

معرفی روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (Analytical Hierarchy Process, AHP) برای انتخاب دیوار مناسب

محمد رضا تابش پور

هیأت علمی، دانشگاه صنعتی شریف

tabeshpour@sharif.edu

چکیده:

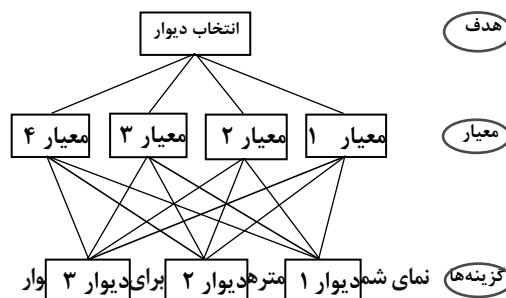
با توجه به تنوع دیوارهای موجود و تعدد معیارهای انتخاب دیوار مناسب، لازم است که روش‌های کلاسیک موجود در فرآیندهای تصمیم‌گیری چندمعیاره وارد ادبیات مهندسان ساختمان شود تا بتوانند بر اساس برآوردن خواسته‌های کارفرما نسبت به انتخاب مناسب‌ترین دیوار از بین گزینه‌های موجود اقدام کنند. البته این فرآیند مستلزم وجود اطلاعات درست و مستند از خصوصیات انواع دیوارها می‌باشد تا منجر به تصمیم نهایی درست گردد.

یکی از روش‌های بسیار قدرتمند و متداول در تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره روش تحلیل فرآیند سلسله‌مراتبی (Analytical Hierarchy Process, AHP) است. در این مقاله به اختصار، استفاده از این روش برای انتخاب مناسب‌ترین دیوار از بین گزینه‌های موجود بر اساس معیارهای متعدد مربوط به دیوار، ارائه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: AHP، انتخاب دیوار مناسب

۱. مقدمه

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی یا AHP یکی از معروف‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که اولین بار توسط توماس ال ساعتی عراقی‌الاصل در دهه ۱۹۷۰ ابداع شد. این روش هنگامی که تصمیم‌گیری با چند گزینه رقیب و چندین معیار تصمیم‌گیری روبرو است می‌تواند استفاده شود. در شکل. نمای شماتیک پارامترهای AHP برای انتخاب دیوار نشان داده شده است.



۲. پرسش‌نامه مقایسه (خبره)

پرسش‌نامه خبره بسیار ساده است. برای تهیه پرسش‌نامه خبره از مقایسه زوجی (دو به دو) گزینه‌ها استفاده می‌شود. برای هر سطح از سلسله مراتب یک پرسش‌نامه خبره تهیه می‌شود. برای امتیازدهی از مقیاس نه درجه ساعتی مطابق جدول ۱ استفاده می‌شود. معمولاً از طیف پنج نقطه مطابق جدول ۲ برای مقایسه استفاده می‌شود. با استفاده از این مقیاس تصمیم‌گیرندگان، هر یک از گزینه‌ها را براساس هر یک از عوامل به‌صورت زوجی مقایسه می‌کنند.

جدول ۲. نمرات کمی برای توصیفات کیفی

ترجیح یکسان	کمی بهتر	بهتر	خیلی بهتر	کاملاً بهتر
۱	۳	۵	۷	۹

۳. تعیین وزن معیارها

سطح اول سلسله‌مراتب را معیارهای اصلی تشکیل می‌دهد. پرسش‌نامه خبره نخست با مقایسه زوجی معیارهای اصلی براساس هدف به تعیین اولویت هر یک از معیارهای اصلی می‌پردازد. بنابراین باید معیارها را براساس هدف دوبه‌دو با هم مقایسه کنیم.

۴. کاربرد AHP در انتخاب دیوار مناسب

ابتدا باید فهرست کاملی از انواع دیوارها تهیه شود. به عنوان فهرست تعدادی از انواع دیوار در جدول ۳ آورده شده است. معیارهای مهم در انتخاب دیوارها نیز در جدول ۴ نشان داده شده است. نکته مهم این است که باید بر اساس تجربیات و داده‌های آزمایشگاهی موجود، مطابق جدول ۵، ماتریس نمرات نسبی تدوین شود. توجه شود که تدوین این ماتریس کار زمان‌بری بوده و ممکن است این ماتریس از یک گروه تصمیم‌گیر تا یک گروه دیگر، تفاوت‌هایی داشته باشد. سپس برای هر معیار جدولی مشابه جدول ۶ تهیه و پر شود. ممکن این جدول توسط چند کارشناس پر شود و وزن تصمیم کارشناسان نیز متفاوت باشد.

جدول ۱. توصیف مقایسه‌ها

ارزش	وضعیت مقایسه نسبت به z	توضیح
۱	ترجیح یکسان Equally Preferred	شاخص z نسبت به z اهمیت برابر دارد و یا ارجحیتی نسبت به هم ندارند.
۳	کمی مرجح Moderately Preferred	گزینه یا شاخص z نسبت به z کمی مهم‌تر است.
۵	خیلی مرجح Strongly Preferred	گزینه یا شاخص z نسبت به z مهم‌تر است.
۷	خیلی زیاد مرجح Very strongly Preferred	گزینه z دارای ارجحیت خیلی بیشتری از z است.
۹	کاملاً مرجح Extremely Preferred	گزینه z از z مطلقاً مهم‌تر و قابل مقایسه با z نیست.
۴-۶-۲	بینابین	ارزش‌های بینابین را نشان می‌دهد. مثلاً ۸، بیانگر اهمیتی زیادتر از ۷ و پایین‌تر از ۹ برای z است.

جدول ۳. انواع دیوار

بلوک گچی	تیغه مسلح	پانل‌های بتنی	دیوار خشک	ایزی وال	بلوک سبک سیمانی	لیکا	3Dپانل	بلوک سیمانی مجوف	بلوک سفالی	آجر فشاری
----------	-----------	---------------	-----------	----------	-----------------	------	--------	------------------	------------	-----------

جدول ۴. معیارهای انتخاب

۱	مقاومت در برابر زلزله	۲	سبک بودن	۳	سرعت اجرا	۴	قیمت تمام شده (قیمت خام+هزینه اجرا)	۵	میخ پذیری	۶	مقاومت در برابر آتش	۷	مقاومت در برابر صوت	۸	عایق حرارت (کاهش مصرف انرژی)	۹	مقاومت در برابر رطوبت	۱۰	سادگی نصب درب و پنجره	۱۱	سادگی اجرای تأسیسات (آب و برق)	۱۲	سادگی اجرای نازک‌کاری یا روکش (گچ‌کاری، رنگ یا کاغذدیواری)	۱۳	افزایش فضای مفید معماری	۱۴	کاهش نخاله و دورریز	۱۵	کاهش وزن اسکلت سازه	۱۶	سهولت اتصال مناسب به سازه
---	-----------------------	---	----------	---	-----------	---	-------------------------------------	---	-----------	---	---------------------	---	---------------------	---	------------------------------	---	-----------------------	----	-----------------------	----	--------------------------------	----	--	----	-------------------------	----	---------------------	----	---------------------	----	---------------------------

جدول ۵. ماتریس نمرات نسبی

مقاومت در برابر زلزله	سبک بودن	سرعت اجرا	قیمت تمام شده (قیمت خام+هزینه اجرا)	میخ پذیری	مقاومت در برابر آتش	مقاومت در برابر صوت	عایق حرارت (کاهش مصرف انرژی)	مقاومت در برابر رطوبت	سادگی نصب درب و پنجره	سادگی اجرای تأسیسات (آب و برق)	کاری، رنگ یا کاغذدیواری (گچ-)	سادگی اجرای نازک‌کاری یا روکش	افزایش فضای مفید معماری	کاهش نخاله و دورریز	کاهش وزن اسکلت سازه	سهولت اتصال مناسب به سازه
-	ضعیف	بسیار ضعیف	-	عالی	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	خوب	ضعیف	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	بسیار خوب	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	عالی	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	بسیار خوب	-	-	-	متوسط	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

جدول ۶. نمونه جدول برای معیار سرعت اجرا

معیار: سرعت اجرا											
بلوک گچی	تیغه مسلح	پانل‌های بتنی	دیوار خشک	ایزی وال	بلوک سبک سیمانی	لیکا	3D پانل	بلوک مجوف	سیمانی	بلوک سفالی	آجر فشاری
											آجر فشاری
											بلوک سفالی
											بلوک سیمانی مجوف
											3D پانل
											لیکا
											بلوک سبک سیمانی
											ایزی وال
											دیوار خشک
											پانل‌های بتنی
											تیغه مسلح
											بلوک گچی

۵. مثال

همان ستون بردار ویژه است. بر اساس جدول بالا معیار ۱ از بیشترین اولویت برخوردار است. معیار ۳ در اولویت دوم قرار دارد. معیار ۴ سومین معیار با اهمیت است و معیار ۲ نیز از کمترین اولویت برخوردار است.

برخی معیارها مانند وزن یا قیمت یک عدد ثابت هستند. برای این منظور مقایسه زوجی نیازی به دیدگاه کارشناسی ندارد.

۵-۱ مقایسه زوجی گزینه‌ها براساس معیارها

پس از تعیین وزن هر یک از معیارها در گام بعد باید گزینه‌ها به صورت زوجی براساس هر معیار مقایسه شوند. برای مثال مقایسه زوجی گزینه‌ها بر اساس معیار ۱ نشان داده است: گزینه ۱ در مقایسه با گزینه ۳، امتیاز ۴ می‌گیرد و گزینه ۲ در مقایسه با گزینه ۳، امتیاز ۹ می‌گیرد. همچنین گزینه ۲ در مقایسه با گزینه ۱، امتیاز ۴ کسب می‌کند. بعد از اینکه مقایسه‌ها انجام شد داده‌ها را به ماتریسی مانند زیر منتقل می‌کنند که همان ماتریس مقایسه زوجی است.

برای مثال فرض کنید بر اساس چهار معیار می‌خواهیم از بین سه دیوار، مناسب‌ترین را انتخاب کنیم.

جدول ۷. بردار ویژه برای معیارها

	معیار ۱	معیار ۲	معیار ۳	معیار ۴	بردار ویژه
معیار ۱	1	7	3	4	0.547
معیار ۲	1/7	1	1/5	1/3	0.056
معیار ۳	1/3	5	1	3	0.270
معیار ۴	1/4	3	1/3	1	0.127

معمولاً از میانگین هندسی برای ترکیب مقایسات زوجی استفاده می‌شود. بنابراین از داده‌های هر سطر میانگین هندسی می‌گیریم. وزن‌های به دست آمده نرمال نیستند. منظور از وزن نرمال آن است که جمع اوزان برابر ۱ باشد. بنابراین میانگین هندسی به دست آمده در هر سطر را بر مجموع عناصر ستون میانگین هندسی تقسیم می‌کنیم. ستون جدید که حاوی وزن نرمال شده هر معیار است را بردار ویژه یا Eigenvalue گویند. وزن نهایی هر ماتریس

جدول ۸. مقایسه گزینه‌ها برای معیار ۱

معیار ۱	گزینه ۱	گزینه ۲	گزینه ۳
گزینه ۱	1	1/4	4
گزینه ۲	4	1	9
گزینه ۳	1	1/9	1

۵-۲ محاسبه اولویت‌ها
 اکنون به سادگی با استفاده از میانگین وزن دار، دیوار مناسب را انتخاب می‌کنیم.
 امتیاز هر گزینه = مجموع حاصل ضرب اولویت آن گزینه بر اساس معیار ۱ ضرب در اولویت آن معیار:

$$(0.217 \times 0.547) + (0.188 \times 0.127) + (0.703 \times 0.270) + (0.265 \times 0.056) = 0.358$$

به همین ترتیب امتیاز گزینه ۲ مساوی 0.492 و امتیاز گزینه ۳ مساوی 0.149 است. مشخص شد که دیوار ۲ مناسب‌ترین دیوار است.

اگر قرار باشد بر اساس نظر چند کارشناس، نسبت به انتخاب مناسب‌ترین دیوار اقدام شود، می‌توان به هر کارشناس وزن دلخواهی داد و بر اساس میانگین هندسی، نسبت به انتخاب مناسب‌ترین دیوار حاصل از رأی گروهی چند کارشناس اقدام کرد.

۶. روشی ساده بدون نیاز به وزن برای هر معیار

بر اساس ایده AHP که باید توسط نرم‌افزار، کمی‌سازی شود، یک روش ساده به صورت زیر پیشنهاد می‌شود که با محاسبات دستی قابل انجام است.

گام اول: تدوین مجموعه‌ای شامل گزینه‌های مختلف دیوار (جدول ۳)

گام دوم: انتخاب معیارهای مورد نظر از میان مجموعه معیارهای موجود (جدول ۴)

گام سوم: دادن نمره بین ۰ تا ۱۰۰ به هر معیار بر اساس تصمیم کارفرما در مشاوره با مهندس مشاور

گام چهارم: محاسبه امتیاز تمام گزینه‌ها

گام پنجم: انتخاب مناسب‌ترین گزینه

گام بعدی تعیین اولویت است. برای تعیین اولویت از مفهوم نرمال سازی (Normalize) که در گام قبلی توضیح داده شد استفاده می‌شود. پس از نرمال کردن وزن هر گزینه بر اساس معیار مورد نظر بدست خواهد آمد. مقدار ویژه هر سطر: میانگین هندسی آن سطر به جمع میانگین هندسی سطرها

جدول ۹. تعیین اولویت

معیار ۱	گزینه ۱	گزینه ۲	گزینه ۳	اولویت
گزینه ۱	1	1/4	4	0.217
گزینه ۲	4	1	9	0.717
گزینه ۳	1/4	1/9	1	0.066

نرم افزار Expert Choice به سادگی این محاسبات را انجام می‌دهد. به مقادیر به دست آمده حاصل از محاسبات که ستون اولویت را تشکیل می‌دهند بردار ویژه (eigenvector) می‌گویند. همین مقایسه‌های زوجی را برای سایر معیارها انجام می‌دهیم. به این ترتیب اولویت هر فرد را بر اساس هر معیار مانند فوق محاسبه می‌کنیم. مهم همان ستون اولویت‌ها است. در نهایت به ماتریسی جدول ۱۰ مانند خواهید رسید.

جدول ۱۰. ماتریس سهم هر معیار در هر گزینه

	معیار ۱	معیار ۲	معیار ۳	معیار ۴
گزینه ۱	0.217	0.265	0.743	0.188
گزینه ۲	0.717	0.672	0.194	0.081
گزینه ۳	0.066	0.063	0.063	0.731

آنجا که فرآیند کمی کردن معیارهای کیفی، در تصمیم-گیری‌های مبتنی بر اقتصاد طرح، بسیار اهمیت دارد، این روش می‌تواند به‌عنوان یک فرآیند روتین در طیف وسیعی از پروژه‌های ساختمانی جزء کارهای مهندس مشاور قرار گیرد.

مراجع

1. fa.wikipedia.org
2. www.parsmodir.com

۳. تابش‌پور، محمدرضا؛ «قاب پرشده با دیوار آجری، دانشنامه ۷»، انتشارات فدک ایساتیس، تهران، ۱۳۹۲.

به این ترتیب نیازی نیست که اثر وزن برای معیارهای مختلف در نظر گرفته شود. زیرا کارفرما مستقیماً آن را لحاظ کرده است.

مثلاً ممکن است برای کارفرما فقط سه معیار قیمت تمام شده، سرعت اجرا و مقاومت در برابر زلزله اهمیت داشته باشد و برای هر یک ارزش‌های زیر را از ۱۰۰ قائل باشد:

قیمت تمام‌شده: ۱۰۰، سرعت اجرا: ۹۰، مقاومت در برابر زلزله: ۶۰

۷. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

روش مشهور و پرکاربرد AHP برای انتخاب دیوار مناسب از بین گزینه‌های متنوع با معیارهای مختلف ارائه شد. از