بهینه سازی دینامیکی برای بتن با کارایی بالا در سازه های بتنی پدافند غیرعامل

حمید اسکندری*1، علی ضیائی‌نیا2،
1 استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه حکیم سبزواری
*(*Hamidiisc@yahoo.com)*
2 دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه، پردیس دانشگاه حکیم سبزواری
(Ali.ziaeinia@gmail.com)

چکیده

یکی از مسائل مهم در پدافند غیرعامل بحث مقاومت فشاری بتن می‌باشد، بدین منظور بایستی سعی گردد برای ساخت بتن از نسبت آب به سیمان پایین‌تری استفاده نمود که در این راستا بتن با مشکل کارایی روبرو خواهد شد. برای رفع این مشکل استفاده از بتن‌های توانمند به مفهوم بتن با مقاومت نسبتا بالا و کارایی مناسب می‌تواند راه‌حل بسیار خوبی جهت استفاده در سازه‌های بتن مسلح باشد. در این تحقیق نظر به کاربرد انواع روش‌های بهینه‌سازی در حل مشکلات کاربردی مطرح در پروژه‌های موجود، با توجه به محدودیت‌های متفاوت متناسب با شرایط منطقه‌ای مانند محدودیت اقتصادی و کمبود نیروهای اجرایی و مصالح مورد نیاز پرداخته شده‌است که در آن روش بهینه‌سازی دینامیک (پویا) را می‌توان به عنوان روشی نوین در حل بهینه مسائل کاربردی در نظر گرفت

واژه‌های کلیدی: بتن، مقاومت فشاری، بهینه‌سازی، بهینه‌سازی دینامیک، پدافند غیرعامل.

Dynamic Optimization of High-Performance Concrete in Concrete Passive Defense

Hamid, Eskandari *[1]; Ali, Ziaei Nia [2]
*[1] *Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.*
[2] *M.Tech. Structural Engineering, Department of Civil Engineering, Pardis of Hakim Sabzevari University, Iran.*

Abstract

Compressive strength of concrete is one of the important issues in passive defense which can be obtained by mix design of concrete in low water-cement ratio that induce the workability problems. To resolve this problem solution is using the high performance concrete for high strength on reinforced concrete structures. This study considers the application of optimization methods to solve practical problems in passive defense, Due to different constraints proportional regional conditions such as economic constraints, lack of executive forces and the materials required have been discussed where considered method of optimizing dynamic of the can be applied as a novel method for solving optimization problems.

Keywords: *Concrete, Compressive strength, Optimization, Dynamic Optimization, passive defense.*

1- مقدمه

پدافند غیرعامل به مجموعه اقداماتی اطلاق می‌گردد که مستلزم به کارگیری جنگ‌افزار نبوده و با اجرای آن می‌توان از وارد شدن خسارت مالی به تجهیزات و تاسیسات حیاتی و تلفات انسانی جلوگیری نموده و یا میزان این خسارات و تلفات را به حداقل ممکن کاهش داده (معاونت امور مهندسی و فنی ، وزارت نفت جمهوری اسلامی ایران، 1382) موجب کاهش آسیب‌پذیری نیروی انسانی، ساختمان‌ها، تاسیسات، تجهیزات و شریان‌های کشور در مقابل عملیات خصمانه و مخرب دشمن می‌گردد. هرچه درجه هوشیاری مدیریت دفاعی برای بکارگیری پدافند عامل بالا باشد، باز هم دشمن سعی دارد در ساعات نخست تهاجم با وارد کردن ضربات سهمگین به مراکز مهم دفاعی، مراکز حساس و حیاتی کشور آسیب برساند و برای این کار پرهزینه ترین ابزار را با قدرت آتش سنگین بکار می‌گیرد. طی مراحل بعدی از تهاجم ایجاب می‌کند که تمام ساختمان‌ها در برابر موج انفجار ، ترکش و امکان فروپاشی مقاومت نسبی قابل‌قبولی داشته باشد و در بخش‌های مناسبی از آنها فضای امن قابل بهره‌برداری در دسترس باقی بماند (مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، 1388). اقدامات پدافند غیرعامل اهمیت ویژه‌ای در ایجاد ایمنی دارند. بنابراین اقداماتی که تحت عنوان پدافند غیرعامل نام گرفته‌اند بیشتر در حوزه اقدامات پیشگیرانه و اقدامات برای بازگرداندن اوضاع به حالت عادی قرار می‌گیرند (محمودزاده.ا، 1390). در سازه‌ها به علت ثابت بودن هدف، تعرض به آن همیشه آسان بوده‌است. در راستای کم کردن تاثیرات انفجار و ایجاد سازه‌های مقاوم در برابر آن (کیکاووسی.س، و عراقی نژاد.ع) استفاده از بتن با مقاومت بالا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. با تامین پدافند غیرعامل متناسب با شرایط و ویژگی‌های نقاط حیاتی، حساس و مناطق اداری و مسکونی می‌توان با تقبل هزینه‌های نسبتاً کم از وارد شدن خسارات سنگین به تاسیسات حیاتی و حساس، کارخانه‌ها، مراکز نظامی و صنعتی که ادامه اقتصادی و ایستادگی در مقابل دشمن به وجود آنها بستگی دارد جلوگیری نموده و جان انسان‌هایی را که در معرض خطر می‌باشند، نجات داد (میسمی.ح. و موسوی.پ. و رفیعی.ا، 1388). با توجه به این موضوع دانش احداث سازه‌های امن در سال‌های اخیر پیشرفت چشمگیری داشته‌است. به تبع آن علاوه بر گسترش وسیع استفاده از این نوع سازه‌ها در فعالیت‌های عمرانی-صنعتی بخش‌های فراوانی از فعالیت‌های نظامی-دفاعی معطوف به استفاده از سازه‌های امن شده‌است (کمیته پدافند غیرعامل وزارت آموزش و پرورش،1390). در این راستا بهبود و ارتقاء سطح کیفیت ساخت پدافند غیرعامل مانند ساخت مخازن زیرزمینی ذخیره‌سازی سوخت ، سوله‌ها وآشیانه‌های سخت هواپیماها در مناطق مختلف جغرافیایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که باعث توسعه ظرفیت عملیاتی آنها می‌شود (Cronin.P M, 2012). کاهش احتمال برای به حداقل رساندن اثرات ناشی از اقدامات خصمانه (GORTNEY.W E, 2010) و نیاز به زنده ماندن نیروها و حفظ دارایی‌ها پس از حمله اولیه باعث توسعه پدافند غیرعامل شده‌است (Guerilla Warefare To a Modern Naval Strategy, 2009). از این‌رو استفاده از سازه‌های ساخته شده با مصالح با مقاومت بالا مانند بتن پرمقاومت در صنعت ضرورت یافته‌است. از مزایای قابل ذکر این بتن، توسعه بازده، دست یافتن به وزن کمتر سازه‌ای آن، تامین اقتصادی‌تر اجرای سازه‌ها، تعمیر و نگهداری کمتر و زمان کمتر ساخت می‌باشد (ACI Committee 211.4R-93 1998).

بتن توانمند یکی از مصالح نوین در صنعت ساختمان است. از جمله عوامل مهم موثر بر مقاومت وکارایی در بتن توانمند نوع سیمان، نسبت آب به مواد سیمانی، نوع و مقدار مواد پوزولانی، میزان و نوع روان‌کننده، سنگدانه‌ها می‌باشد (Jung Jun , P, 2008, 110-112 ، Folliard. K J, 1997, 1347-1354) که با توانمندی بتن مقاومت فشاری آن حساس‌تر می‌شود(Aïtcin. PC, 2004). همچنین سرعت و زمان اختلاط این بتن بیشتر از بتن معمولی است، که البته با افزایش سرعت اختلاط، زمان آن می‌تواند کاهش پیدا کند (Schießl. Peter. 2008, 401-408). در زمان استفاده از بتن توانمند در قالبهای نسبتا پیچیده می‌توان با ویبره آزاد به این کارایی دست یافت (Terzijski.I, 2008). لزوم استفاده بیشتر از بتن با مقاومت و کارایی بالا وقتی آشکار می‌شود که بتن‌های معمولی که با روش‌های سنتی، طراحی، مخلوط، حمل و عمل‌آوری می‌شوند، نمی‌توانند مشخصات مورد نظر برای کاربردهای ویژه و یا برای دستیابی به الزامات خاص را تامین کنند (Hájek.P 2008,879-886) . استفاده از این بتن در سازه‌های ساختمانی یک فرصت بسیار مناسب برای کاهش پیامدهای مخرب زیست

محیطی و بطور همزمان افزایش قابلیت اطمینان و ایمنی در سازه ایجاد کرده است. پیرو این موضوع بهینه‌سازی مصرف مواد یکی از روش‌های اساسی پرداختن به توسعه انواع فرآیندهای جدید سازه‌ها، با لزوم پایداری نیازهای ساخت و ساز است (Rao.S S, 2009). بهینه‌سازی عمل بدست آوردن بهترین نتیجه تحت شرایط موجود می‌باشد. در ساخت و ساز، تعمیر و نگهداری سازه‌ها و سیستم‌های مهندسی، مهندسان مجبور به گرفتن بسیاری از تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و تکنولوژیکی در چندین مرحله هستند. هدف نهایی از این تصمیمات به حداقل رساندن تلاش لازم و یا به حداکثر رساندن سود مورد نظر است. از آنجاکه تلاش مورد نیاز و یا سود مورد نظر در هر وضعیت عملی را می‌توان به عنوان تابعی از متغیرهای تصمیم‌گیری خاص بیان کرد، بهینه‌سازی را می‌توان به عنوان فرآیند پیدا کردن شرایطی که مقدار حداکثر و حداقل از یک تابع را می‌دهد، تعریف کرد (FENG.J, 2011, 69–8). بهینه‌سازی دینامیکی شیوه‌ای مناسب برای حل مسائل عملی در مقیاس بزرگ و در زمان مناسب می‌باشد (Anghinolfi.D, 2013، Ulanicki.B, 2007,287–296) که در مدیریت اهداف عملیاتی و در جهت بهبود عملکرد سیستم‌ها با در نظر گرفتن کیفیت ابعادی در یک استراتژی مشخص مدیریتی توسعه یافته است که در یک مساله مشخص هرچه متغیرهای تصمیم ومراحل تصمیم بیشتر باشند حل مساله پیچیده‌تر ودقت آن بالاتر می‌رود (Sechi.G .M,, 2009, 99-107)

2- تئوری بهینه‌سازی دینامیک

در عملی‌ترین مسائل، باید تصمیم‌ها به طور متوالی در نقاط مختلف زمانی، نقاط مختلف مکانی و در سطوح مختلف برای یک مولفه، یک سیستم فرعی(زیر سیستم) ویا برای یک سیستم ایجاد شده باشد. مسائلی که تصمیم بطور متوالی ایجاد میشوند، مسائل "متوالی تصمیم" یا (sequential decision) نامیده می‌شوند. از آنجائیکه این تصمیم‌ها در چند مرحله ایجاد می‌شوند، آنها هم چنین بعنوان "مسائل چندمرحله‌ای تصمیم"(multistage decision problems) ارائه شده‌اند. برنامه‌ریزی پویا یک روش ریاضی است که برای بهینه‌سازی مسائل چند مرحله‌ای تصمیم مناسب است. این شیوه بوسیله ریچارد بلمن در اوایل 1950 توسعه یافته بود.

تکنیک برنامه‌ریزی پویا، هنگامی یک مساله چندمرحله‌ای تصمیم را به عنوان یک مساله متوالی تصمیم یک مرحله‌ای ارائه می‌کند که قابل اجرا، نشان‌دادن یا تجزیه شدن باشد. بنابراین یک مساله با N متغیر به عنوان یک توالی از N مسئله تک‌متغییری به طور پی‌درپی نشان داده شده، ارائه می‌دهدکه قابل حل‌تر هستند. در اکثر موارد این N مسئله فرعی(زیر مساله) برای حل شدن از مسئله اصلی آسانتر هستند. تجزیه به N مساله‌های فرعی (subproblems) به عنوان یک شیوه انجام می‌شود به صورتی که راه‌حل بهینه برای یک مساله با N متغییر اصلی می‌تواند از راه‌حل‌های بهینه برای N مساله یک مرحله‌ای بدست آید. مهم است توجه کنیم که شیوه‌ی بهینه‌سازی در موارد خاص استفاده شده برای بهینه‌سازی N مساله تک متغیری، نامربوط است. آن ممکن است از یک فرآیند شمارش ساده تا یک محاسبه‌ی دیفرانسیلی یا یک شیوه برنامه‌ریزی غیرخطی متغیر باشد .

مسائل چندمرحله‌ای تصمیم می‌توانند هم چنین توسط کاربرد مستقیم شیوه‌های بهینه‌سازی کلاسیک حل شود. با این وجود، نیاز به تعدادی متغیر کوچک، توابع پیچیده پیوسته و به طور پیوسته مشتق‌پذیر، و نقاط بهینه غیر واقع در نقاط کران دارد. بعلاوه، مساله باید بطور نسبی ساده باشد، طوریکه مجموعه‌ای از معادلات حاصله می‌توانند هم به صورت تحلیلی و هم بصورت عددی حل شوند. شیوه‌های برنامه‌ریزی غیرخطی را می‌توان برای حل مسائل کمی مشکل‌تر چندمرحله‌ای تصمیم استفاده کرد. اما کاربرد آنها مستلزم متغیرهای پیوسته و دانش قبلی در مورد محدوده کلی حداقل و حداکثر است. برنامه‌ریزی پویا، از سوی دیگر، میتواند با متغیرهای گسسته ، غیر پیوسته، غیر محدب و توابع غیر دیفراسیلی سر و کار داشته باشد. بطور کلی، همچنین می‌تواند شامل تغییرپذیری تصادفی توسط یک تغییر شکل ساده از فرآیندی جبری باشد.

همانطور که عملی با برنامه‌ریزی پویا انجام می‌شود، یک فرآیند چندمرحله‌ای تصمیم چیزی است که تعدادی از فرآیندهای یک مرحله‌ای در مجموعه با هم مرتبط هستند طوریکه خروجی(بازده) یک مرحله، ورودی مرحله بعدی است. به

طور دقیق‌تر، این نوع از فرآیند باید یک فرآیند متوالی چند مرحله‌ای تصمیم(serial multistage decision process) نامیده شود زیرا مراحل منفرد(به صورت سر به دُم) به دنباله‌ای غیر بازیابی(غیر واچرخانده شده) مرتبط هستند. مسائل متوالی چندمرحله‌ای تصمیم در بسیاری از انواع مسائل عملی به وجود می‌آیند .

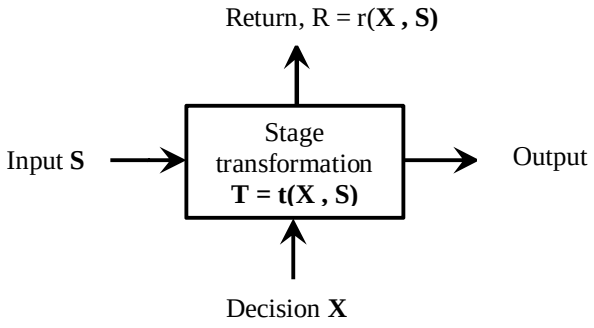
یک فرآیند تک مرحله‌ای تصمیم (که جزئی از مساله چندمرحله ای است) می‌تواند تحت عنوان یک بلوک مستطیل شکل مانند شکل 1 ارائه شده باشد. یک فرآیند تصمیم می‌تواند توسط پارامترهای ورودی خاص، S (یا اطلاعات)، متغییرهای تصمیم خاص (X) و پارامترهای خروجی خاص (T) نشان دهنده خروجی بدست آمده به عنوان یک نتیجه از ایجاد تصمیم ، توصیف شود. پارامترهای ورودی، متغییرهای حالت ورودی (input state variables) و پارامترهای خروجی، متغیرهای حالت خروجی (Output State Variables) نامیده می‌شوند. سرانجام، یک تابع بازگشت یا تابع هدف R وجود دارد که تاثیر تصمیم‌های ایجاد شده و خروجی ،که نتایج این تصمیم‌ها است، را اندازه گیری می‌کند که برای یک فرآیند تک مرحله‌ای تصمیم در شکل1 نشان داده شده است.

خروجی(بازده) از طریق تابع تبدیل یک مرحله‌ای نشان داده شده توسط رابطه زیر به ورودی مرتبط است :

$$T = t(X,S)$$

از آنجاکه حالت ورودی سیستم، بر تصمیم‌هایی که ما ایجاد می‌کنیم تاثیر می‌گذارد، تابع بازگشت می‌تواند بصورت زیر ارائه شود:

$$R = r(X,S)$$



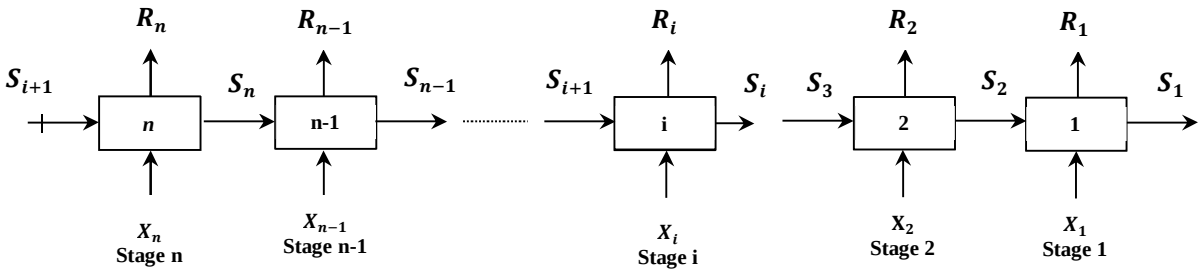
شکل1- مساله تصمیم‌گیری یک مرحله‌ای

یک دنباله از فرایند چند مرحله‌ای تصمیم می‌تواند بطور خلاصه همانطور که در شکل 2 نشان داده شده است، ارائه شده باشد. بدلیل برخی مزیت‌ها و سهولت‌ها، که بعداً اشاره خواهد شد، مراحل 1،2،...i،...،n-1،n درجهت کاهش مرتبه نشان‌دار شده‌اند. برای i اُمین مرحله، بردار حالت ورودی با s_{i+1} و بردارحالت خروجی(Output State Vector) با s_i نشان داده شده است. از آنجاکه سیستم به صورت یک سری پشت سر هم است، خروجی از مرحله‌ی i+1 باید با ورودی مرحله‌ی i برابر باشد. بنابراین حالت تبدیل(state transformation) و توابع بازگشتی می‌توانند ارائه شوند به صورت:

الف) $s_i = t_i(s_{i+1}, x_i)$

ب) $R_i = r_i(s_{i+1}, x_i)$

که در آن x_i نشان‌دهنده بردار متغیرهای تصمیم در مرحله‌ی i است. معادلات تبدیل حالت الف و ب همچنین معادلات طراحی(Design Equations) نامیده می‌شوند.



شکل2- مساله تصمیم‌گیری چند مرحله‌ای (مساله مقدار اولیه)

- انواع مسائل تصمیم چندمرحله‌ای(Types of Multistage Decision Problems)

مسائل تصمیم چندمرحله ای متوالی می‌تواند به سه مقوله همانند زیر طبقه‌بندی شود:

1) مسئله مقدار اولیه: اگر مقدار متغیر اولیه حالت، S_{n+1} ، تعیین شده است، مسئله ، یک مسئله مقدار اولیه (initial value problem) نامیده می‌شود.

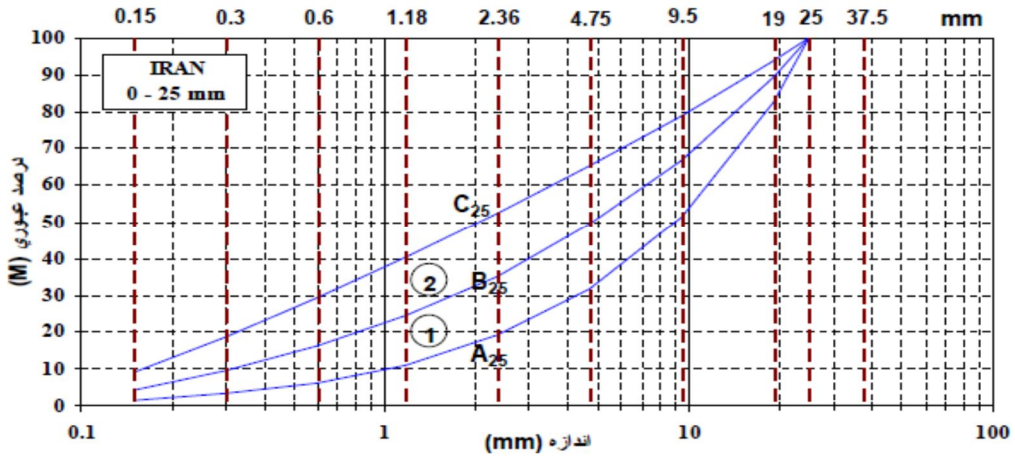
2) مسئله مقدار پایانی(نهایی): اگر مقدار متغیر پایانی حالت S_1 تعیین شده است، مسئله، یک مسئله‌ی مقدار پایانی (final value problem) نامیده می‌شود. توجه کنید که مسئله مقدار پایانی می‌تواند به یک مسئله مقدار اولیه با دستورالعمل‌های معکوس $(i = 1,2, \dots, n+1)$, s_i تبدیل شده باشد.

3) مسئله‌ی مقدار مرزی: اگر مقدارهای هر دو متغیرهای خروجی و ورودی مشخص باشند، مسئله، یک مسئله مقدار مرزی (Boundary Value Problem) نامیده می‌شود (Rao.S S, 2009) .

3- روش طرح اختلاط مبنا

در این مقاله از روش آبا که به ترتیب شامل مراحل: تعیین نسبت آب به سیمان، انتخاب منحنی سنگدانه، تعیین مقدار آب آزاد بتن، تعیین مقدار سیمان در بتن می‌باشد و از حداکثر اندازه سنگدانه 25 میلیمتر استفاده شده است. همچنین میزان اسلامپ 10 تا 14 برای این طرح در نظر گرفته شده است.

شکل3- منحنی های دانه بندی مخلوط سنگدانه های ریز و درشت ، با حداکثر اندازه 25 میلیمتر



4- مدل طرح اختلاط دینامیکی

در مدل دینامیکی ارائه شده، پارامترهای نسبت آب به سیمان، مقاومت سیمان، مقاومت سنگدانه، نوع سنگدانه از لحاظ شکسته بودن یا عدم آن، حجم شن و حجم ماسه، مقدار فوق‌روان‌کننده، مقدار هوای موجود در واحد حجم بتن به عنوان پارامترهای مهم موثر در مقاومت بتن در نظر گرفته شده است. در نتیجه این مدل باید با 6 تابع هدف فرعی، به ترتیب مربوط به هر کدام از 6 مرحله مذکور می‌باشد که توسط تابعی اصلی طوری وابسته به یکدیگر تعریف شده باشد که تغییر در هر کدام از این پارامترها سبب تغییر در پارامترهای دیگر شامل مراحل بعدی و قبلی به صورت بازگشتی، جهت دستیابی به بهینه‌ترین طرح اختلاط با معیارهای مقاومت و کارایی باشد. در این مدل که شامل 6 مرحله است، ورودی هر مرحله خروجی مرحله قبل می‌باشد که باید بتواند به صورت یک مساله دینامیک با مقدار اولیه طرح شود.

در این مدل قسمتی از سیستم به صورت غیرمتوالی عمل کند و می‌توان با گروه‌بندی مجدد مراحل، مساله را در غالب یک سیستم متوالی معادل مجدداً تعریف کرد. به عنوان یک مثال واقعی در طرح اختلاط می‌توان مجموع چند پارامتر مانند مقاومت سیمان، نسبت آب به سیمان و ساختار ظاهری آن از لحاظ شکسته یا گرد گوشه بودن را در قالب یک مرحله دینامیک فرعی از مراحل اصلی دینامیکی کل مساله در نظر گرفت ، که خود این مرحله فرعی شامل چند مرحله جزئی که به صورت دینامیک با هم در ارتباط هستند، می‌باشد. یا مقاومت ، شکل و حجم سنگدانه را می‌توان به عنوان یک مرحله فرعی در نظر گرفته و حل کرد. باید توجه کرد که خروجی مرحله فرعی، به عنوان ورودی یکی از مراحل، به صورت دینامیک با آنها در ارتباط است و کوچکترین تغییر حتی در مراحل جزئی زیرمجموعه مرحله فرعی، سبب تغییراتی در مراحل فرعی دیگر و نهایتاً تغییر در داده‌های خروجی مساله اصلی می‌شود. باید توجه داشت که در این حالت احتمالاً حجم محاسبات بیشتر می‌شود.

باید در نظر داشت که این مساله می‌تواند بنا به شرایط موجود به صورت یک مساله دینامیکی دارای مقدار اولیه، مقدار نهایی(که قابل تبدیل به یکدیگرند) و یا به صورت توام مقدار اولیه و مقدار نهایی در نظر گرفته شود.

این مساله برای مقاومت فشاری مورد نیاز 40 مگاپاسکال به عنوان بعد اول طرح خواهد شد به طوری که پارامتر کارایی نیز به عنوان بعد دوم مساله در نظر گرفته می‌شود. باید در نظر داشت که هر چه تعداد متغیرها و مراحل افزایش یابند تعداد محاسبات مورد نیاز به سرعت افزایش خواهد یافت. در پروژه‌های با اهمیت بیشتر می‌توان مشکل زمان و حجم محاسبات را متناسب با اهمیت پروژه کمتر در نظر گرفت و تاثیر پارامترهای موثر بیشتری را در توانمندی مورد نیاز در بتن مورد نظر را در قالب مراحل اضافه شده به مساله اصلی گنجاند. با توجه به اینکه نسبت آب به سیمان اصلی‌ترین عامل موثر بر مقاومت بتن است ، مقادیر جدول زیر را می‌توان به طور کلی برای 4 نسبت آب به سیمان0,30 و 0,35 و 0,40 و 0,45 در نظر گرفت.

جدول 1: جدول مقایسه ای مقادیر و قیمت سیمان، نسبت آب به سیمان و مقاومت بتن

مقدار آب (کیلوگرم در هر مترمکعب بتن)	نسبت آب به سیمان	قیمت سیمان (تومان بر مترمکعب)	مقاومت بتن MPa	مقدار سیمان (کیلوگرم بر مترمکعب)	قیمت هر پاکت 50 کیلویی (تومان)	مقاومت سیمان MPa
90	0,30	42000	40	300	7000	42,5
105	0,35					
120	0,40					
135	0,45					
105	0,30	49000	40	350		
122,5	0,35					
140	0,40					
157,5	0,45					
120	0,30	56000	40	400		
140	0,35					
160	0,40					
180	0,45					

از آنجاکه مقدار و بافت سنگدانه موجود در بتن به عنوان اسکلت بتن تاثیر زیادی در مقاومت و کارایی و همچنین قیمت بتن دارد که اثر آن‌ها نیز در جدول زیر لحاظ شده است :

جدول 2: مقایسه قیمت، مقاومت، حجم و بافت سنگدانه

قیمت سنگدانه (در هر مترمکعب)	مقاومت بتن MPa	حجم سنگدانه ٪ (از حجم کل)	سنگدانه مقاومت MPa	بافت سنگدانه
20000	40	%70	45	غیرشکسته(گردگوشه)
	40	%75	45	
25000	40	%70	65	
	40	%75	65	
25000	40	%70	45	شکسته(تیزگوشه)
	40	%75	45	
30000	40	%70	65	
	40	%75	65	

در جدول 2 از روان‌کننده مایع نفتالینی در 3 مقدار مختلف با وزن مخصوص 1200 کیلوگرم بر مترمکعب و قیمت هر کیلو 3400 تومان در نظر گرفته شده است، که حداقل و حداکثر میزان مصرف آن 0,5٪ تا 1,5٪ می‌باشد .

همچنین می توان برای جامع شدن طرح مساله از فوق‌روان‌کننده پایه پلی‌کربوکسیلات نیز با محدودیت‌های مربوط به آن استفاده کرد.

جدول 3: مقایسه مقدار فوق‌روان‌کننده، سیمان و قیمت برای مقاومت 40 مگاپاسکال مقاومت بتن

قیمت (تومان در هر متر مکعب بتن)	مقاومت بتن MPa	مقدارفوق روان کننده (کیلوگرم در مترمکعب بتن)	سیمان (کیلوگرم در مترمکعب بتن)	میزان مصرف روان‌کننده (درصد وزنی سیمان)
5100	40	1,5	300	%0,5
5950	40	1,75	350	
6800	40	2	400	
8500	40	2,5	250	
10200	40	3	300	%1
11900	40	3,5	350	
13600	40	4	400	
12750	40	3,75	250	
15300	40	4,5	300	%1,5
17850	40	5,25	350	
20400	40	6	400	

در این روش پس از اینکه در هر مرحله چند آیتم مقادیر قیمت، کارایی و مقاومت بهتر، به صورت رفت و برگشتی انتخاب شدند، منجر به انتخاب بهترین آیتم‌ها در هر مرحله می‌شود.

5- نتیجه‌گیری

با استفاده از روش بهینه‌سازی دینامیک برای رسیدن به یک مقدار مشخص مقاومت و کارایی در اقتصادی‌ترین حالت می‌توان چندین حالت مختلف رسیدن به مقاومت و کارایی مورد نظر را به‌طور همزمان مورد بررسی و مقایسه قرار داد. در این روش چندین مسیر متفاوت با توجه به شرایط موجود و مصالح قابل دسترس جهت رسیدن به اهداف مورد نظر وجود دارد ولی طبعاً یکی از آنها از باقی مسیرها اقتصادی‌تر است که در این روش مقایسه‌ای ، به صورت رفت و برگشتی مسیرهای مقرون به صرفه‌تر انتخاب می‌شود.

ویژگی مهم این روش این است که کلیه آیتم‌های موثر بر ویژگی‌های مورد نظر به طور همزمان کنترل می‌شوند و در نتیجه در طرح اختلاط بتن مذکور از چندین بعد در هر گام بررسی شود و بهینه‌ترین طرح اختلاط مطابق با هر کدام از روش‌های آیین نامه‌ای مانند ACI ، BS ، آبا و یا هر روش دیگر انتخاب شده ، بدست می‌آید.

مراجع

[1] پرهیزکار طیبه، رئیس قاسمی امیر، (1388)، «بتن های توانمند نسل جدید»، سومین کنفرانس بین المللی بتن و توسعه.
[2] کمیته پدافند غیرعامل وزارت آموزش و پرورش/کارگروه تحقیق و پژوهش، (1390)، «مبانی ، اصول و شیوه های پدافند غیرعامل»، چاپ سوم ، نشر مدرسه.
[3] کیکاووسی سعید، عراقی‌نژاد علی، «تمهیدات پدافند غیرعامل در فرودگاه ها".
[4] مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، (1388)، «مقررات ملی ساختمان، مبحث بیست و یکم، پدافند غیرعامل»، ویرایش ششم.
[5] محمودزاده امیر، (1390)، «آشنایی با پدافند غیرعامل»، نشر علم آفرین.
[6] معاونت امور مهندسی و فنی، وزارت نفت جمهوری اسلامی ایران، (1382)، «ضوابط کلی پدافند غیر عامل در وزارت نفت، نشریه شماره 32».
[7] میسمی حسین، موسوی پدرام، رفیعایی سیداحمد، (1388)، «اصول و مبانی پدافند غیرعامل»، انتشارات سازمان عمران.

[8] ACI Committee 211.4R-93. (1998), ***Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete with Portland Cement and Fly Ash*** , American Concrete Institute.
[9] Aïtcin, P C. (2004). ***High-Performance Concrete***, second edition, Taylor & Francis Group, New York.
[10] Cronin, P M., Giarra, P., Hosford, Z M. and Walton, T A. (2012), ***Yokota Civil-Military Use of U.S. Bases in Japan***, Center for a New Amrican Secuirety.
[11] Anghinolfi, D., Paolucci, M., Robba, M. and Taramasso, A. (2013), ***A dynamic optimization model for solid waste recycling***, Waste Management 33, 287–296.
[12] FENG, J., LIU, L. and PARLAR, M. (2011), ***An efficient dynamic optimization method for sequential identification of group-testable items***, IIE Transactions 43, 8-69.
[13] Folliard,K J. and Berke,N S. (1997), ***Properties Of High-Performance Concrete Containing Shrinkage Reducing Admixture***, Cement and Concrete Rrwarch, Vol 27, No Y. pp 1357-1364.
[14] GORTNEY, W.E. (2010), ***Department of Defense Dictionary of Military and Associated Terms***.
[15] Guerilla Warefare To a Modern Naval Strategy. (2009), ***Iran's Naval Forces***.
[16] Hájek, P. and Fiala, C. (2008), ***Environmentally optimized floor slabs using UHPC - contribution to sustainable building***, Second International Symposium on Proportion Ultra High Performance Concrete, Kassel, Germany March 05-07, 879-886.
[17] Jung Jun, P., Koh, K., Taek, K. and Wook, K.S. (2008), ***Influence of the Ingredients on the Compressive Strength of UHPC as a Fundamental Study to Optimize the Mixing, Proceedings of the Second International Symposium on Proportion Ultra High Performance Concrete***, Kassel, Germany March 05-07,105-112.
[18] Mazanec. O., and Schießl. P. (2008), ***Mixing Time Optimisation for UHPC, Proceedings of the Second International Symposium on Proportion Ultra High Performance Concrete***, Kassel, Germany March 05-07, 401-408.
[19] Rao, S.S. (2009), ***Engineering Optimization Theory and Practice***, Fourth Edition, John Wiley & Sons, USA, New Jersey.
[20] Sechi, G.M. and Sulis, A. (2009), ***Dynamic attribution of water quality indexes in a multi-reservoir optimization model*** , Desalination 237 , 99–107.
[21] Terzijski,I. (2008), ***Optimization of UHPC for the Model of a Pedestrian Bridge***, Proceedings of the Second International Symposium on Proportion Ultra High Performance Concrete, Kassel, Germany March 05-07, 707-714.
[22] Ulanicki,B. and Kahler,J. and See,H. (2007), ***Dynamic Optimization Approach for Solving an Optimal Scheduling Problem in Water Distribution Systems***, ASCE.