

مقاله

آیا فعالیتهای بحرانی می‌توانند دارای شناوری مثبت باشند؟

ACEMI

d r a l a v i p o u r . c o m

در پروژه‌های صنعت ساخت، زمان یکی از مهم‌ترین عوامل موفقیت است. تاخیر در تحویل پروژه می‌تواند منجر به خسارات مالی و قراردادی شود. روش مسیر بحرانی (Critical Path Method - CPM) به‌عنوان یکی از ابزارهای کلیدی در مدیریت پروژه‌های ساخت، امکان شناسایی فعالیت‌هایی را فراهم می‌کند که مستقیماً بر زمان اتمام پروژه اثر می‌گذارند. این روش با تمرکز بر طولانی‌ترین زنجیره فعالیت‌ها، به مدیران کمک می‌کند تا برنامه‌ریزی دقیق‌تری داشته باشند و ریسک‌های زمانی را کاهش دهند (در صورت علاقه به مطالعه بیشتر در این پرسش و پاسخ به اهمیت فعالیت‌های نزدیک بحرانی در کاهش زمان اتمام پروژه اشاره شده است).

مفاهیم Driven Path و Longest Path به ترتیب طولانی‌ترین مسیر زمانی و مسیر هدایت‌کننده پروژه را نشان می‌دهند که ممکن است با شناوری صفر، مثبت، یا حتی منفی همراه باشند. قیود نرم و سخت و تقویم‌های پروژه نیز به‌عنوان عوامل تاثیرگذار بر مسیر بحرانی، پیچیدگی‌های خاصی به زمان‌بندی پروژه اضافه می‌کنند. شناوری مثبت، به‌عنوان انعطاف‌پذیری زمانی در فعالیت‌های غیربحرانی، فرصتی برای بهینه‌سازی منابع و مدیریت ریسک‌ها فراهم می‌کند.

۱. مفهوم مسیر بحرانی و شناوری

مسیر بحرانی طولانی‌ترین زنجیره فعالیت‌ها در شبکه پروژه است که زمان کل پروژه را تعیین می‌کند. هرگونه تاخیر در فعالیت‌های این مسیر مستقیماً به تاخیر در اتمام پروژه منجر نمی‌شود. برخلاف تصور سنتی که مسیر بحرانی را صرفاً با شناوری صفر تعریف می‌کند، در عمل، مسیر بحرانی ممکن است تحت تاثیر قیود و تقویم‌ها، شناوری مثبت یا منفی داشته باشد. به‌عنوان مثال، در پروژه‌های ساخت که تاریخ اتمام مشخصی توسط قرارداد تعیین شده است، قیود سخت می‌توانند مسیر بحرانی را به‌گونه‌ای تغییر دهند که شناوری منفی ایجاد شود (برای آشنایی بیشتر با مالکیت شناوری در پروژه به مقاله مالکیت شناوری در پروژه؛ چالش‌ها، تبعات مالی و قراردادی آن مراجعه کنید).

مسیر بحرانی با استفاده از تکنیک‌های برنامه‌ریزی مانند روش Forward Pass و Backward Pass محاسبه می‌شود. در روش Forward، زودترین زمان شروع و پایان فعالیت‌ها (Early Start و Early Finish) تعیین می‌شود، درحالی‌که در روش Backward pass، دیرترین زمان شروع و پایان (Late Start و Late Finish) محاسبه می‌گردد. اختلاف بین این زمان‌ها، شناوری فعالیت‌ها را مشخص می‌کند.

۱.۱. شناوری (Float)

شناوری به دو نوع اصلی تقسیم می‌شود:

– **شناوری کل (Total Float):** مدت‌زمانی که یک فعالیت می‌تواند بدون تاثیر بر زمان اتمام کل پروژه به تاخیر بیفتد. این شناوری از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{Total Float} = \text{Late Finish} - \text{Early Finish} \quad \text{یا} \quad \text{Total Float} = \text{Late Start} - \text{Early Start}$$

– **شناوری آزاد (Free Float):** مدت‌زمانی که یک فعالیت می‌تواند بدون تاثیر بر زودترین زمان شروع فعالیت بعدی به تاخیر بیفتد. این شناوری معمولاً کمتر از شناوری کل است و در مدیریت منابع بسیار کاربردی است.

شناوری مثبت معمولاً در فعالیت‌های غیربحرانی دیده می‌شود و به مدیران پروژه اجازه می‌دهد تا انعطاف‌پذیری بیشتری در تخصیص منابع، مدیریت ریسک‌ها و بهینه‌سازی زمان‌بندی داشته باشند. به‌عنوان مثال، در یک پروژه، شناوری مثبت در فعالیت‌هایی مانند نصب تأسیسات برقی می‌تواند به معنای امکان جابه‌جایی این فعالیت برای هماهنگی بهتر با فعالیت‌های دیگر باشد.

۲.۱. Driven Path و Longest Path

Longest Path: طولانی‌ترین مسیر زمانی در شبکه پروژه است که زمان اتمام پروژه یا یک رخداد کلیدی خاص (Milestone) را کنترل می‌کند. این مسیر ممکن است با مسیر بحرانی سنتی تفاوت داشته باشد، به‌ویژه زمانی که قیود سخت یا تقویم‌های متعدد در پروژه اعمال شوند. Longest Path معمولاً با استفاده از نرم‌افزارهای برنامه‌ریزی مانند Primavera P6 شناسایی می‌شود و به‌عنوان معیاری برای تحلیل تاخیرات و برنامه‌ریزی پروژه استفاده می‌شود. (برای آشنایی بیشتر با برنامه‌ریزی پروژه با پریماورا P6 به مقاله برنامه‌ریزی پروژه با پریماورا P6: مزایا و کاربردهای آن مراجعه کنید).

Driven Path: مسیری است که زمان اتمام پروژه یا رخدادهای کلیدی خاص را هدایت می‌کند. برخلاف Longest Path که بر کل پروژه تمرکز دارد، Driven Path ممکن است برای مایلستون‌های میانی یا بخش‌های خاصی از پروژه تعریف شود. به عنوان مثال، در یک پروژه ساخت بیمارستان، Driven Path برای تکمیل بخش اورژانس ممکن است متفاوت از Longest Path کل پروژه باشد. تفاوت اصلی بین این دو مفهوم در دامنه تمرکز آن‌هاست. Longest Path کل پروژه را در نظر می‌گیرد، در حالی که Driven Path می‌تواند به یک هدف خاص محدود شود. در تحلیل تاخیرات، شناسایی Driven Path برای تعیین مسئولیت تاخیرات و تخصیص خسارات قراردادی حیاتی است (در صورت علاقه به مطالعه بیشتر در این پرسش و پاسخ به [دلیل رایج بودن روش برنامه‌ریزی مسیر بحرانی \(CPM\)](#) اشاره شده است).

۲. تاثیر قيود نرم و سخت بر مسیر بحرانی

قيود (Constraints) محدودیت‌هایی هستند که بر زمان‌بندی فعالیت‌ها اعمال می‌شوند و می‌توانند مسیر بحرانی، شناوری و حتی منطق شبکه پروژه را تغییر دهند. این قيود به دودسته اصلی نرم و سخت تقسیم می‌شوند.

۱.۲. قيود نرم (Soft Constraints)

قيود نرم محدودیت‌هایی هستند که انعطاف‌پذیری نسبی دارند و معمولاً برای هماهنگی بهتر زمان‌بندی اعمال می‌شوند. مثال‌های رایج قيود نرم شامل موارد زیر است:

- Start No Earlier Than (SNET): فعالیت نمی‌تواند زودتر از تاریخ مشخصی شروع شود.
- Finish No Later Than (FNLTL): فعالیت باید تا تاریخ مشخصی به پایان برسد.

این قيود به نرم‌افزارهای برنامه‌ریزی اجازه می‌دهند تا زمان‌بندی را بهینه کنند بدون اینکه منطق وابستگی‌های شبکه به طور کامل مختل شود. با این حال، استفاده بیش از حد از قيود نرم می‌تواند شناوری مثبت را کاهش دهد یا مسیر بحرانی را به صورت غیرواقعی تغییر دهد. به عنوان مثال، در یک پروژه ساخت پل، اگر قيد Start No Earlier Than روی فعالیت نصب پایه‌ها اعمال شود، ممکن است شناوری فعالیت‌های بعدی مانند بتن‌ریزی عرشه کاهش یابد، حتی اگر این فعالیت‌ها در حالت عادی شناوری مثبت داشته باشند. (برای آشنایی بیشتر با مشخصات فنی برنامه زمانی در قرارداد به مقاله [چکلیست مشخصات فنی برنامه زمانی در قرارداد \(Schedule Specifications\)](#) مراجعه کنید).

۲.۲. قيود سخت (Hard Constraints)

قيود سخت محدودیت‌های غیرقابل‌انعطافی هستند که تاریخ‌های خاصی را برای شروع یا پایان فعالیت‌ها تعیین می‌کنند. مثال‌های رایج شامل موارد زیر است:

- Must Start On: فعالیت باید دقیقاً در تاریخ مشخصی شروع شود.
- Must Finish On: فعالیت باید دقیقاً در تاریخ مشخصی به پایان برسد.

قيود سخت معمولاً در پروژه‌هایی با الزامات قراردادی یا قانونی سخت‌گیرانه استفاده می‌شوند، مانند ساخت استادیوم برای رویدادهای بین‌المللی. این قيود می‌توانند شناوری منفی ایجاد کنند، به‌ویژه زمانی که تاریخ قيد زودتر از زمان محاسبه‌شده توسط منطق شبکه باشد. به عنوان مثال، اگر پروژه‌ای با قيد Must Finish On (مانند اتمام ساخت استادیوم قبل از شروع المپیک) مواجه باشد، تاخیر در فعالیت‌های بحرانی منجر به شناوری منفی می‌شود که نشان‌دهنده عقب‌ماندگی از برنامه است. شناوری منفی به معنای آن است که پروژه نمی‌تواند در زمان تعیین‌شده به پایان برسد مگر اینکه اقدامات اصلاحی مانند افزایش منابع یا تغییر منطق شبکه انجام شود. یکی از چالش‌های قيود سخت، تاثیر آن‌ها بر تحلیل تاخیرات است. در پروژه‌های ساخت، قيود سخت ممکن است مسیر بحرانی را به گونه‌ای تغییر دهند که فعالیت‌های غیربحرانی به طور غیرواقعی بحرانی شوند که این امر تحلیل مسئولیت تاخیرات را دشوار می‌کند.



۳. نقش تقویم‌ها در مسیر بحرانی

تقویم‌های پروژه که شامل روزهای کاری، تعطیلات، شیفت‌های کاری و حتی شرایط آب‌وهوایی هستند، تاثیر قابل توجهی بر محاسبات مسیر بحرانی و شناوری دارند. در پروژه‌های ساخت، استفاده از تقویم‌های متعدد برای فعالیت‌های مختلف امری رایج است، اما این موضوع می‌تواند پیچیدگی‌هایی را به همراه داشته باشد.

۱.۳. تاثیر تقویم‌های متعدد

هنگامی که فعالیت‌های مختلف از تقویم‌های متفاوتی استفاده می‌کنند (مانند تقویم ۵ روزه برای فعالیت‌های اداری و تقویم ۷ روزه برای فعالیت‌های میدانی)، محاسبات زمان‌بندی پیچیده‌تر می‌شود. به‌عنوان مثال، اگر برای فعالیت نصب اسکلت فلزی از تقویم ۷ روزه استفاده کند؛ اما فعالیت بتن‌ریزی وابسته به آن از تقویم ۵ روزه پیروی کند، شناوری فعالیت بتن‌ریزی ممکن است به دلیل تعطیلات آخر هفته کاهش یابد. این تفاوت در تقویم‌ها می‌تواند مسیر بحرانی را تحریف کند و فعالیت‌هایی که در حالت عادی غیربحرانی هستند را به‌صورت غیرواقعی بحرانی نشان دهد.

در پروژه‌های ساخت بین‌المللی که تیم‌های مختلف با منطق زمانی یا فرهنگ‌های کاری متفاوت فعالیت می‌کنند، مدیریت تقویم‌ها حتی پیچیده‌تر می‌شود. به‌عنوان مثال، در یک پروژه مشترک بین ایران و امارات، تعطیلات رسمی متفاوت (مانند عید فطر در امارات و نوروز در ایران) می‌تواند زمان‌بندی را تحت تاثیر قرار دهند.

۲.۳. مدیریت تقویم‌ها

برای کاهش تاثیرات منفی تقویم‌های متعدد، توصیه می‌شود که تقویم‌ها به‌صورت یکپارچه مدیریت شوند. استفاده از یک تقویم پایه برای کل پروژه و اعمال استثنائات خاص برای فعالیت‌های محدود می‌تواند محاسبات مسیر بحرانی را ساده‌تر کند. نرم‌افزارهای پیشرفته مانند Primavera P6 قابلیت تنظیم تقویم‌های چندگانه و شناسایی Longest Path را دارند که به مدیران پروژه کمک می‌کند تا تاثیر تقویم‌ها را به حداقل برسانند.

یکی دیگر از راهکارهای مؤثر، تحلیل حساسیت تقویم‌هاست. مدیران پروژه می‌توانند با شبیه‌سازی سناریوهای مختلف (مانند تغییر تقویم ۵ روزه به ۶ روزه)، تاثیر تقویم‌ها بر شناوری و مسیر بحرانی را ارزیابی کنند و تصمیمات بهتری برای تخصیص منابع بگیرند.

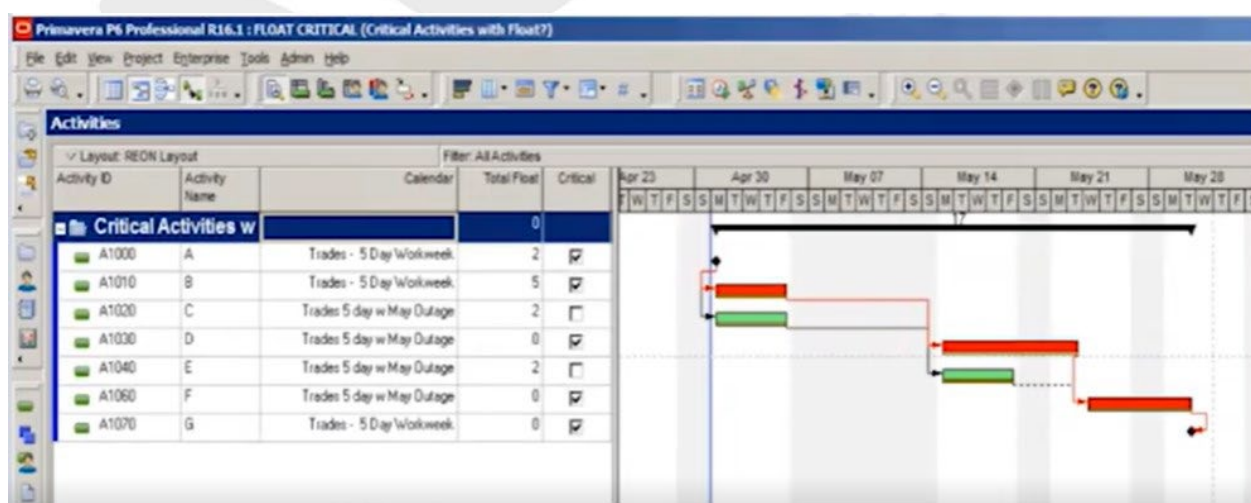
۴. تحلیل شناوری مثبت در فعالیت‌های غیربحرانی

شناوری مثبت در فعالیت‌های غیربحرانی یکی از مهم‌ترین ابزارهای مدیران پروژه برای بهینه‌سازی زمان‌بندی و مدیریت ریسک‌هاست. این شناوری امکان انجام اقدامات زیر را فراهم می‌کند:

- **اولویت‌بندی منابع:** منابع محدود (مانند نیروی کار یا تجهیزات) می‌توانند به فعالیت‌های بحرانی اختصاص یابند، درحالی‌که فعالیت‌های غیربحرانی با استفاده از شناوری مثبت به تعویق می‌افتند.
 - **کاهش تقاضا:** با جابه‌جایی فعالیت‌های غیربحرانی، می‌توان از تمرکز بیش از حد منابع در یک بازه زمانی خاص جلوگیری کرد. به‌عنوان مثال، در یک پروژه ساخت مجتمع تجاری، جابه‌جایی فعالیت‌های نازک‌کاری به دوره‌های کم‌تراکم می‌تواند هزینه‌های نیروی کار را کاهش دهد.
 - **مدیریت ریسک:** شناوری مثبت می‌تواند به‌عنوان یک ذخیره زمانی برای جبران تاخیرات غیرمنتظره (مانند مشکلات تأمین مصالح یا شرایط جوی نامناسب) استفاده شود. (یکی از مناسب‌ترین راهکارهای مدیریت ریسک استفاده از ذخیره احتیاطی است، برای مطالعه بیشتر در این خصوص به مقاله [ذخیره احتیاطی در مدیریت پروژه چیست؟](#) مراجعه کنید).
- با این حال، شناوری مثبت نباید به‌عنوان زمان بی‌استفاده تلقی شود. در پروژه‌های ساخت، استفاده هوشمندانه از شناوری می‌تواند به بهبود کیفیت، کاهش هزینه‌ها و افزایش ایمنی منجر شود. به‌عنوان مثال، اختصاص شناوری مثبت به فعالیت‌های حساس مانند تست سیستم‌های HVAC می‌تواند زمان بیشتری برای اطمینان از عملکرد صحیح سیستم فراهم کند.
- یکی از چالش‌های شناوری مثبت، مدیریت انتظارات ذی‌نفعان است. کارفرمایان یا سرمایه‌گذاران ممکن است شناوری مثبت را به‌عنوان نشانه‌ای از کندی پیشرفت پروژه تفسیر کنند، درحالی‌که در واقع این شناوری برای مدیریت ریسک‌ها و بهینه‌سازی پروژه حیاتی است؛ بنابراین، ارتباطات شفاف و گزارش‌دهی دقیق در مورد استفاده از شناوری ضروری است. اما یک سوال مهم، آیا تنها فعالیت‌های غیربحرانی شناوری مثبت دارند یا فعالیت‌های بحرانی نیز می‌توانند دارای شناوری مثبت باشند؟ در ادامه با ذکر یک مثال به بررسی این موضوع می‌پردازیم.

۵. تحلیل شناوری مثبت در فعالیت‌های بحرانی

برخلاف باور رایج فعالیت‌های بحرانی نیز می‌توانند شناوری مثبت داشته باشند. برای درک بهتر این موضوع، به یک مثال فرضی از یک پروژه ساخت می‌پردازیم. فرض کنید پروژه شامل دو رخداد کلیدی (A) تاریخ شروع پروژه و G تاریخ پایان پروژه و فعالیت‌های E, D, C و B و F می‌باشد که به ترتیب وابستگی‌های زیر را دارند:



در این پروژه با دو مسیر اصلی مواجه هستیم: مسیر B-D-F و مسیر C-E-F. با توجه به تقویم‌های تخصیص یافته به فعالیت‌ها، آغاز فعالیت‌های D و E زودتر از تاریخ ۱۵ می (May 15) ممکن نیست. علاوه بر این، هر یک از این فعالیت‌ها پیش‌نیازهایی با شرایط خاص خود دارند. فعالیت B تنها در دو روز پایانی هفته غیرفعال است و در سایر روزها فعال بوده (دارای ۵ روز شناوری مثبت). در مقابل، فعالیت C از ۶ می تا ۱۵ می به‌طور کامل غیرفعال است.

مسیر بحرانی پروژه به‌عنوان طولانی‌ترین مسیر یعنی B-D-F تشخیص داده است. در این مسیر، فعالیت‌های D و F بدون شناوری هستند، اما فعالیت B با وجود قرارگیری روی مسیر بحرانی، ۵ روز شناوری مثبت دارد.

این وضعیت نشان می‌دهد که استفاده از تقویم‌های متنوع در برنامه زمان‌بندی، می‌تواند پیچیدگی تحلیل مسیر بحرانی را افزایش دهد و حتی باعث شود برخی فعالیت‌های واقع‌شده در مسیر بحرانی دارای شناوری مثبت باشند (برخلاف تعریف سنتی). در نتیجه، باید تاکید کرد که تاخیرها در طولانی‌ترین مسیر باید با دقت بررسی شوند. با این حال، نکته کلیدی آن است که همه تاخیرهای رخ داده در این مسیر لزوماً منجر به تاخیر در کل پروژه نمی‌شوند.

جمع‌بندی تحلیل روش مسیر بحرانی در مدیریت پروژه‌های صنعت ساخت

Longest Path و Driven Path ابزارهای قدرتمندی برای مدیریت زمان در پروژه‌های صنعت ساخت هستند. این ابزارها به مدیران پروژه امکان می‌دهند تا فعالیت‌های حساس را شناسایی کنند، منابع را بهینه تخصیص دهند و ریسک‌های زمانی را کاهش دهند. با این حال، قیود نرم و سخت و تقویم‌های پروژه می‌توانند این مسیرها را تغییر دهند و چالش‌هایی را به همراه داشته باشند (در صورت علاقه به مطالعه بیشتر در این حوزه می‌توانید به مقاله [نقشه راه تبدیل شدن به متخصص برنامه‌ریزی و کنترل پروژه](#) مراجعه کنید).

برای موفقیت در مدیریت مسیر بحرانی، توصیه‌های زیر ارائه می‌شود:

- از نرم‌افزارهای پیشرفته مانند Primavera P6 برای شناسایی دقیق Longest Path و Driven Path استفاده شود.
- قید سخت به حداقل برسند و تنها در موارد ضروری (مانند الزامات قراردادی) اعمال شوند.
- تقویم‌ها به‌صورت یکپارچه مدیریت شوند و از تقویم‌های متعدد تنها در صورت لزوم استفاده شود.
- تمام تاخیرات روی مسیر بحرانی (بلندترین مسیر) باید رصد شوند.
- بدانیم تمام تاخیرات که روی فعالیت‌های مسیر بحرانی (بلندترین مسیر) رخ می‌دهند لزوماً منجر به تاخیر کل پروژه نمی‌شوند.

در این مقاله به سؤالات زیر پاسخ داده شده است

۱. آیا فعالیت‌های بحرانی می‌توانند دارای شناوری مثبت باشند؟
۲. قیود نرم و سخت چگونه بر مسیر بحرانی و شناوری فعالیت‌ها تاثیر می‌گذارند؟
۳. تقویم‌های پروژه چگونه می‌توانند مسیر بحرانی و شناوری را تغییر دهند و چگونه باید مدیریت شوند؟

جایگاه این مبانی در موسسه ACEMI

در نقشه راه جامع مدیریت ساخت موسسه مهندسی و مدیریت ساخت علوی پور، در سطح مهارت‌های سخت دوره‌ای با عنوان [فرایند یکپارچه برنامه‌ریزی، زمان‌بندی، ارزیابی و کنترل پروژه](#) ارائه شده است که به‌صورت کامل و کاربردی فرایندهای برنامه‌ریزی، بررسی و کنترل پروژه آموزش داده خواهد شد. علاوه بر این دوره، دوره‌های نرم‌افزاری نیز از جمله [آموزش نرم‌افزار Microsoft Project در مدیریت پروژه](#) و [آموزش نرم‌افزار Primavera P6 در مدیریت پروژه](#) برای متخصصان برنامه‌ریزی و زمان‌بندی در نقشه راه موسسه در نظر گرفته شده است. همچنین به جهت آشنایی با سایر دوره‌ها و تاریخ برگزاری آن‌ها می‌توانید به بخش [تقویم آموزشی موسسه مهندسی و مدیریت ساخت علوی پور](#) مراجعه نمایید.

dralavipour.com



برای دریافت مقالات بیشتر در خبرنامه موسسه ACEMI عضو شوید.

با ما همراه باشید			
موسسه مهندسی و مدیریت ساخت علوی پور			
+۹۸ ۲۱ ۴۶ ۱۰۰ ۴۴۵			+۹۸ ۲۱ ۴۶ ۱۰۰ ۴۵۰
	info@dralavipour.com	ACEMI	
	ACEMI_social	Alavipour_pm	
	ACEMI_channel	Alavipour_pm	

