

## برآورد هزینه خودروی پرنده در مرحله طراحی و بررسی تاثیر پارامترهای مختلف بر آن

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۵

کد مقاله: ۴۵۱۷۱

عرفان انسانیان\*، محمد امین فرهمندفر<sup>۲</sup>

### چکیده

تخمین هزینه خودروی پرنده و ساخت آن به مانند طراحی هواپیما و بالگرد، گام مهمی در طراحی این قبیل ماشین‌ها است که گاهی در برخی موارد در تاریخ صنعت هوانوردی به دلیل عدم اهمیت به این قبیل محاسبات طرح دچار فراموشی و شکست گردیده است. دیگر اهمیت بررسی این روابط در ابتدای امر طراحی، مشاهده و دید نسبت به قیمت تمام شده وسیله بوده که سهم شایانی در بازاریابی این طرح و فروش آن خواهد داشت و در صورتی که دیدی نسبت به آن وجود نداشته باشد طرح محکوم به شکست خواهد بود. در پژوهش حاضر با الگو برداری از کتاب راسکام که از پیشگامان عرصه طراحی هواپیما می باشد به ایجاد روابط محاسبه هزینه برای صنعت طراحی خودروی پرنده متناسب با مسائل و پارامترهای مد نظر در این صنعت پرداخته شده است. سپس برای بررسی روابط ارائه شده نمونه ای از طرح های در حال اجرا مورد ارزیابی قرار گرفته و هزینه طراحی و ساخت مورد بررسی قرار گرفته است. لازم به ذکر است این نمونه مورد ساخت واقع گردیده و هزینه ها با مقدار واقعی مورد ارزیابی واقع شده و نتایج حاصله نشان دهنده تطابق مناسب فرمول ارائه شده با مقادیر واقعی در این صنعت می باشد.

واژگان کلیدی: هواپیما، بالگرد، راسکام، خودروی پرنده

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مجتمع دانشگاهی هوافضا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، erfannerfan@aut.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، مجتمع دانشگاهی هوافضا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

## ۱- مقدمه

صنعت هوانوردی یکی از صنایع استراتژیک از نظر فناوری، اقتصادی، فنی، سیاسی و فرهنگی در هر کشوری است و توسعه این صنعت در کشور مستلزم برنامه ریزی بلند مدت در تمامی ابعاد از جمله تحقیق و توسعه، ساخت، تعمیر و نگهداری وسایل پرنده می باشد که زیر بنای آن نیز تبیین چشم اندازهای آینده است (اخوان، ۲۰۰۴: ۳۸-۴۳). انتقال فناوری از راهکارهای بنیادین توسعه صنعتی است و از این رو به عنوان یک ضرورت، مورد استفاده حوزه های مختلف تخصصی است. عرصه هوایی نیز طی سالیان اخیر از این مقوله مستثنی نبوده و گام های مثبتی نیز در این زمینه برداشته شده است (فلاح، ۲۰۰۵: ۴۵-۵۳). در فرایند طراحی ماشین های هوایی به خصوص هواپیما و خودروی پرنده، حین ارائه محاسبات طراحی مقدماتی ارائه حد مجاز تخمین هزینه به سرپرست تیم های طراحی به منظور ادامه روند تکامل طراحی نهایی از مهمترین پروتکل های طراحی می باشد. هزینه ذکر شده به بخش های کلی هزینه های طراحی مهندسی، تست های لابراتواری و سیستم ها، ساخت نمونه های اولیه (پروتوتایپ) که وابسته به قیمت متریال و سامانه ها خواهد بود، هزینه تست های پروازی و کنترل کیفیت تقسیم می گردند. این موارد هزینه هایی است که یک پروژه تا مرحله دریافت گواهی در شرایط عادی طی خواهد نمود.

(لیورمور، ۱۹۴۰) طی یک تحقیق به بررسی تاثیر و ارتباط پارامترهای زمانی بر هزینه پرداخته شده است. طی این پژوهش تجارت این ارتباط و روش های بررسی زمان-هزینه ارائه گردیده است. در پژوهش دیگر (ون بودگراون، ۱۹۹۰) به بررسی هزینه های مستقیم عملیاتی سازی هواپیما ها پرداخته است که در آن هواپیمای بویینگ مورد بررسی واقع گردیده و این پژوهش سرلوحه خیلی از صنایع بزرگ قرار گرفته است. (تیشچنکو و همکاران، ۲۰۰۳: ۷۱-۷۹) طی پروژه ای به بررسی فرایند محور طراحی بالگرد ترابری پرداختند که از جمله گام های طراحی، بخشی به ارائه محاسبات هزینه و فرمولاسیون مورد نیاز آن پرداخته شده است. (لی و همکاران، ۲۰۱۳: ۳۰۹-۳۱۴) در کره به بررسی تخمین هزینه در طراحی بالگرد با رویکرد ساخت محور پرداختند که از عملیات های صورت گرفته در این پژوهش می توان به استفاده از فرمول های تجربی متداول داده کاوی آماری در این پژوهش اشاره کرد. (زارع و همکاران ۲۰۱۱) ضمن بررسی تاریخچه و روند طراحی در صنعت هوایی به تبیین مفهوم هزینه و جایگاه آن در این پروسه پرداخته و این مفهوم مهندسی را به عنوان رکنی اساسی در دنیای طراحی مدرن مطرح کردند. در گام بعدی منحنی یادگیری که تعیین کننده هزینه ساخت در خط تولید است ارائه شده است. (هریس و همکاران، ۱۹۹۷) در عنوانی جالب (هزینه سنگین بالگرد ها) به بررسی هزینه ها و جایگاه آن در صنعت هوایی، شاخه بالگرد ها پرداختند. (علی شهریاری و همکاران، ۲۰۲۲) در پژوهش خود انواع مدل ها و روش های تخمین هزینه هواپیما های کوچک با توجه به اهمیت آن برای دانش بنیان ها بررسی کردند. (پاسکوال و همکاران، ۲۰۱۹) در تحقیقی با موضوع مدلسازی هزینه های هواپیما، تغییرات هزینه برای پیکربندی های مختلف و اثر ویژگی های مختلف طراحی بر هزینه تولید هواپیما را بررسی کردند.

## ۲- روابط ریاضی

در این مقاله از کتاب راسکم برای محاسبه هزینه اولیه تولید استفاده شده است (راسکم، ۱۹۸۵). با توجه به معادله (۱) راسکم در کتاب خود هزینه اولیه تولید را به شش قسمت تقسیم کرده است که برای محاسبه این هزینه ابتدا هزینه هر یک از این قسمتها محاسبه شده و در نهایت با هم جمع می شوند.

$$C_{RDTE} = C_{aed} + C_{dst} + C_{fta} + C_{fto} + C_{tsf} + C_{pro} \quad (1)$$

هر یک از این هزینه ها به شرح زیر تعریف می شود:

$C_{aed}$ : هزینه طراحی مهندسی هواپیما	$C_{fta}$ : هزینه تست پرواز
$C_{dst}$ : هزینه پشتیبانی توسعه و آزمایش	$C_{fto}$ : هزینه عملیاتی تست پرواز
	$C_{tsf}$ : هزینه امکانات تست و شبیه سازی
	$C_{pro}$ : سود طراحی

### ۱-۱- هزینه طراحی مهندسی هواپیما

این هزینه که شامل برنامه ریزی، طراحی مفهومی و مطالعات هزینه های مرتبط، طراحی اولیه و مطالعات یکپارچه سازی سیستم (شامل هرگونه مطالعات هزینه مرتبط)، مهندسی مدل های تونل باد، ماکت ها تست های موتور، طراحی مدل های تونل باد و ماکت، طراحی و ساخت امکانات تست اختصاصی، انجام تست های توسعه و تست های استاتیکی شامل تست های سیستم، طراحی جزییات و توسعه می شود بر حسب نفر ساعت کل محاسبه می شود.

$$C_{aed} = MHR_{aed} * Re \quad (2)$$

در معادله (۲)،  $Re$  نرخ دستمزد دلاری برای یک ساعت کار طراحی طراح هواپیما است.  $MHR_{aed}$  نیز میزان نفر ساعت مورد نیاز برای طراحی مهندسی است که بصورت زیر محاسبه می شود:

$$MHR_{aed} = 0.0396(W_{ampr})^{0.791} * (V_{max})^{1.526} * (N_{RDTE})^{0.183} * F_{diff} * F_{cad} * F_{tech} \quad (۳)$$

در معادله (۳)  $N_{RDTE}$  تعداد هواپیمای پرتوتایپ برای تست های پرواز،  $F_{diff}$  سختی طراحی،  $F_{cad}$  میزان تسلط بر نرم افزار های طراحی،  $F_{tech}$  میزان فناوری و تکنولوژی و  $V_{max}$  حداکثر سرعت است. همچنین  $W_{ampr}$  وزن سازه و لوله ها، داکت ها، کابل ها، سیم ها و اتصالات سامانه ها به سازه به جز موتور و سامانه های سیستم ها است. این وزن بصورت زیر محاسبه می شود:

$$W_{ampr} = invlog\{0.1936 + 0.8645(\log W_{TO})\} \quad (۴)$$

در معادله (۴)،  $W_{TO}$  وزن برخاست هواپیما است. حداکثر سرعت نیز از معادله زیر بدست می آید:

$$V_{max} = \frac{V_c}{1.853} * \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{0.5} \quad (۵)$$

در معادله (۵)،  $V_c$  سرعت طراحی کروز (km/h)،  $\rho$  چگالی هوا در ارتفاع ۹۰۰۰ فوت ( $slug/ft^3$ ) و  $\rho_0$  چگالی هوا در سطح دریا است.

## ۲-۲- هزینه پشتیبانی توسعه و آزمایش

این هزینه شامل تست تونل باد، تست سیستم، تست سازه، تست نیروی محرکه و شبیه سازی برای تست پشتیبانی توسعه است.

$$C_{dst} = 0.008325(W_{ampr})^{0.873} * (V_{max})^{1.89} * (N_{RDTE})^{0.346} * F_{diff} * CEF_{1970} \quad (۶)$$

در معادله (۶)،  $CEF_{1970}$  ضریب افزایش ارزش دلار نسبت به سال ۱۹۷۰ است که طبق بانک جهانی امروزه این عدد ۷ است.

## ۲-۳- هزینه تست پرواز

با توجه به معادله (۷) این هزینه از ۶ قسمت تشکیل می شود:

$$C_{fta} = C_e + C_a + C_{man} + C_{mat} + C_{tool} + C_{qc} \quad (۷)$$

هر یک از این هزینه ها به شرح زیر تعریف می شود:

$C_e$ : هزینه موتور	$C_{mat}$ : هزینه مواد ساخت
$C_a$ : هزینه سامانه های اویونیکس	$C_{tool}$ : هزینه ابزار ساخت
$C_{man}$ : هزینه نیروی کار ساخت	$C_{qc}$ : هزینه کنترل کیفیت

## ۲-۳-۱- هزینه موتور

با حاصل ضرب قیمت یک موتور در تعداد موتورهای استفاده شده در هواپیما در تعداد خودروهای پرنده که برای آزمایش پرواز استفاده می شوند محاسبه می شود:

$$(N_{RDTE} - N_{st}) * C_E * N \quad (۸)$$

در معادله (۸)،  $C_E$  هزینه به ازای یک موتور،  $N_{st}$  تعداد خودروهای پرنده برای تست استاتیک و  $N$  تعداد موتور استفاده شده در هر خودروی پرنده است.

## ۲-۳-۲- هزینه سامانه های اویونیکس

$$C_a = (invlog\{3.3191 + 0.8043(\log W_{TO})\}) * (N_{RDTE} - N_{st}) * CEF_{1989} * 0.15 \quad (۹)$$

## ۲-۳-۳- هزینه نیروی کار ساخت:

این هزینه بر حسب نفر ساعت محاسبه می شود:

$$C_{man} = MHR_{man} * R_m \quad (۱۰)$$

در معادله (۱۰)،  $R_m$  نرخ دستمزد یک ساعت نیروی کار ساخت بر حسب دلار است.  $MHR_{man}$  بصورت زیر محاسبه می شود:

$$MHR_{man} = 28.984(W_{ampr})^{0.74} * (V_{max})^{0.543} * (N_{RDTE})^{0.524} * F_{diff} \quad (۱۱)$$

## ۲-۳-۴- هزینه مواد ساخت

$$C_{mat} = 37.632(W_{ampr})^{0.689} * (V_{max})^{0.624} * (N_{RDTE})^{0.792} * F_{mat} * CEF_{1970} \quad (۱۲)$$

در معادله (۱۲)،  $F_{mat}$  یک ضریب اصلاحی است که به جنس مواد استفاده شده در ساخت خودروی پرنده بستگی دارد.

### ۲-۳-۵- هزینه ابزار ساخت

این هزینه نیز مانند هزینه نیروی کار ساخت بر حسب نفر ساعت محاسبه می شود.

$$C_{tool} = MHR_{tool} * R_t \quad (13)$$

در معادله (۱۰)،  $R_t$  نرخ دستمزد یک ساعت نیروی ساخت ابزار بر حسب دلار است.  $MHR_{tool}$  بصورت زیر محاسبه می شود:

$$MHR_{tool} = 4.0127(W_{ampr})^{0.764} * (V_{max})^{0.899} * (N_{RDTE})^{0.178} * (N_r)^{0.066} * F_{diff} \quad (14)$$

در معادله (۱۴)،  $N_r$  نرخ ساخت هواپیما در ماه است.

### ۲-۳-۶- هزینه کنترل کیفیت:

این هزینه را می توان بصورت زیر در نظر گرفت:

$$C_{qc} = 0.13 * C_{man} \quad (15)$$

### ۲-۴- هزینه عملیاتی تست پرواز

این هزینه شامل تست های پرواز خودروی پرنده و شبیه سازی مرتبط با تست پرواز است و بصورت زیر بدست می آید:

$$C_{fto} = 0.001244(W_{ampr})^{1.16} * (V_{max})^{1.371} * (N_{RDTE} - N_{st})^{1.281} * F_{diff} * F_{obs} \quad (16)$$

\*  $CEF_{1970}$

در معادله (۱۶)،  $F_{obs}$  ضریبی است که به اهمیت قابل رویت بودن کمتر بستگی دارد.

### ۲-۵- هزینه امکانات تست و شبیه سازی

$$C_{tsf} = F_{tsf} * C_{RDTE} \quad (17)$$

در معادله (۱۷)،  $F_{tsf}$  یک ضریب تعدیل کننده هزینه است که به شرایط و نظر تیم طراحی بستگی دارد.

### ۲-۶- سود طراحی

$$C_{pro} = F_{pro} * C_{RDTE} \quad (18)$$

در معادله (۱۸)،  $F_{pro}$  میزان سود مد نظر از طراحی است.

### ۳- نمونه عددی

با توجه به تعریف، خودروی پرنده وسیله ای است که بتوان از آن به عنوان خودرو و همچنین وسیله پرنده استفاده کرد. در این مقاله، خودروی پرنده پاپ آپ شرکت ایرباس به دلیل انطباق زیاد آن با این تعریف، به عنوان نمونه ای برای محاسبه هزینه تولید انتخاب شده است. ویژگی های آن در جدول شماره ۱ آمده است.

جدول ۱- ویژگی های خودروی پرنده پاپ آپ ایرباس

	SI	انگلیسی
$W_{TO}$	600 kg	1322.8 lb
Structure weight	200 kg	661.39 lb
$V_C$	150 km/h	136.7 ft/s

طبق معادله (۲) و  $W_{TO}$  از جدول ۱،  $W_{ampr}$  ۷۸۰ lb بدست می آید. همچنین از معادله (۵) و  $V_C$  از جدول ۱،  $V_{max}$ ، KEAS ۷۱،۴۸ بدست می آید. با در نظر گرفتن میانگین سطح فناوری، افراد با مهارت متوسط در طراحی با نرم افزار و کتاب راسکم، ضرایب در معادلات (۲) تا (۱۸) مطابق جدول شماره ۲ در نظر گرفته می شود:

جدول ۲- ضرایب مورد استفاده در معادلات

$N_r$	۰٫۳	$\rho$	۰٫۰۰۱۸۵۴
$N_{st}$	۱	$\rho_0$	۰٫۰۰۲۳۲۸
$F_{obs}$	۱	$N_{RDTE}$	۴
$F_{tsf}$	۰٫۰۳	$F_{cad}$	۱
$F_{pro}$	۰٫۱	$F_{diff}$	۱٫۵
$R_e$	\$۵۰	$CEF_{1989}$	۲٫۲۶
$R_t$	\$۴۳	$CEF_{1970}$	۷
$R_m$	\$۴۴	$F_{mat}$	۱
		$F_{tech}$	۲

با جایگذاری ضرایب و مقادیر از جداول ۱ و ۲ در معادلات (۲) تا (۱۸)، هزینه بخش های مختلف تولید اولیه مطابق جدول ۳ بدست می آید:

جدول ۳- هزینه قسمت های مختلف تولید اولیه

هزینه (میلیون دلار)	هزینه (میلیون دلار)	هزینه (میلیون دلار)	هزینه (میلیون دلار)
$C_{aed}$	۱,۰۰۲	$C_{mat}$	۱,۱۱۵
$C_{dst}$	۰,۱۵۱	$C_{tool}$	۲,۳۰۲
$C_e$	۰,۰۱۴	$C_{qc}$	۰,۷۲۱
$C_a$	۰,۶۸۷	$C_{fto}$	۰,۰۴۲
$C_{man}$	۵,۵۴۸	$C_{tsf}$	۰,۳۹۹
		$C_{pro}$	۱,۳۳۱

در نهایت با توجه به معادله (۱)، با جمع هزینه های قسمت های مختلف از جدول شماره ۳، کل هزینه تولید اولیه ۱۳,۳۱۵ میلیون دلار بدست می آید.

#### ۴- تحلیل حساسیت

سطح فناوری و مهارت ساخت یکی از پارامترهای تاثیرگذار در میزان زمان و البته هزینه ساخت یک دستگاه است. این پارامتر به عنوان ضریب فناوری ( $F_{tech}$ ) تعریف می شود. این ضریب در محاسبه هزینه مهندسی و طراحی ( $C_{aed}$ ) در نظر گرفته می شود. این ضریب بین اعداد ۱ تا ۳ تعریف شده است بطوری که هر چه سطح فناوری یک کشور بالاتر باشد این ضریب کمتر خواهد بود. در جدول شماره ۴، تاثیر این ضریب بر هزینه مهندسی و طراحی و در نهایت هزینه تولید اولیه کل آورده شده است.

جدول ۴- تاثیر ضریب فناوری بر هزینه تولید

$C_{RDTE}$ (million \$)	$C_{aed}$ (million \$)	$F_{tech}$
۱۲,۷۳۸	۰,۵۰۱	۱
۱۳,۳۱۵	۱,۰۰۲	۲
۱۳,۸۹۱	۱,۵۰۳	۳

همانطور که در جدول ۴ نشان داده شده است، با افزایش یه واحد در ضریب فناوری، هزینه کل تولید اولیه حدود ۴,۵ درصد افزایش می یابد که مقدار قابل توجهی است.

#### ۵- تاثیر پارامترها بر هزینه کل

هزینه تولید اولیه به متغیرهای مختلفی بستگی دارد و هرگونه تغییر در این متغیرها می تواند بر هزینه نهایی تولید تاثیر بگذارد. این مقاله تاثیر ۷ پارامتر ( $F_{pro}, F_{tech}, F_{cad}, F_{diff}, R_e, R_m, R_t$ ) را درمیزان هزینه تولید اولیه بررسی کرده است. برای این منظور هزینه تولید اولیه برای حداکثر و حداقل مقادیر ۴ پارامتر ( $F_{pro}, F_{tech}, F_{cad}, F_{diff}$ ) محاسبه و مقادیر و اثرات آن در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵- هزینه تولید اولیه برای حداکثر و حداقل ( $F_{pro}, F_{tech}, F_{cad}, F_{diff}$ )

تغییرات	حداکثر هزینه (میلیون دلار)	حداقل هزینه (میلیون دلار)	پارامتر
۸,۹٪	۱۲,۳۸۹	۱۱,۲۸۴	$F_{tech}$
۳,۷٪	۱۱,۹۸۷	۱۱,۵۸۵	$F_{cad}$
۸۴,۹٪	۱۵,۳۰۰	۸,۲۷۳	$F_{diff}$
۱۹,۵٪	۱۳,۳۱۷	۱۱,۱۴۶	$F_{pro}$

همانطور که در جدول ۵ مشاهده می شود، سطح مهارت در استفاده از نرم افزار کمترین تاثیر را دارد، در حالی که تجربه کشور در صنعت هوانوردی بیشترین تاثیر را در مقدار هزینه تولید اولیه دارد. برای بررسی تاثیر سطوح دستمزد بر هزینه های تولید، با در نظر گرفتن مقادیر دستمزد متفاوت در کشور های مختلف، حداقل و حداکثر دستمزد ۲۰ و ۷۰ دلار در نظر گرفته شده است. هزینه های تولید بر اساس این مقادیر محاسبه شده است و مقادیر مربوطه و اثرات آن ها در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶- هزینه تولید اولیه برای حداکثر و حداقل دستمزد ۲۰ و ۷۰ دلار

تغییرات	حداکثر هزینه (میلیون دلار)	حداقل هزینه (میلیون دلار)	پارامتر
۸,۹٪	۱۲,۱۸۸	۱۱,۱۸۳	$R_e$
۲۷,۱۴٪	۱۳,۳۲۲	۱۰,۴۷۸	$R_t$
۹۷,۳۷٪	۱۵,۸۵۳	۸,۰۳۲	$R_m$

همانطور که در جدول ۶ مشخص است، تغییرات دستمزد در بخش طراحی کمترین تاثیر را بر هزینه تولید دارد، در حالی که تغییرات دستمزد در بخش تولید بیشترین تاثیر را بر هزینه تولید دارد.

## ۶- بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از روابط توسعه یافته و پروژه موجود در صنعت کشور می توان به این نکته اشاره کرد که روابط ارائه شده با نتایج تجربی رخ داده مطابقت دارد. همانطور که در روابط فوق مشخص است، پارامترهای مختلفی برای برآورد هزینه در صنایع و شرکت ها مهم هستند. یکی از این پارامترها که در روش های طراحی مانند راسکم و غیره مغفول مانده است، سطح فناوری ساخت و تولید است که در هر کشوری بر اساس تجربیات آن کشور، صنایع بالادستی، فعالیت نخبگان، پروژه های جاری و سطوح فناوری صنعتی انحصاری آن کشور متفاوت خواهد بود. هر چه یک کشور فناوری در دسترس بیشتری داشته باشد، به دلیل کاهش زمان صرف شده برای غلبه بر چالش ها، زمان طراحی و ارائه محصول کاهش می یابد و به همین ترتیب هزینه ها نیز کاهش می یابد. همچنین با توجه به تاثیر قابل توجه ضریب سختی، می توان نتیجه گرفت که هزینه تولید در کشور های با تجربه محدود در صنعت هوانوردی بسیار بالاتر از سایر کشورهاست. با این حال، با افزایش فناوری موجود در یک کشور، دستمزد تولید نیز افزایش می یابد. همچنین به دلیل تاثیر قابل توجه دستمزد تولید بر روی هزینه های تولید، دستمزد تولید باید با ضریب سختی متعادل شود. علاوه بر این، با توجه به فرایند و تحلیل انجام شده می توان نتیجه گرفت که رابطه ارائه شده با داده های تولیدکنندگان و صنایع بالادستی در طراحی خودروی پرنده و حتی هواپیما با روابط ارائه شده توسط راسکم تطابق بهتری داشته و نزدیک تر نشان می دهد. شایان ذکر است که فرایند موجود برای برخی از محصولات از جمله پهپاد های بدون سرنشین نیز براساس برآورد های مهندسی و اعتبارسنجی بر اساس داده های آماری سایر محصولات است، اما در این تحقیق با توجه به در دسترس بودن اطلاعات، خودروی پرنده مورد بررسی قرار گرفته است.

## منابع

1. Akhavan, A. N., "Long-term Programs Planning of State Aircraft Industries Development", Quarterly Journal of Industrial Technology Development, Vol. 2, No. 4, 2004, pp. 38-43. (In Persian)
2. Fallah, A., "The transfer of Aircraft Industries Technology in the Third decade of Revolution", Quarterly Journal of Industrial Technology Development, Vol. 3, No. 7, 2005, pp. 45-53. (In Persian)
3. Livermore, J. L. (1940). How to trade in stocks: The livermore formula for combining time element and price. Laurus-Lexecon Kft.
4. Van Bodegraven, G. (1990). Commercial aircraft DOC methods. Aircraft Design, Systems and Operations Conference.
5. Tishchenko, M. N., Nagaraj, V. T., & Chopra, I. (2003). Preliminary design of transport helicopters. Journal of the American Helicopter Society, 48(2), 71-79.
6. Lee, C.-Y., Ko, K.-H., Jung, S.-N., & Yu, Y.-H. (2010). Preliminary design and cost estimation of helicopters. Journal of the Korean Society for Aeronautical & Space Sciences, 38(4), 309-314.
7. Zare, H., Darabi, H., Ebrahimi, M. and Roshaniyan, J., "A Review of Cost Engineering Engineering Concepts and Its Application in Optimizing Multidisciplinary Design", 10th International Conference of Iranian Aerospace Society, Tarbiat Modares University, Tehran, 2011. (In Persian)
8. Harris, F. D., and Scully, M. P., "Helicopters Cost Too Much," American Helicopter Society 53rd Annual Forum Proceedings, Virginia Beach, VA, April 29-May 1, 1997, pp. 1575-1608.
9. Shahriar, A., Khandoker, A., Gessl, G., Sint, Sabine., Hamid, M. A., Tariq, A., Rahman, A., "Predicting the unpredictable: General Aviation (GA) aircraft cost estimation evaluation", Journal of Air Transport Management, 2022.
10. Pasquale, D., Gore, D., Savill, M., Kipouros, T., Holden, C., "Aircraft Cost Modelling, Integrated in a Multidisciplinary Design Context", Engineering and Applied Sciences, 2019.
11. J. Roskam, Airplane Design: Part 8-Airplane cost estimation: Design, Development, Manufacturing and operating. DARcorporation, 1985.