ارتفاع بهینه در ساختمان

سید رضا باب الحوائجی
عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان

چکیده :

منظور از تعیین ارتفاع بهینه ساختمان عبارت است از تعیین تعداد طبقات ساختمان با توجه به قیمت زمینی که ساختمان بر روی آن بنا می شود ، به ترتیبی که قیمت تمام شده هر متر مربع از ساختمان به حداقل برسد .

شایان ذکر است که به حداقل رساندن هزینه ساختمان از طریق کاهش زمین اختصاص یافته به هر متر مربع بنا فقط یکی از راههای تقلیل هزینه است و به حداکثر رساندن سود کل سرمایه گذاری در ساختمان مورد نظر نیست . برای به حداکثر رساندن سود لازم است تمام عوامل و متغیرهای دیگر تشکیل دهنده هزینه ساختمان جداگانه مورد امکان سنجی و بررسی اقتصادی قرار گیرند و به تناسب نوع آن عوامل ، در صورت امکان یا هزینه آنها تقلیل داده شود و یا سود به حداکثر رسانده شود تا در مجموع سود کل سرمایه گذاری ساختمان به حداکثر برسد .

بساز و بفروشهای سنتی هم که بقیه ساختمانهای با کاربریهای مسکونی یا اداری یا تجاری را می سازند، معمولاً بر اساس تجربه ای که از سرمایه گذاریهای قبلی دارند با یک حساب سر انگشتی سود حاصل را تخمین می زنند و با امید به منافع کلان کار را شروع می کنند و عوامل متعددی را که در یک اقتصاد در حال تحول وجود دارد و در هزینه ها موثر است در محاسبات خود منظور نمی دارند.

کلمات کلیدی :

بهینه سازی ، ارتفاع ساختمان ، هزینه

مقدمه

در سالهای اخیر مشاهده می شود که برای احداث برخی از ساختمانهای بزرگ ، که توسط مهندسان مشاور طراحی و به وسیله شرکتهای سازنده دارای صلاحیت فنی ساخته می شوند ، اما متاسفانه در آنها هم فقط به محاسبه نرخ بازگشت سرمایه ـ آن هم برای پروژه هایی که مشخصات آنها از پیش تعیین شده است ـ اکتفا می شود و به کاهش هزینه ساخت بر اساس موقعیت و قیمت زمین و همچنین بررسی گزینه های سازه ای مختلف در هنگام تهیه طرح و انتخاب بهترین آنها کمتر توجه می شود ؛ نقص اساسی دیگر این مطالعات عدم توجه به عامل زمان و سود سرمایه گذاری راکدی است که به قیمت زمین و ساختمان در مدت اجرا تعلق میگیرد . همین نقص این تصور همگانی را به وجود آورده که هر چه تعداد طبقات افزایش پیدا کند ، چون سهم زمین اختصاص یافته به هر متر مربع بنا کاهش پیدا می کند ، قیمت تمام شده هر متر مربع بنا نیز حتماً کاهش پیدا خواهد کرد . اما با توجه به بهره نسبتاً زیادی که فعلاً رایج است ، هر چه تعداد طبقات ساختمان بیشتر شود ، از یک طرف هزینه های ساخت به علت افزایش ارتفاع افزایش پیدا می کند و از طرف دیگر ، به علت طولانی شدن مدت ساخت ، بهره سرمایه گذاری اولیه بر روی زمین و سرمایه گذاری تدریجی در ساختمان سنگین تر می شود تا جایی که افزایش اصل و بهره سرمایه مزیت نسبی خرید تراکم و افزایش ارتفاع را خنثی می کند .

هدف اصلی از بررسی حاضر ، ضمن نشان دادن بطلان این طرز فکر رایج ، ارائه مدلی است ریاضی برای انتخاب ارتفاع متناسب با توجه به قیمت زمین ، به ترتیبی که در آن ارتفاع معین هزینه تمام شده ساختمان حداقل باشد . بدین منظور ، عواملی را که در هزینه تمام شده یک سازه موثرند می توان به عوامل ثابت و متغیر تقسیم کرد .

چون در این بررسی هدف تعیین ارتفاع بهینه بر حسب ارزش زمین است ، همان طور که قبلاً اشاره شد ، عوامل دیگری که در هزینه تمام شده ساختمان موثرند ـ از قبیل طرح معماری ، نوع مصالح به کار رفته ، تکنولوژی ساخت ـ در این مطالعه عوامل ثابت در نظر گرفته شده اند.

عوامل متغیر عبارتند از :

۱ـ بهای زمینی که سازه بر روی آن احداث می شود . زمین معمولاً در هنگام آغاز ساختمان مشخص و قیمت روز آن هم معلوم است . سرمایه گذاری برای زمین در طول مدت ساختمان راکد می ماند و به آن سودی تعلق می گیرد که باید در هزینه تمام شده ساختمان منظور شود . چنانچه L قیمت یک متر مربع زمین باشد ، با توجه به سطح اشغال بنا که معمولاً ٦٠ ٪ زمین است ، ٠/٦ /L قیمت سهم زمین یک متر مربع بنای یک طبقه و ٠/٦ n /L بهای سهم زمین یک متر مربع بنای n طبقه خواهد بود . چنانچه مدت اجرای ساختمان تا زمان فروش و برگشت سرمایه t ماه باشد ، در این صورت ارزش سهم زمین یک متر مربع بنای ساختمان n طبقه در پایان کار عبارت خواهد بود از L / n (1+i)t ، که در آن i میزان بهره سرمایه در هر ماه است .

۲ ـ هزینه ناشی از ارتفاع ساختمان که خود شامل دو قسمت است : اول) افزایش هزینه ناشی از افزایش طبقات به علت افزایش بارهای قائم ، نیروی جانبی ، هزینه آسانسور ، پله فرار ، هزینه تاسیسات آب و برق و غیره . اگر این ضریب را x و هزینه ساخت را در طبقه اول c بنامیم ، هزینه ساخت یک متر مربع بنای طبقه nام عبارت خواهد بود از :c(1+x) که در آن x=f(n) یا ضریب افزایش هزینه ناشی از ارتفاع خود تابعی از تعداد طبقات است . دوم) هزینه خرید تراکم . تراکم در سطح شهر تهران در بافت قدیم ۱۸۰٪ (سه طبقه روی زیرزمین یا پیلوت) و در بافت جدید ۱۲۰ ٪ (دو طبقه روی زیر زمین یا پیلوت) است . هزینه خرید تراکم معمولاً از طبقه دوم یا سوم به بالا تحقق پیدا می کند که در این صورت سهم هر متر مربع بنا از خرید تراکم در یک ساختمانn طبقه عبارت خواهد بود از D(n-2)/n یاD(n-3)/n که در آنD هزینه خرید یک متر مربع تراکم وn تعداد طبقات است.

۳ ـ هزینه تمام شده پول یا بهره (i) تابعی از زمان اجرا (t) است . اگر فرض کنیم که هزینه ساخت از ابتدا تا انتها در اقساط مساوی پرداخت شود ، هزینه تمام شده ساختمان در زمان فروش برابر خواهد بود با :

$$[c(1+x)+D(n-3)/n](1+i)^{t/2}$$

بدیهی است که زمان اجرا (t) نیز به نوبه خود تابعی است از تعداد طبقات و یا به عبارتی دیگر t=f(n) .

با توجه به آنچه گذشت ، رابطه هزینه ساخت بر حسب قیمت زمین برای تعداد طبقات را می توان به صورت معادله زیر بیان کرد.

$$(1+i)^t + [c(1+x) + D(n-3)/n](1+i)^{t/2}$$

B=L/0.6n که در آن B هزینه تمام شده ساختمان در روز فروش است .

برای اینکه بدانیم B در کدامین طبقه حداقل خواهد بود ، باید مشتق معادله فوق را نسبت به n مساوی صفر قرار بدهیم . بدین منظور چون t و B هر دو تابعی از n هستند ، باید در معادله فوق مقادیر آنها را بر حسب n قرار بدهیم . برای ساده کردن معادله ، ضریب x را از مطالعات جداگانه ای که توسط نگارنده انجام شده است استخراج می کنیم که در این صورت ضریب افزایش هزینه بر حسب تعداد طبقات تا طبقه بیست و چهارم به شرح جدول ۱ خواهد بود .

جدول ۱ ضریب افزایش هزینه بر حسب تعداد طبقات تا طبقه بیست و چهارم

n تعدادطبقات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۴
x درصد	0	25	6	8	19	21	24	27	30	32	35	37	40	42	44	46	49	52	55	58	62	66	74

در مورد t ، با توجه به مطالعات میدانی و تجربیات نگارنده می توان با تقریب قابل قبولی از رابطه تجربی زیر استفاده کرد : t=12+15n

که در آن t زمان اجرا بر حسب ماه و n تعداد طبقات است که چون چند طبقه اول نیاز به تجهیز کارگاه و به جریان افتادن کارها دارد ، زمان اضافی احداث ٤ طبقه اول در جدول عملاً برای هر طبقه ۲ ماه در نظر گرفته شده است در این صورت معادله هزینه تمام شده عبارت خواهد بود از :

$$B = L/0.6n(1+i)^{12+15n} + [c(1+x) + D(n-3)/n](1+i)^{12+15n/2}$$

که با دادن مدل بالا به کامپیوتر می توان با ارزش گذاری بر روی سه عامل زمین ، هزینه ساخت و خرید تراکم و در نظر گرفتن قیمت های مختلف پول ، تعداد طبقات بهینه را که در آن مجموع هزینه سه عامل فوق به حداکثر می رسد پیدا کرد .

برای روشن تر شدن موضوع و نحوی استفاده از مدل ، با ارائه یک مثال عددی ، به جای پارامترها و ضرایب مذکور عدد قرار می دهیم .

فرض می کنیم که قیمت یک متر مربع زمین ۳,۰۰۰,۰۰۰ ریال باشد که با توجه به سطح اشغال بنا ، که ٦٠٪ مساحت زمین است ، قیمت هر متر مربع زمین زیر بنا عبارت خواهد بود از :

$L = 3\times10^6 / 0.6 = s\times10^6$

قیمت یک متر مربع ساختمان در طبقه اول $c = 4\times10^5 Rls(c)$ و قیمت خرید یک متر مربع تراکم را $D = 3\times10^5 rls$ فرض می کنیم . در این صورت با قرار دادن ارقام فوق در مدل و استفاده از ضرایب یاد شده و به فرض اینکه بهره سرمایه در حد بهره معمول بانک ها ٢٤٪ در سال و یا ٢٪ در ماه باشد ، می توان جدولی به شرح جدول ٢ تشکیل داد .

برحسب ماه t=12+15n در ماه i=%2

B= کل ساختمان n= تعداد طبقات

$$B = (L/0.6n)(1+i)^t + [c(1+x) + D(n-3)/n](1+l)^{t/2}$$

L=3*10RLS

C=4*10RLS

D=3*10RLS

C : هزینه ساخت در هر متر مربع در طبقه اول X : ضریب افزایش هزینه بر حسب تعداد طبقات

T: زمان B : هزینه تمام شده ساختمان

L : قیمت هر متر مربع زمین i : بهره پول

$$L = 3\times10^6 RLS\ n = 24\ c = 4\times10^5 RLS \quad D = 3\times10^5 RLS\ i = \%2 \text{ در ماه } t = 12 + 1.5n$$

$$B = (L/0.6)(1+i)^t + [C(1\times x) + Dx(n-3)/n](1+i)^{l/2}\ X = L/0.6n(1+i)^t$$

$$B = X + Y(1+i)^{l/2}$$

$10^5 RLS$ $10^5 RLS$ $10^5 RLS$ $10^5 RLS$ $10^5 RLS$ $10^5 RLS$

$= X + Y(1+i)^{r/2}$	$Y(1+i)^{t/2}$	Y	D(n-3)/n	C(1+x)	X%	$l/0.6n(1+i)^t$	t ماه	L/0.6	n
۶۷/۹۲	۴/۵۲	۴/۰۰	———	۴/۰۰	——	۶۳/۴۰	۱۲	۵۰/۰۰	۱
۳۷/۷۱	۴/۷۱	۴/۱۰	———	۴/۱۰	۲/۵۰	۳۳/۰۰	۱۴	۲۵/۰۰	۲
۲۷/۷۶	۴/۹۶	۴/۲۴	———	۴/۲۴	۶/۰۰	۲۲/۸۰	۱۶	۱۶/۶۰	۳
۲۳/۹۶	۶/۰۶	۵/۰۷	۳/۴	۴/۳۲	۸/۰۰	۱۷/۹۰	۱۸	۱۲/۵۰	۴
۲۲/۱۷	۷/۲۷	۵/۹۶	۳×۲/۵	۴/۷۶	۱۹/۰۰	۱۴/۹۰	۱۹/۵	۱۰/۰۰	۵
۱۹/۸۱	۷/۹۱	۶/۳۶	۳×۳/۶	۴/۸۶	۲۱/۵۰	۱۲/۹۰	۲۱/۰	۸/۳۰	۶
۱۹/۲۸	۸/۲۸	۶/۶۶	۳×۷/۴	۴/۹۶	۲۴/۰۰	۱۱/۰۰	۲۲/۵	۷/۱۰	۷
۱۸/۹۱	۸/۸۱	۶/۹۵	۳×۵/۸	۵/۰۸	۲۷/۰۰	۱۰/۱۰	۲۴/۰	۶/۳۰	۸
۱۸/۴۵	۹/۲۵	۷/۲۰	۳×۶/۹	۵/۲۰	۳۰/۰۰	۹/۲۰	۲۵/۵	۵/۵۰	۹
۱۸/۱۹	۹/۶۷	۷/۳۸	۳×۷/۱۰	۵/۲۸	۳۲/۰۰	۸/۵۲	۷۰/۰	۵/۰۰	۱۰
۱۸/۱۷	۱۰/۰۷	۷/۶۰	۳×۸/۱۱	۵/۴۰	۳۵/۰۰	۸/۱۰	۲۸/۵	۴/۶	۱۱
۱۷/۹۳	۱۰/۴۰	۷/۷۳	۳×۹/۱۲	۵/۴۸	۳۷/۰۰	۷/۵۳	۳۰/۰	۴/۱۷	۱۲
۱۷/۹۴	۱۰/۷۹	۷/۹۰	۳×۱۰/۱۳	۵/۶۰	۴۰/۰۰	۷/۱۵	۳۱/۵	۳/۸۴	۱۳
۱۷/۹۵	۱۱/۱۰	۸/۰۴	۳×۱۱/۱۴	۵/۶۸	۴۲/۰۰	۶/۸۵	۳۳/۰	۳/۵۷	۱۴
۱۸/۰۶	۱۱/۴۶	۸/۱۶	۳×۱۲/۱۵	۵/۷۶	۴۴/۰۰	۶/۶۰	۳۴/۵	۳/۳۳	۱۵

به طوری که از جدول ۲ نتیجه می شود ، برای زمینی با ارزش متر مربعی ۳ میلیون ریال که در آن ساختمانی در حد استاندارد متر مربعی چهارصد هزار ریال ساخته شود و هزینه خرید تراکم از شهرداری متر مربعی سیصد هزار ریال باشد ، حداقل قیمت تمام شده یک متر مربع در طبقه دوازدهم تا پانزدهم ، در حدود متر مربعی ۱,۷۹۳,۰۰۰ ریال است . بنابراین ، در این شرایط ، ارتفاع بهینه برای

ساختمان دوازده تا پانزده طبقه و هزینه تمام شده برای ساختمان کمتر یا بیشتر از ۱۲ طبقه بیشتر از ۰۰۰ ,۱,۷۹۰ ریال خواهد بود .

بدیهی است که می توان مدل فوق را برای زمین ها ، ساختمان ها ، و تراکم های با بهای متفاوت مورد استفاده قرار داد که در آن صورت مسلماً ارتفاع های بهینه دیگری به دست خواهد آمد . برای بهتر نشان دادن نتایج حاصل از مدل ، جدول ۲ را به صورت منحنی رسم می کنیم . به طوری که در منحنی نیز ملاحظه می شود ، هزینه تمام شده ساختمان در طبقه ۱۲ دارای مقدار مینیمم (کمینه) و جهت منحنی در طرفین این طبقه سعودی است .

منابع

۱ ـ برای اطلاع از خلاصه این مطالعات ، ن ک : منوچهر وحیدی ، ″ تاثیر افزایش ارتفاع در هزینه احداث بنا و کاربری زمینهای شهری ، ″ آبادی ، سال دوم ، شماره هفتم ، زمستان ۱۳۷۱ .