و t_d : دوره موثر تخریب است. در نتیجه، طول عمر مفید موثر پل با ΔT به صورت زیر نشان داده می شود

$$\Delta T = \min(\Delta T_c, \Delta T_s) \quad (6)$$

همان طور که قبلا گفته شدف عملیات نکه داری پل در این مطالعه شامل انواع پیش گیرانه و ضروری هستند. جداول 1 و 2 اثرات چهار عملیات نگه داری یعنی تعمیر حداقل بتون، تیمار سیلن، حفاظت کاتدی و باز سازی را نشان می دهد. برای مثال، کاربرد تعمیر بتونی خفیف منجر به کاهش CI پل بین 2 و 3 با یک PDF مثلثی می شود. حالت PDF مثلث برابر با 2.5 است که نشان می دهد که کاهش شاخص وضعیت پل برابر با 2.5 است. در عین حال، تعمیر بتونی خفیف منجر به تاخیر در تخریب SI پل می شود به خصوص زمانی که شاخص وضعیت پل کم تر از 1 باشد. از این روی بعد از استعمال تعمیر بتونی خفیف تا زمان رسیدن CI به 1 تغییری دیده نمی شود. روش سیلان تولید نرخ کاهش کم تری در هر دو شاخص های وضعیت و ایمنی در طی دوره موثر نکه داری می کند که PDF آن بین 7.5 و 12.5 سال با حالت 10 سال است. شاخص های وضعیت و ایمنی پل در اولین 12.5 سال بعد از حفاظت کاتدی تغییری نمی کند. باز سازی یک اقدام ضروری است. در صورتی که این عملیات صورت گیرد شاخص وضعیت پل برابر با صفر خواهد بود و شاخص ایمنی پل به پل باز سازی شده اعمال می شود. در عین حال، کاهش شاخص وضعیت پل بین 10 و 30 سال بعد از باز سازی با PDF 15 سال در نظر گرفته می شود. کاهش شاخص وضعیت پل زمانی مجددا شروع می شود که شاخص وضعیت به 1 برسد.



شکل 2: پروفیل شاخص ایمنی دو خطی پل بدون نگه داری

جدول 1: اثرات اقدامات نگه داری پل بر شاخص وضعیت متوسط

عملیات نگه داری	کاهش CI $\Delta\gamma_c$	تاخیر CI $\Delta T_{delay,c}$ (years)	نرخ کاهش استهلاک rate δ_c (year ⁻¹)	دوره موثر $t_{d,c}$ (years)
تعمیر بتونی خفیف	T (2.0, 2.5, 3.0)	0.0	0.0	0.0
تیمار سیلان	0.0	0.0	T (0.00, 0.01, 0.03)	T (7.5, 10.0, 12.5)
حفاظت کاتدی	0.0	12.5	0.0	12.5
بازسازی	Set to zero	T (10, 15, 30)	0.0	T (10, 15, 30)

هزینه نگه داری پل در طول چرخه حیات

عمر مفید موثر پل بدون نگه داری $T_0 = \min(T_{0c}, T_{0s})$ ممکن است برای رسیدن به سطح هدف ناشی از

افزایش سن و استهلاک کافی نباشد. با این حال با اقدامات و عملیات نگه داری می توان آن را افزایش داد. از

این روی، طول عمر مفید کل پل با اقدامات نگه داری N ، T_m را می توان به صورت زیر بیان کرد

$$T_m = T_o + \sum_{i=1}^N \Delta T_i = T_o + \sum_{i=1}^N \min(\Delta T_{i,c}, \Delta T_{i,s}) \quad (7)$$

که ΔT_i : افزایش طول عمر مفید به دلیل عملیات نگه داری است. می توان اثبات کرد که برای چهار

عملیات نگه داری در این مطالعه، مستقل از زمان های کاربرد است یعنی ترکیبی از عملیات نگه داری یکسان

ولی با توالی متفاوت متجر به T_m می شود.

ترکیبی از عملیات فوق که موجب افزایش عمر مفید تا سطح هدف می شوند به صورت طرح موثر نگه داری پل در نظر گرفته می شوند. این طرح های حفظ و نگه داری نیازمند مجموعه متفاوتی از چهار عملیات نگه داری در زمان های کاربرد مختلف هستند که موجب هزینه های نگه داری مختلفی می شوند. برای یافتن یک طرح بهینه، هزینه نگه داری طول عمر برای طرح نگه داری عملی به NPV با نرخ تنزیل منطقت تبدیل می شود. طرح بهینه نگه داری طرحی است که حداقل هزینه C_{lm} را داشته باشد:

$$C_{lm} = \sum_{i=1}^N \frac{C_i}{(1 + D_r)^{T_i}} \quad (8)$$

که C_i = هزینه مربوط به اقدامات نگه داری، D_r = نرخ تنزیل و T_i = زمان کاربرد هر یک از اقدامات نگه داری است. جدول 3 هزینه های فرضی را برای چهار عملیات نگه داری در این مطالعه نشان می دهد که بر اساس داده های هزینه گزارش شده در s. denton است.

برنامه نویسی پویا برای بهینه سازی

از نظر تئوری، طرح نگه داری پل بهینه را می توان با مقایسه هزینه نگه داری چرخه حیات برای همه طرح های عملی، با روش های شمارش بدست آورد. با این حال، روش های بهینه سازی ریاضی نظیر DP و GA می تواند رویکرد های موثر ارایه کند. DP ابزاری موثر برای یافتن توالی بهینه از تصمیمات در فرایند تصمیم گیری چند مرحله ای می باشد. به طور کلی، یک مسئله بهینه سازی تصمیم پیچیده با DP به توالی از مسائل ساده تر و کوچک تر تقسیم بندی می شوند. هر یک از زیر مسائل به صورت یک مرحله تعریف می شوند. چندین کاندید تصمیم گیری در هر مرحله وجود دارند. تصمیم بهینه در هر مرحله را می توان از کاندید های تصمیم گیری بر اساس وضعیت و تصمیم در مرحله قبلی انتخاب کرد. بر طبق اصل بهینگی، راه حل بهینه مسئله بهینه سازی اصلی متشکل از توالی بهینه در هر مرحله است. چون DP بستگی به روابط وقوع در معادلات بهینگی یک مسئله خاص دارد. از این روی DP یک راهبرد عمومی برای بهینه سازی به جای مجموعه ای از قوانین برای یافتن سری های بهینه از راه حل بهینه است. برای همین دلیل، تقریباً همه مسائل DP باید به طور فردی تعیین شوند. DP با بررسی تصمیم بهینه در آخرین مرحله شروع می شود. کارها در

صورت مشکل دار بودن به عقب بر می گردند. به طور خلاصه DP با بخش کوچکی از مسائل شروع می شود و راه حل بهینه برای مسئله کوچک تر دارند.

BMS-DP با استفاده از الگوریتم بهینه سازی DP همراه با شبیه سازی مونته کارلو در دانشگاه کلرادو در بولدر در برنامه ریزی نگه داری بهینه انجام می شود.

جدول 2: اثرات عملیات نگه داری پل بر روی شاخص ایمنی متوسط

عملیات نگه داری	SI افزایش $\Delta\gamma_s$	SI تاخیر $\Delta T_{delay,s}$ (years)	نرخ کاهش استهلاک rate δ_s (year ⁻¹)	دوره موثر $t_{d,s}$ (years)
تعمیر بتونی خفیف	0.0	While $CI < 1.0$	0.0	During $CI < 1.0$
تیمار سیلان	0.0	0.0	$T(0, 0.007, 0.018)$	$T(7.5, 10.0, 12.5)$
حفاظت کاتدی	0.0	12.5	0.0	12.5
باز سازی	Set to SI_{new}	While $CI < 1.0$	0.0	During $CI < 1.0$

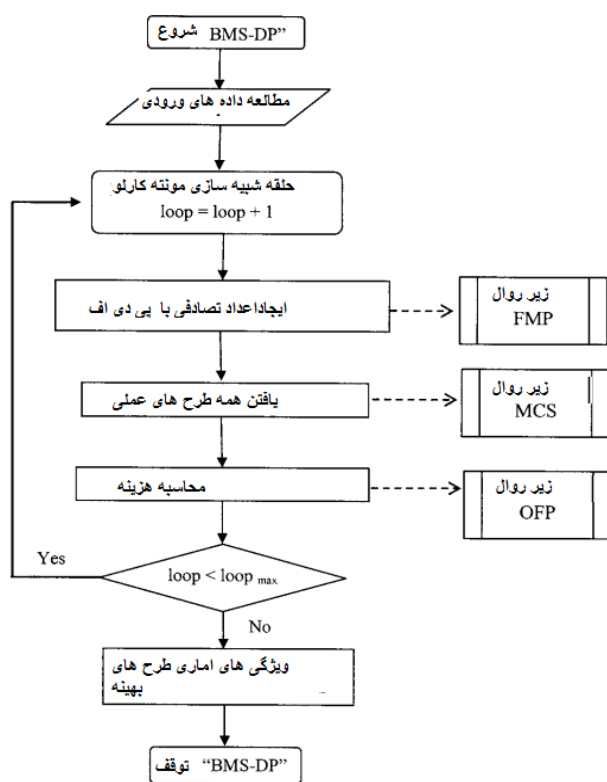
جدول 3: هزینه فرضی برای عملیات نگه داری پل

عملیات نگه داری	هزینه
تعمیر بتونی خفیف	$T(200, 520, 880)$
تیمار سیلان	$T(35, 80, 120)$
حفاظت کاتدی	$T(350, 600, 850)$
باز سازی	$T(1,000, 1,750, 2,500)$

فلوچارت BMS-DP در شکل 3 نشان داده شده است. BMS-DP متشکل از یک برنامه اصلی و سه برنامه فرعی است: شبیه سازی مونته کارلو، برنامه نگه داری عملی و برنامه عملی بهینه. MSC برای ایجاد اعداد تصادفی بر اساس تابع توزیع احتمال از پیش تعریف شده برای هر متغیر تصادفی در BMS-DP استفاده می شود. تابع FMP برای شناسایی همه طرح های عملی با روش برنامه نویسی استفاده می شود. اول از همه، تعداد کل عملیات برابر با 1 است و T_m در معادله 7 برای هر اقدام نگه داری محاسبه می شود. عملیات نگه داری با T_m بزرگ تر مساوی با طول عمر مفید است. در غیر این صورت طرح های نگه داری غیر عملی است. سپس، N برابر با $N+1$ (i.e., $N=2$)، بوده و T_m در معادله 7 برای هر طرح نگه داری به علاوه یکی از

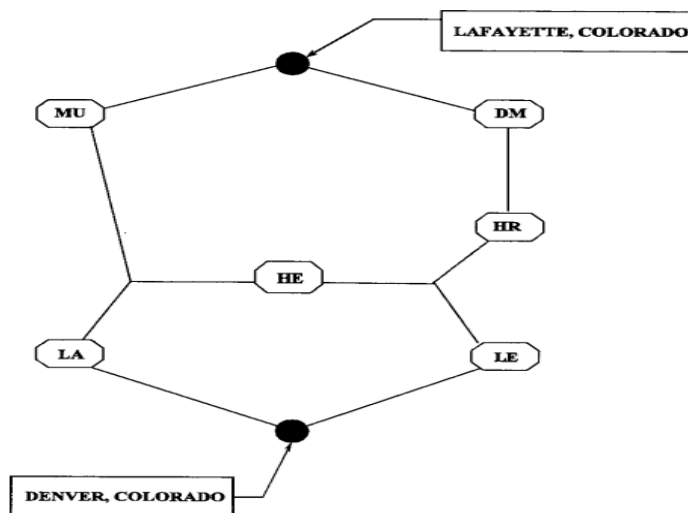
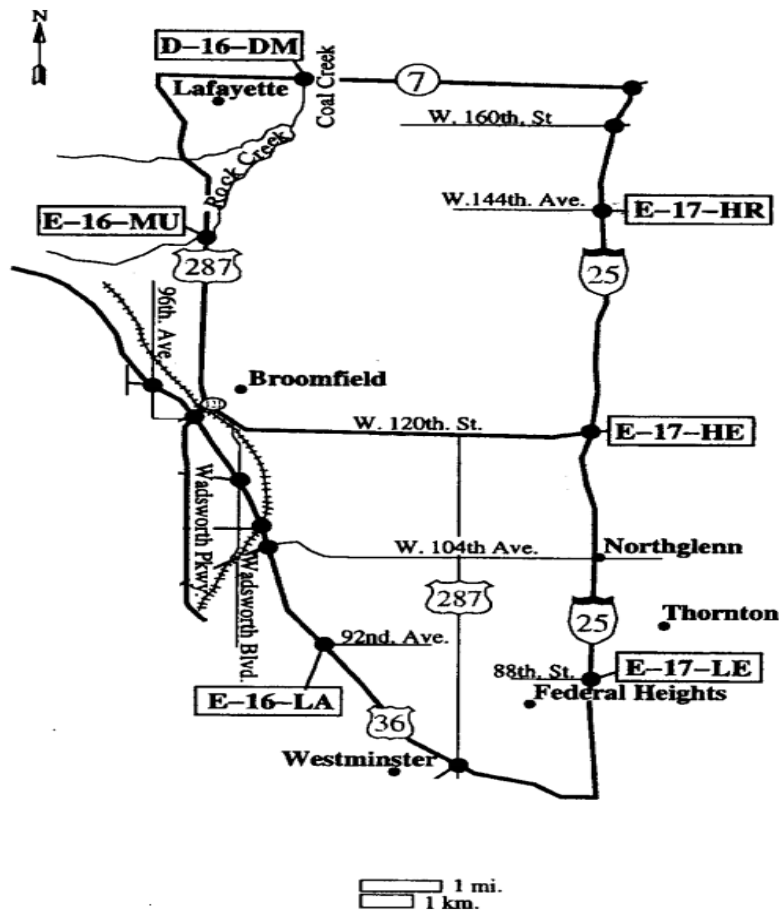
عملیات نگه داری محاسبه می شود. طرح های غیر عملی و عملی دیگر شناسایی می شوند. این روش تا زمانی ادامه می یابد که مجموعه ای از طرح های غیر عملی خالی باشند. در نهایت OFP برای جست و جوی کاربرد بهینه T_i برای هر عملیات نگه داری در طرح ممکن برای کاهش هزینه های نگه داری استفاده می شود. دلیل این است که C_i پل زمانی افزایش می یابد که تخریب پل با گذشت زمان افزایش می یابد ولی S_i بودجه با گذشت زمان به دلیل افزایش سن و استهلاک افزایش می یابد. برای مثال، باز سازی باید قبل از رسیدن S_i به 0.91 صورت گیرد ضمن این که تعمیر بتونی حداقل و خفیف قبل از افزایش C_i بالاتر از 3 کاهش می یابد. در عین حال، T_i باید طوری تعیین شود که عملیات نگه داری متوالی در طرح عملی قبل از T_g اجرا شوند و بعد از T_{i-1} ، مقدار T_1 باید یا صفر یا مثبت باشد. در هر صورت شاخص های وضعیت و ایمنی در هر زمان در طول عمر مفید نایستی بیش از شاخص وضعیت حداکثر CI_{max} باشد و نباید کم تر از شاخص ایمنی حداقل مورد نیاز SI_{min} باشد. این کار سخت با استفاده از BMS-DP انجام می شود.

شکل 3: فلوچارت برنامه کامپیوتر BMS-DP



جدول 4: پارامترهای در برنامه کامپیوتری BMS-DP

شکل 4: شبکه پل منطقه ای در کلرادو



شکل 5: مدل شبکه پل کلرادو در شکل 4

جدول 4 همه پارامترها را در BMS-DP خلاصه سازی کرده است از جمله پارامترهای قطعی و متغیرهای تصادفی که در آن N و Ti باید از زیر روال های FMP و OFP بدست بیاید. در این مطالعه، Ci از جدول 3

گرفته می شود در حالی که $\Delta T_{\text{delay}}, \bar{\Delta}\gamma, \delta$ و بر اساس جدول 1 و 2 است. T_g و D_r به صورت توزیع تراکن احتمال یکنواخت و مقدار قطعی 75 سال است. بر طبق گفته دانتون، SI_{min} و CI_{max} به ترتیب 0.91 و 0.3 میباشند. در عین حال مقدار حداقل $SI_i=0.91$ برای باز سازی، مقدار ماکزیمم $CI_i=2.0$ برای حفاظت کاتدی و مقدار ماکزیمم $CI_i=3.0$ برای تعمیر بتونی خفیف توسط دنتون پیشنهاد شده است.

بهینه سازی برای برنامه ریزی تعمیر و نگه داری شبکه پل

بهینه سازی برای برنامه ریزی تعمیر و نگه داری شبکه پل باید پاسخ هایی را برای سوالات مختلف ارائه کند نظیر این که کدام عملیات در حال حاضر موجود هستند و با چه فراوانی ای این عملیات باید استفاده شوند و چه زمانی باید یک سری اقدامات را برای کاهش هزینه های نگه داری در دستور کار قرار داد. هزینه های چرخه عمر شامل هزینه های ساخت و ساز می باشند که بسیاری از مالکان پل ها باید پرداخت کنند. هزینه های چرخه حیات می تواند شامل هزینه تاخیر و مصرف سوخت ناشی از شلوغی و ازدحام باشد. به علاوه برنامه ریزی نگه داری پل باید به پل های مختلف در یک شبکه بزرگ راه نیز رسیدگی کند و از این روی بایستی محدودیت های مربوط به بودجه را نیز در نظر بگیرد. در نتیجه، تصمیم گیری چند معیاره می تواند برای کمک به مالکان پل و نیز مدیران نگه داری برای توسعه برنامه های نگه داری پل بهینه از حیث تصمیم گیری منطقی در خصوص تخصیص بودجه های محدود سالانه در نظر گرفته شوند.

جدول 6: پارامتر های مسئله محور برای HR پل ب در مثال عددی

پارامتر	اختصار	شاخص ایمنی	شاخص وضعیت
سرعت استهلاک اولیه	(year^{-1})	α	0.02
شاخص ایمنی فعلی		SI_{ini}	1.61
شاخص وضعیت فعلی		CI_{ini}	—
شاخص ایمنی بعد از باز سازی		SI_{new}	1.91

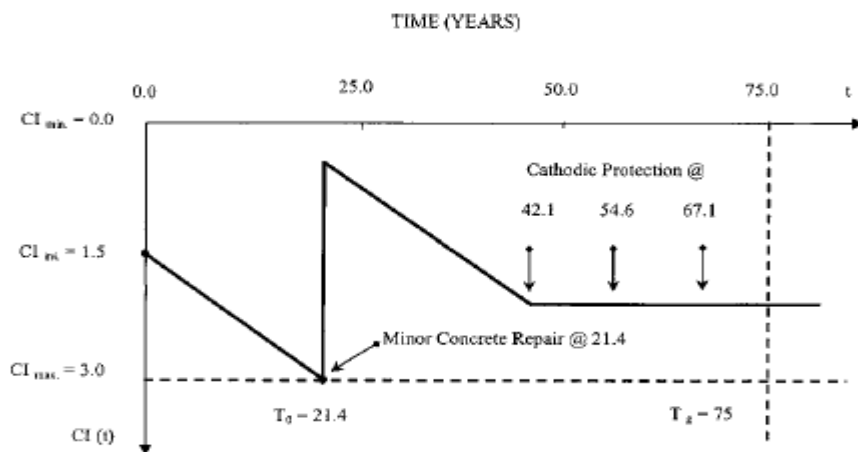
جدول 7: مدلی از شبیه سازی های مونته کارلو در HR پل از BMS-DP با $D_r=3\%$

عملیات نگه داری	ΔT (max.)		Cost C_i (units)	$\Delta \gamma$ (max.)		ΔT_{delay} (max.)		δ		$C_i/\Delta T$ (max.)	
	SI	CI		SI	CI	SI	CI	SI	CI	SI	CI
	(years)	(years)	(years)								
تعمیر بنونی خفیف	14.3	35.7	550	0.0	2.5	14.3	0.0	0.0	0.0	38.5	15.4
نیمار سیلان	2.00	1.43	86	0.0	0.0	0.0	0.0	0.004	0.01	43.0	60.1
حفاظت کاندی	12.5	12.5	450	0.0	0.0	12.5	12.5	0.0	0.0	36.0	36.0
باز سازی	76.3	54.9	1,350	1.0	3.0	26.3	12.0	0.0	0.0	17.7	24.6

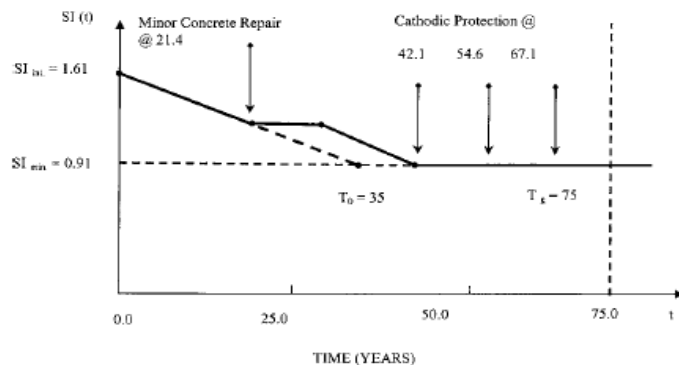
به عنوان یک روش مهم در MCDM، نظریه مطلوبیت چند شاخصه در این مطالعه استفاده شده است. در حقیقت MAUT بر توسعه توابع مطلوبیت چند شاخصه برای مدل سازی و نشان دادن ساختارهای مطلوب تصمیم گیرنده تاکید دارد. توابع مطلوبیت چند شاخصه ترکیبی از همه توابع مطلوبیت حاشیه ای همراه با ویژگی های فردی هر یک از تصمیمات می باشند که در آن توابع مطلوبیت حاشیه ای با یک سری مصاحبه ها و روش های غیرمستقیم و یا فرایند سلسله مراتبی تعیین می شود به طوری که این فرایند در آمریکا به فراوانی استفاده می شود. اشکال تجزیه توابع مطلوبیت به صورت زیر هستند 1- افزایشی 2- مضرری 3- چند خطی. نوع افزایشی نیازمند استقلال متقابل است یعنی هر زیر مجموعه از معیارها مستقل از معیارهای باقی مانده است. زیر مجموعه ای از معیارها در صورتی مستقل در نظر گرفته می شوند که سلايق تصمیم گیرنده بر تصمیمات جایگزین متفاوت از معیارهای دیگر باشد. لازم به ذکر است که اشکال بسیار پیچیده معمولاً از دیدگاه کاربردی در نظر گرفته نمی شوند. MAUT معمولاً از روش تعاملی و تکراری شامل یک تحلیل گر سیاسی و تصمیم گیرنده ها برای تعیین وزن و تابع مطلوبیت حاشیه ای متناظر با صفات فردی هر یک از تصمیمات استفاده می شود. در نهایت، تابع مطلوبیت چند شاخصه مربوط به هر تصمیم را می توان به عنوان تابع تک منظوره در برنامه نویسی ریاضی سنتی برای شناسایی تصمیمات نهایی بهینه استفاده کرد (دامپوس و زاپیدنی 2002).

چون پل های مختلف در یک شبکه بزرگ راه در زمان ایجاد طرح های نگه داری و تعمیر شبکه پل بهینه در نظر گرفته می شوند، چندین معیار باید مطابق با طرح های نگه داری و تعمیر شبکه پل بهینه برای پل های فردی باشد به طوری که این مطالعه آن ها را در مسئله فاز 1 بررسی می کند. تابع مطلوبیت حاشیه ای برای

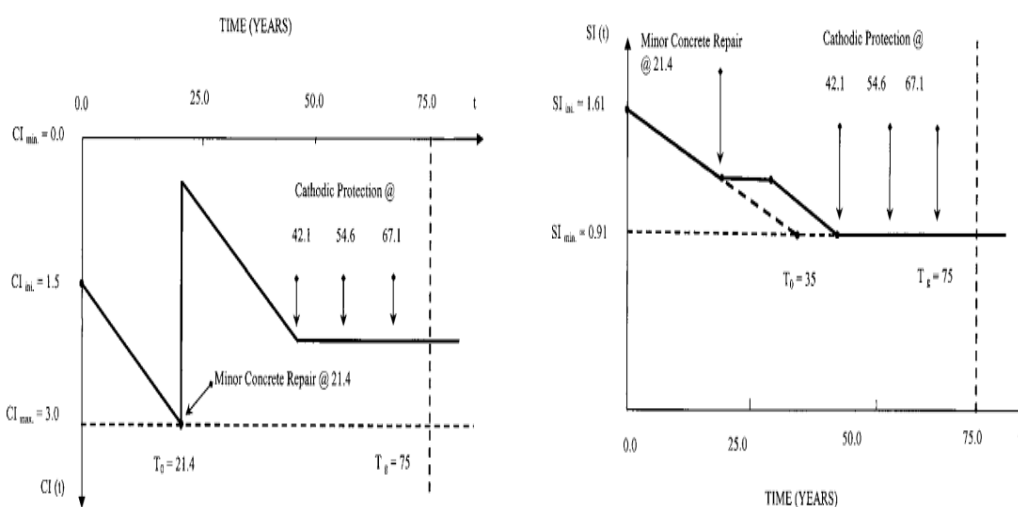
هر یک از تصمیمات جایگزین (مطابق با معیار های طرح های نگه داری و تعمیر شبکه پل بهینه) به این احتمال تخصیص داده می شود که هر یک از چهار گزینه تعمیر را می توان به پل خاص در هر سال تعمیر داد. چون لازمه مستقل بودن متقابل به آسانی در این جا رعایت شده است، شکل افزایشی تابع مطلوبیت را میتوان برای تابع تک منظوره در مسئله بهینه سازی فاز 2 استفاده کرد. به علاوه، چون هر پل نقش منحصر به فردی در شبکه بزرگ راه دارد، اهمیت هر پل در کل شبکه باید در طرح های نگه داری و تعمیر شبکه پل بهینه منعکس شود. از این روی تابع هدف از حیث شکل افزایشی توابع مطلوبیت چند شاخصه در مسئله فاز 2 با یک فاکتور اهمیت وزن دهی می شود که وابسته به مناطق مختلف پل، حجم ترافیک، نیاز های نگه داری است. در این مطالعه، فاکتور اهمیت به صورت RIF از هر پل در نظر گرفته شده است که در آن RIF به صورت حساسیت اطمینان پذیری شبکه پل از حیث ارتباط با تغییر در اطمینان پذیری یگ سیستم پل فردی می باشد. و این خود تابعی از پروفیل های اطمینان پذیری سیستم پل، اطمینان پذیری شبکه و توپولوژی شبکه است. فاکتور اهمیت را می توان برای منعکس کردن اثر عملیات نگه داری پل بر روی ظرفیت ترافیک، اقتصاد و محیط زیست تخصیص داد.



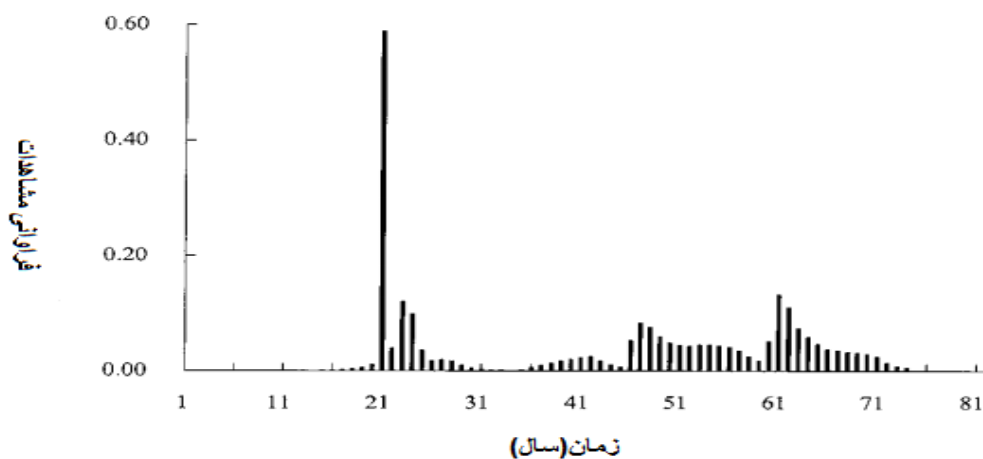
شکل 6: پروفیل شاخص وضعیت پل از تحقق شبیه سازی های مونته کارلو



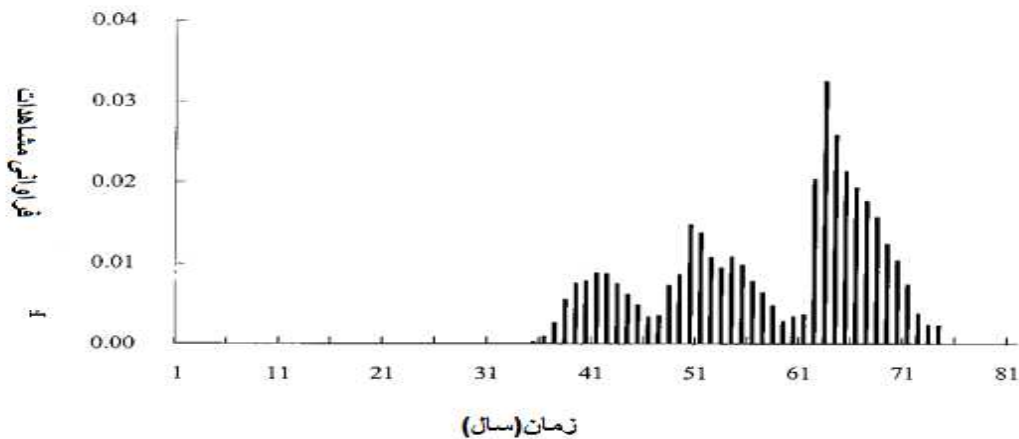
شکل 7: پروفیل شاخص ایمنی پل از تحقق شبیه سازی های مونته کارلو



شکل 8: HR پل. فراوانی مشاهدات در هر سال برای تعمیر بتون



شکل 10: HR پل. فراوانی مشاهدات در هر سال برای حفاظت کاتدی



در نتیجه، مسئله بهینه سازی را می توان برای یک سال خاص K به شکل زیر تدوین کرد
 بهینه سازی

$$\sum_i \sum_j D_{ij} \times RIF_i \times P_{ij} \quad (9)$$

$$\sum_i \sum_j D_{ij} \times C_j \leq C_{\text{budget}} \quad (10)$$

منوط به

است. که D_{ij} : متغیر طراحی دو دویی نشان دهنده تصمیم در مورد انتخاب عملیات تعمیر l به کار برده شده در پل a در سال K ، P_{ij} : فاکتور اهمیت اطمینان پذیری پل a در سال K ، RIF_i : احتمال این که عملیات نگه داری l به پل a در سال K اعمال شود، C_j : هزینه عملیات نگه داری، l و C_{budget} : بودجه نگه داری سالانه در سال K

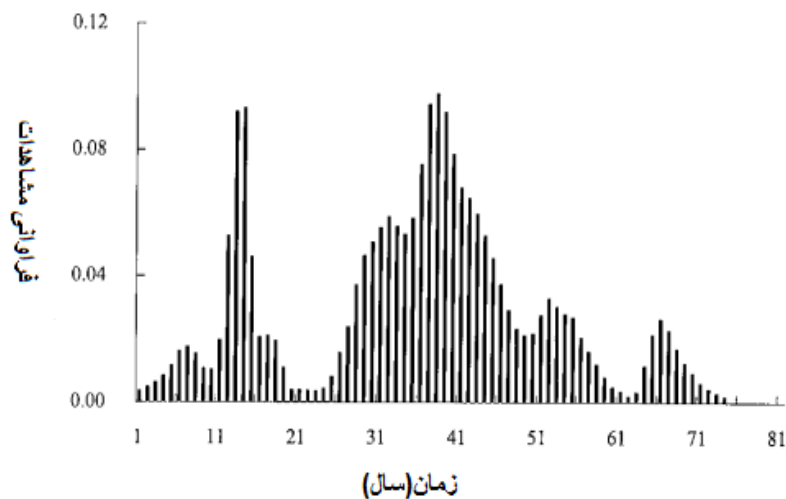
متغیر طراحی دو دویی D_{ij} نشان دهنده تصمیم در مورد انتخاب عملیات تعمیر l به کار برده شده در پل a است. از این روی $D_{ii}=0$ به معنی عملیات نگه داری l است که به پل a اعمال نمی شود و $D_{ii}=1$ به معنی عملیات نگه داری l به پل a است. به علاوه گفته می شود که ارزش RIF_i و P_{ij} با گذشت زمان متغیر است. دلیل این است که RIF_i وابسته به زمان برای همه پل ها در شبکه بزرگ راه نرمال است که در آن هر پل سن ها و استهلاک متفاوتی را با زمان تجربه می کند.

به طور مشابه P_{ij} با زمان تغییر می کند که این خود بستگی به نتایج حاصل از شبیه سازی مونت کارلو در فاز 1 است. به علاوه، اگرچه C_i در جدول 3 به صورت هزینه است، مقادیر دقیق تر آن منجر به ایجاد طرح های نگه داری شبکه پل بهینه و واقع گرا تری خواهد شد.

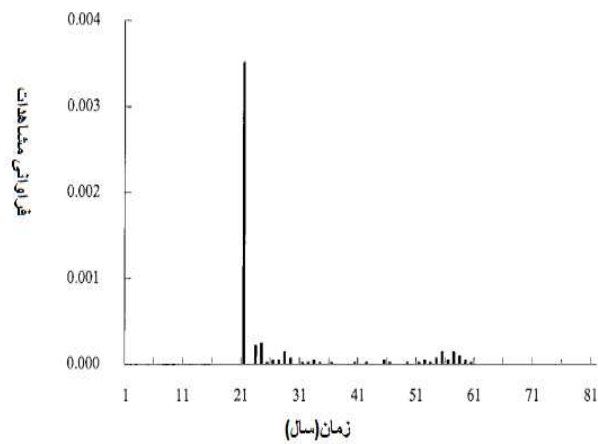
مسئله بهینه ساز ینشان داده شده در فاز 2 را می توان به آسانی با استفاده از الگوریتم برنامه نویسی دو دویی حل کرد.

مثال عددی

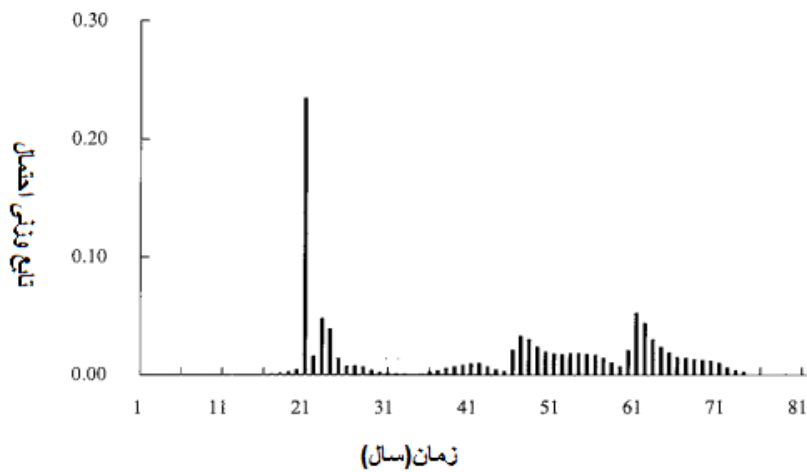
به عنوان یک مثال عددی برای اهداف اثبات و تشریح مسئله، یک شبکه بزرگ راه منطقه ای که شهر دنور و لافیت کولو را به هم متصل می کند به صورت شش پل ساده سازی شد که در شکل های 4 و 5 نشان داده شده است. این پل ها یا ساخته شده از بتون و تیر های فولادی با عمر متفاوت می باشند. و از این روی ویژگی های اساسی آن ها در جدول 5 نشان داده شده است. یک طرح نگه داری و تعمیر شبکه پل بهینه را باید برای یک طول عمر مفید 75 سال با چهار عملیات نکه داری در جدول 2 و 3 در نظر گرفت. چون سرعت استهلاک و شرایط اولیه این پل ها از جمله شاخص های ایمنی و رتبه بندی در زمان حال متفاوت می باشند حتی اگر پل ها در یک منطقه و تحت شرایط محیطی یکسانی قرار گرفته باشند، جدول 6 مقادیر پارامتر های مسئله محور را در جدول 4 برای پل E-17-HR نشان می دهد. از این روی طول عمر موثر پل بدون نکه داری بر اساس معیار CI می باشد. یعنی $3.0-1.5/0.07=21.4$ سال که بر اساس معیار SI کم تر از 1 است. BMS-DP با شبیه سازی موتاه مارلو با 50000 نمونه بر اساس توزیعات احتمالی و مقادیر نشان داده شده در جدول 1-3 در نظر گرفته شد. شبیه سازی موتاه کارلو از BMS-DP در جدول 7 برای HR پل دیده می شود.



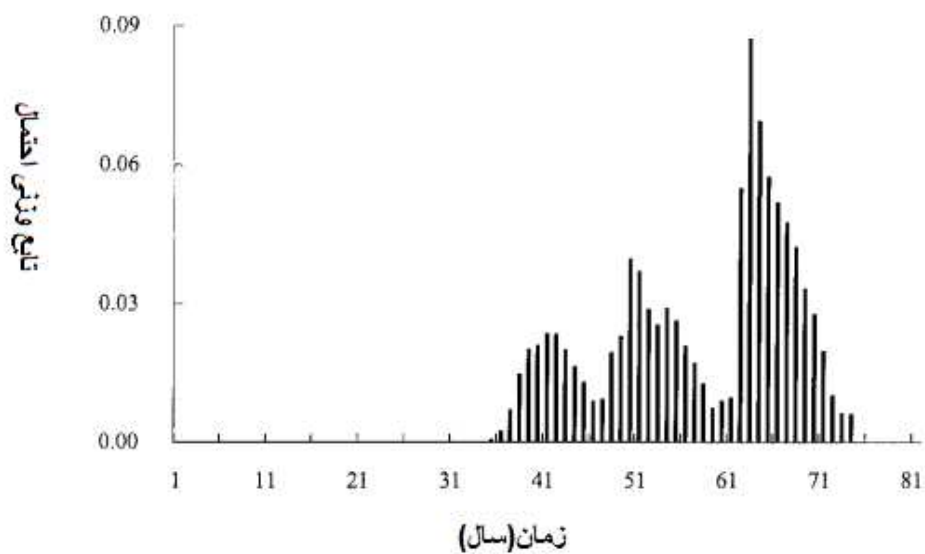
شکل 9: HR پل. فراوانی مشاهدات در هر سال برای تیمار سیلان



شکل 11: HR پل. فراوانی مشاهدات در هر سال برای بازسازی



شکل 12: PMF:12 تعمیر بتونی خفیف به کار برده شده در HR پل



شکل PMF:12 حفاظت کاتدی به کار برده شده در HR پل

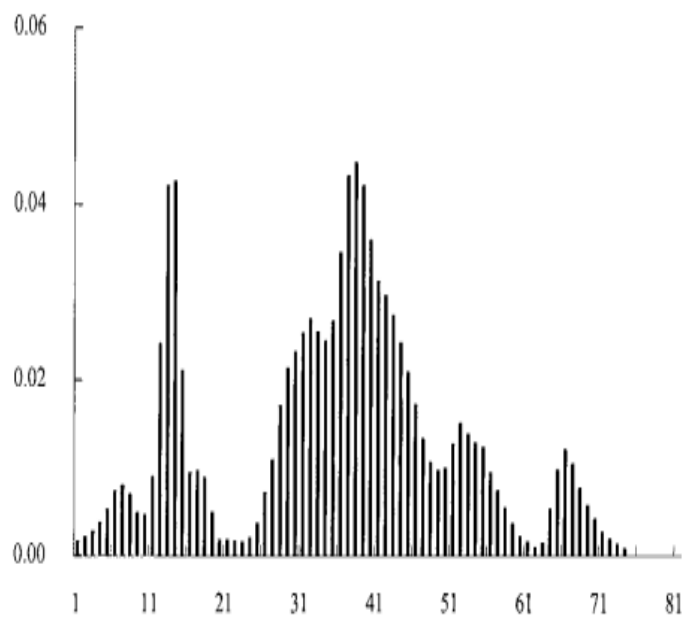
جداول 6 و 7 علاوه بر مدت زمان موثر $t_d=10$ سال برای تیمار سیلان، این طرح نگه داری بهینه برای شبکه پل شامل کاربرد تعمیر بتونی خفیف در 21.4 سال از زمان حاص و سه کاربرد حفاظت کاتدی در 42.1، 54.6 و 67.1 سال از زمان حاصل است که این منجر به هزینه نگه داری 573 پل از حیث NPV خواهد شد. پروفیل های شاخص ایمنی و وضعیت برای این طرح نگه داری بهینه برای شبکه پل در شکل های به ترتیب 6 و 7 نشان داده شده است. به علاوه، بر اساس کل 500000 شبیه سازی مونته کارلو، فراوانی مشاهدات در هر سال از هر چهار عملیات در پل HR در شکل 8-11 نشان داده شده است. هزینه نگه داری پل مورد انتظار برای HR برابر با 296 واحد از حیث NPV با ضریب تغییرات برابر با 44.6 درصد است. چون طرح نگه داری بهینه برای شبکه پل حاوی اقدامات نگه داری به کار برده شده در زمان های مختلف می باشد، تعداد کل هر یک از چهار عملیات نگه داری که در طرح نگه داری بهینه برای شبکه پل انتخاب می شود می توانند در تعداد کل 50000 شبیه سازی مونته کارلو متفاوت باشند. برای مثال، تعمیر بتونی خفیف 101641 بار انتخاب شد و تیمار سیلان 88.357 بار، حفاظت کاتدی 15060 بار و باز سازی 215 بار در نظر گرفته شد. تابع وزنی احتمال در شکل 12-15 برای هر یک از چهار عملیات ارایه شده است.

لازم به ذکر است که بسیاری از عملیات نگه داری شناسایی شده در طرح نگه داری بهینه برای شبکه پل بعد از دوره عمر مفید پل بدون نگه داری شناسایی شده اند یعنی 21.4 سال به جز تیمار سیلان. تیمار سیلان نسبتاً کم هزینه قبل از تخریب پل معمولاً برای تاخیر در استفاده از اقدامات پر هزینه به کار برده می شود. همان طور که در شکل های 8 و 11 نشان داده شده است، تقریباً 60 درصد طرح های نگه داری بهینه قبل از رسیدن پل به طول عمر مفید موثر 21.4 سال استفاده نمی شوند با این حال افزایش CI در 21 امین سال با تعمیر بتونی و یا باز سازی بیشتر نمود پیدا می کند. از همه مهم تر، نتایج حاصل از شبیه سازی های مونته کارلو در این مثال عددی نشان می دهد که هزینه های مطلق در میان عملیات نگه داری بر انتخاب عملیات نگه داری در طرح نگه داری بهینه برای شبکه پل غالب هستند و تحلیل سود به هزینه ممکن است برنامه ریزی تعمیر و نگه داری بهینه را با مشکل مواجه کند. همان طور که در جدول 7 نشان داده شده است، باز سازی دارای کم ترین میزان نسبت هزینه به سود است و بی ندرت در طرح نگه داری بهینه برای شبکه پل از شبیه

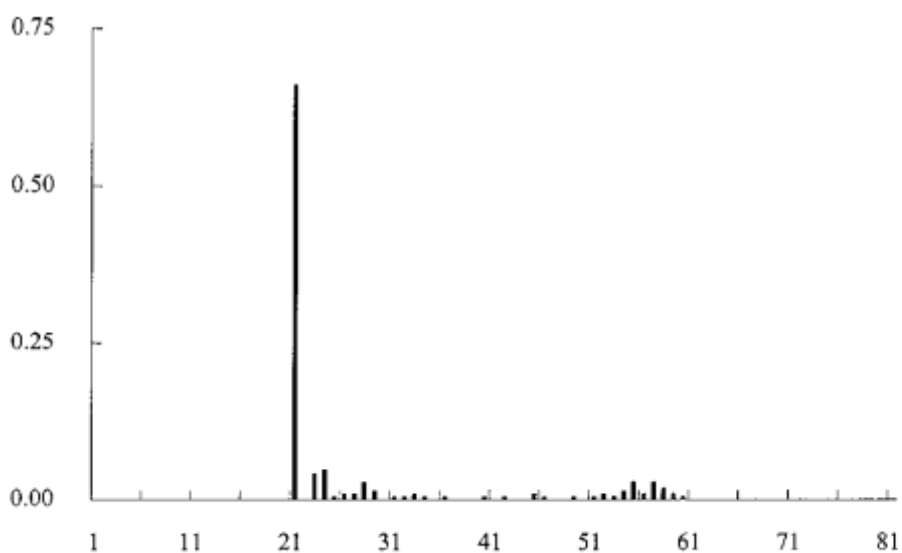
سازی های مونته کارلو استفاده می شود. همین روش برای 5 پل دیگر در شبکه بزرگ راه استفاده شده و نتایج مشابه بدست آمد.

بر طبق گفته اکوگول و فرانگوپول (2003)، اطمینان پذیری سیستم های محاسبه شده از شش پل در 21 امین سال از زمان CI_{INI} و SI_{INI} در جدول 5 محاسبه شده است. RIF متناظر و مقادیر نرمال آن ها بر اساس تحلیل ارتباط شبکه در جدول 5 نشان داده شده است. جدول 8 خلاصه ای از مقادیر مربوط به RIF_{ij} و P_{ij} را برای مسئله بهینه سازی فاز 2 نشان می دهد که بر اساس عامل محدود کننده بودجه سالانه نگه داری $C_{budget}=2,000$ است. لازم به ذکر است که احتمال عدم عملیات نگه داری نیز در جدول 8 نشان داده شده است. به عبارت دیگر، مجموع احتمالات چهار عملیات دیگر و و نیز عملیات شاهد در یک سال خاص باید برابر با 1 باشد.

به علاوه هزینه چهار عملیات نگه داری به صورت قطعی در مسئله بهینه سازی 2 تعیین می شود. دلیل این است که تخصیص سالانه بودجه نگه داری برای آینده نزدیک انجام می شود به خصوص زمانی که واریانس هزینه های نگه داری نادیده گرفته شود. در نتیجه/ کارآمد ترین تخصیص هزینه به صورت $C_{budget}=2,000$ است: 1- تعمیر بتونی خفیف در پل HR و HE استفاده شود 2- تیمار سیلان به پل های MU و DM استفاده شود 3- حفاظت کاتدی به پل LA استفاده شود. 4- بودجه ای برای صرف روی پل LE وجود ندارد. این منجر به هزینه نگه داری 1976 در سال 21 ام می شود.



شکل 13: PMF تیمار سیلان اعمال شده بر پل HR



شکل 15: PMF تیمار سیلان اعمال شده بر پل HR

جدول 8: مقادیر نمونه P_{ij} , RIF_i و C_i در سال 21 ام برای شش پل در شبکه بزرگ راه

	HR		HE		MU		LA		DM		LE	
	پل	Cost	پل	Cost	پل	Cost	پل	Cost	پل	Cost	پل	Cost
عملیات نگه داری	P_{1j}		P_{2j}		P_{3j}		P_{4j}		P_{5j}		P_{6j}	
تعمیر بتونی خفیف	780	0.60	675	0.53	890	0.15	653	0.24	758	0.12	560	0.47
سیلان	98	0.02	89	0.03	76	0.32	109	0.10	67	0.38	88	0.08
حفاظت کاندی	550	0.04	324	0.07	320	0.28	378	0.36	260	0.20	450	0.04
باز سازی	1,650	0.02	2,300	0.05	1,890	0.04	1,432	0.02	1,260	0.05	1,900	0.05
عدم تعمیر	0	0.32	0	0.32	0	0.21	0	0.28	0	0.25	0	0.36
اهمیت اطمینان پذیری												
ضریب	0.270		0.252		0.137		0.248		0.037		0.056	

نتیجه گیری

این مقاله یک روش برنامه نویسی پویا را با شبیه سازی های مونته کارلو برای برنامه ریزی نگه داری شبکه پل بهینه ارایه می کند. بر اساس اطلاعات ارایه شده در خصوص شیوه ها و عملیات نگه داری (یعنی هزینه ها و اثرات بر روی شاخص های وضعیت و ایمنی)، برنامه ریزی نگه داری شبکه پل بهینه با حداقل هزینه تعمیر ضمن رعایت شاخص های ایمنی و شاخص های وضعیتی برای هر پل در شبکه بزرگ راه در نظر گرفته شدند. برای این منظور، برنامه کامپیوتری BMS-DP استفاده شد. به علاوه، برنامه بهینه سازی ترکیبی با استفاده از برنامه نویسی ریاضی و تابع تک منظوره حل گردید. تابع تک منظوره در مسئله فاز 2 با RIF وزن دهی شد که توابع پروفیل های اطمینان پذیری سیستم پل، شبکه پل و توپو لوژی آن در نظر گرفته شدند. محدودیت مسئله بهینه سازی در فاز 2 کم بود بودجه سالیانه بود. یک مثال عددی برای روشن تر ساختن روش Dp تصادفی در برنامه ریزی نگه داری شبکه در نظر گرفته شده است. در نتیجه نتایج زیر را می توان از این مطالعه استنباط کرد:

- 1- برنامه ریزی نگه داری شبکه پل بهینه یک مسئله بهینه سازی وابسته به زمان م و مستلزم تصمیمات نگه داری متوالی است که در مراحل مختلف زمانی اجرا می شود. برنامه ریزی نگه داری شبکه پل بهینه به طور کلی دارای اهداف مختلفی است که باید به طور هم زمان بهینه سازی شوند و توسط تصمیم گیران به تعادل برسند.
- 2- سیاست نگه داری بهینه در برنامه ریزی حفظ شبکه پل را می توان با رویکرد dp دو فازی مشاهده می شود برنامه کامپیوتری مربوطه BMS-DP توسعه یافته است.

3- رویکرد DP تصادفی پیشنهادی عدم قطعیت ها در تصمیمات و عملیات نگه داری را با استفاده از شبیه سازی های مونته کارلو در نظر می گیرد. در عین حال، تخصیص بودجه نگه داری سالانه در رویکرد پیشنهادی مربوط به اهمیت هر پل در کل شبکه بزرگ راه است.

4- پروفیل های شاخص وضعیت و ایمنی پل باید در صورتی که تخصیص بودجه نگه داری مورد نیاز باشد با استفاده از روش تصادفی پیشنهادی برنامه نویسی دینامیک به روز رسانی شوند. اطلاعات جدید در خصوص وضعیت پل و ایمنی ناشی از اقدامات حفاظتی و ناشی از سیستم های پایش سلامت سازه ای است. در نتیجه سیاست نگه داری بهینه با پروفیل شاخص ایمنی و وضعیت بهینه متفاوت از اطلاعات قدیمی است. این منعکس کننده ماهیت پویای برنامه ریزی نگه داری پل است. سیاست نگهداری بهینه باید بر اساس بهترین دانش و جدید ترین اطلاعات در زمان اتخاذ تصمیمات با در نظر گرفتن عمر مفید و ملاحظات مربوط به هزینه های نگه داری باشد. در نتیجه، تصمیمات نگه داری در خصوص پل های منفرد در شبکه بزرگ راه در طول زمان متغیر است. در صورتی که تصمیم گیران ارتباط شبکه پل را در نظر بگیرند همبستگی میان پل ها باید در نظر گرفته شوند.

5- بر اساس مثال های عددی ارائه شده، هزینه های مطلق عملیات نگه داری بر مجموعه عملیات نگه داری در برنامه ها و طرح های نگه داری بهینه غالب هستند. اقدامات پیش گیرانه کم هزینه نظیر تیمار سیلان را می توان قبل از اجرای روش های پر هزینه در دستور کار قرار داد. به این صورت امکان تغییر در اجرای این روش ها وجود دارد. در غیر این صورت شیوه های نگه داری پر هزینه باید به منظور ذی نفع شدن از نرخ تنزیل استفاده شود. از این روی توسعه یک سیستم دیتابیس ملی برای عملیات نگه داری در پل های بزرگ راه لازم است و اطلاعاتی باید در این رابطه حاصل شوند. کار مطالعاتی در دانشگاه کلرادو در حال انجام است.

6- تحقیقات بیشتر در خصوص بهینه سازی عملیات نگه داری و تعمیر احتمال گرایانه پل در رابطه با موارد زیر لازم است 1- استفاده از ملاحظات لرزه ای 2- ترکیبی از اقدامات نگه داری در زمان و مکان. پیشرفت های اولیه در کار های فراننگوپول و لیو 2007، 2006 الف، ن.س 2006 و مارش فرانگپول 2007 دیده شده است.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی