

# صحه گذاری در تلفیق سیستم‌های الکترونیک هواپیما با استفاده از روش سلسله مراتبی دلفی فازی و شبکه‌های عصبی

عارف کریمی افشار<sup>۱</sup>، آرش سرمدی<sup>۲</sup>، محمد علی منتظری<sup>۳</sup> و عباس میر حیدری<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشگاه صنعتی اصفهان - دانشکده برق و کامپیوتر، A.karimifshar@ec.iut.ac.ir

<sup>۲</sup>شرکت هواپیما سازی ایران (هسا) - صنایع اویونیک ایران، Sahand\_137@yahoo.com

<sup>۳</sup>دانشگاه صنعتی اصفهان - دانشکده برق و کامپیوتر، Montazeri@cc.iut.ac.ir

<sup>۴</sup>دانشگاه صنعتی اصفهان - دانشکده برق و کامپیوتر، A.mirheidari@ec.iut.ac.ir

چکیده - همواره فرایند تصدیق و صحه گذاری سهم قابل توجهی در هزینه تمام شده یک پروژه داشته است. اجرای به موقع و صحیح فرایند تصدیق و صحه گذاری از طریق تشخیص به موقع انحراف از استانداردهایی که سیستم ملزم به رعایت آن‌ها بوده است، یا عدم توانایی در برآورده سازی نیاز مندی‌هایی که در سیستم باید تامین شوند، از عقب گردهای پر هزینه در پروژه، جلوگیری می نماید. در این مقاله سعی در بهینه سازی و ارائه یک روش مدون جهت صحه گذاری در تلفیق سیستم‌های الکترونیک هواپیما با ترکیب دو روش سلسله مراتبی دلفی فازی و شبکه های عصبی می نمایم. نتایج حاصل از شبیه سازی این روش بهبود ۸/۶ درصدی در نتیجه کار و افزایش اطمینان در تایید سیستم را به همراه داشته است.

کلید واژه- اویونیک، تلفیق، صحه گذاری و تصدیق، دلفی فازی، شبکه های عصبی.

## ۱- مقدمه

فرایند تصدیق و صحه گذاری مورد استفاده قرار می گیرند و به این صورت ابزار های موجود در فرایند  $V&V$  را تحت تاثیر قرار می دهند. شکل (۱) و (۲) بیانگر نحوه ارتباط و تاثیر این زیر فرایندها با یکدیگر، تحت یک مدل، معروف به مدل  $V$ ، می باشد [۱-۳].

فرایند  $V&V$  از ابتدایی ترین مراحل توسعه یک سیستم باید آغاز گردد، چرا که تشخیص به موقع و صحیح یک خطا، در نزدیکترین زمان ممکن، کاهش هزینه رفع خطا را در توسعه سیستم به همراه خواهد داشت. از طرفی این فرایند تا پایان توسعه و حتی باز نشستگی سیستم، باید تداوم داشته باشد تا همواره سیستم ارزیابی و صحت عملکرد آن تصدیق شود.

طرح های تصدیق و صحه گذاری برای هر سطح از توسعه سیستم به صورت جداگانه تعریف و زمان بندی می شوند، این طرح ها قبل از اجرای هر مرحله باید آماده شده باشند. فرایند  $V&V$  در هر سطحی که باشد به روش های خاصی قابل انجام می باشد، در زیر بعضی از مهمترین این روش ها بیان شده است:

- بازرسی و تجدید نظر، در این روش از چک لیست یا ابزار مشابه دیگری، جهت ارزیابی کمی یا کیفی، از

توسعه و ایجاد سیستم‌های تعبیه‌شده خصوصا در کاربردهای اویونیک<sup>۱</sup>، مستلزم یک فرایند حساب شده و پیچیده در حوزه سیستم های مهندسی<sup>۲</sup> شده می باشد، یک سیستم مهندسی شده در حقیقت با بهره گیری از علم و دانش ریاضی سعی در یافتن راه حل مناسب برای مسائل دارد [۱،۲]. فرایند توسعه سیستم های اویونیک با دیدگاه سیستم های مهندسی شده، شامل دو زیر فرایند توسعه و زیر فرایند تصدیق<sup>۳</sup> و صحه گذاری<sup>۴</sup> می باشد. در فرایند توسعه، نیاز مندی های سیستم و طرح جامع آن، آنالیز شده و طی یک سری اسناد به خوبی شرح داده می شوند، سپس سیستم و زیر مولفه های آن ساخته می شوند. در فرایند تصدیق و صحه گذاری محصول به لحاظ نیاز مندی ها ارزیابی و تست می شود (تصدیق)، همچنین اسناد مربوطه به لحاظ سازگاری و تطابق کامل چک می شوند (صحه گذاری). نتایج حاصله از زیر فرایند توسعه به عنوان ورودی های زیر

<sup>1</sup>- Avionic

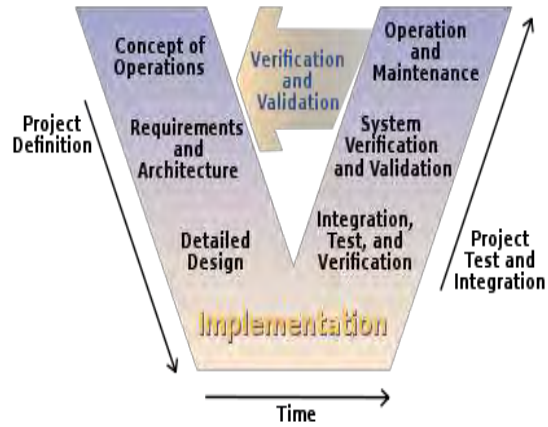
<sup>2</sup>- Engineered Systems

<sup>3</sup>- Verification

<sup>4</sup>- Validation

<sup>5</sup> - Verification and Validation (V&V)

صحت عملکرد سیستم استفاده می شود. موارد موجود در چک لیست ها به گونه ای تنظیم می شوند، که به خوبی قادر به توصیف آن سیستم باشند و بتوان اطلاعات جامعی از آن ها استخراج کرد.



شکل ۱: مدل V و گام های مختلف توسعه یک سیستم [۲]

بعضا از محیط های واقعی استفاده می شود.

- آنالیز خدمات حاصل از تجارب گذشته، این روش مبتنی بر گزارش های حاصل از تجارب گذشته در سیستم های مشابه دیگری که در محیط های مشابهی مورد استفاده قرار گرفته اند می باشد، این تشابه از دو جهت باید تعیین گردد، اول این که، خود سیستم ها به اندازه کافی با هم مشابه باشند، در مرحله دوم، شرایطی که سیستم ها در آن مورد استفاد قرار می گیرند به اندازه کافی مشابه باشد، لذا قابلیت اعتماد در این روش به صورت قابل ملاحظه ای به قضاوت مهندسين در تعیین شباهت سیستم ها، وابسته خواهد بود.

در روش های جاری تعیین این تشابه یک چالش محسوب می شده است، چرا که در تعیین تشابه، بعضا با مقادیر کمی غالباً نظرات خود را به صورت زبانی بیان می دارند، که گاه توافق کامل هم در تعیین تشابه، حاصل نمی شود.

در این مقاله ضمن فازی سازی پارامترهای موثر در تعیین تشابه، برای بدست آوردن یک توافق نظر در بین مهندسين از روش سلسله مراتبی دلفی فازی و شبکه های عصبی استفاده شده است.

بخش های بعدی مقاله به ترتیب زیر ساختار یافته اند، بخش دوم به بیان روش سلسله مراتبی دلفی فازی<sup>۶</sup> پرداخته است، بخش سوم روش پیشنهادی را در بر دارد، بخش چهارم به شبیه سازی ها اختصاص دارد و بخش پنجم با ارائه یک نتیجه گیری به این مقاله پایان خواهد داد.

## ۲- روش سلسله مراتبی دلفی فازی

FDAHP روشی برای رسیدن به حداکثر توافق گروهی می باشد. مراحل مختلف اجرای روش FDAHP به شرح زیر می باشد [۶]:

گام اول، نظر سنجی از متخصصان، در این مرحله ابتدا از متخصصان مختلف در مورد پارامترهای موثر بر یک پدیده یا تصمیم به صورت کیفی یا در صورت امکان کمی، نظر سنجی به عمل می آید.

گام دوم، محاسبه اعداد فازی، برای محاسبه اعداد فازی نظرهای حاصل از نظر سنجی از متخصصان به صورت مستقیم مد نظر قرار می گیرد. اعداد فازی در این مرحله را می

- آنالیز، این روش به ارزیابی دقیق کارایی، عملکرد و میزان برآورده سازی نیازمندی ها می پردازد، در این زمینه تکنیک های مختلفی از جمله، آنالیز داده، آنالیز کنترل، آنالیز معنایی و... وجود دارد.



شکل ۲: مدل V و سطوح مختلف طراحی یک سیستم ایرونیك

- تست، در این روش با به کار گیری مولفه های مختلف در محیط های مناسب، میزان سازگاری و صحت عملکرد آن ها تعیین می شود. تست ها بر اساس نحوه و استراتژی انجام به سه دسته تقسیم می شوند؛ تست عملکرد، تست ساختاری و تست تصادفی. اگر محیط مناسب جهت تست سیستم قابل شبیه سازی نباشد،

<sup>6</sup>- Fuzzy Delphi Analytical Hierarchy Process(FDAHP)

که در آن  $\otimes$  نماد ضرب اعداد فازی ،  $\odot$  نماد تقسیم اعداد فازی و  $\oplus$  نماد جمع اعداد فازی بوده و مطابق روابط (۴-۷) محاسبه می شوند.

$$\tilde{A}_1 = (a_1, b_1, c_1), \tilde{A}_2 = (a_2, b_2, c_2) \quad (۴)$$

$$\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = ((a_1 + a_2), (b_1 + b_2), (c_1 + c_2)), \quad (۵)$$

$$\tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 = ((a_1 \times a_2), (b_1 \times b_2), (c_1 \times c_2)) \quad (۶)$$

$$\tilde{A}_1 \odot \tilde{A}_2 = ((a_1 / a_2), (b_1 / b_2), (c_1 / c_2)) \quad (۷)$$

$W_i$  یک بردار سطری است که نشان دهنده وزن فازی پارامتر  $i$  ام می باشد.

گام پنجم، غیر فازی کردن وزن پارامترها، در این مرحله به منظور غیر فازی کردن وزن پارامترها طبق رابطه ی (۸) میانگین هندسی، مولفه های عدد فازی وزن پارامترها به دست می آید و بدین ترتیب وزن پارامترها به صورت یک عدد قطعی بیان می شود.

$$W_i = (\prod_{j=1}^3 w_{ij})^{1/3} \quad (۸)$$

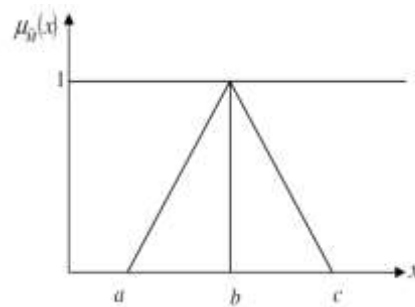
### ۳- اعمال ضرایب حاصل از شبکه های عصبی

FDAHP در محاسبه میزان اهمیت پارامترها، تاثیر همه افراد شرکت کننده در نظر سنجی را یکسان فرض کرده است، اما ثابت شده که در دنیای واقعی معمولا کیفیت نظرات افرادی با میزان توانایی ها، تحصیلات و مهارت های مختلف، متفاوت می باشد. روش پیشنهادی سعی در تاثیر پذیری از این عوامل با به کارگیری شبکه های عصبی دارد، این کار از دو روش قابل انجام می باشد، در روش اول به هنگام توزیع پرسشنامه برای اخذ نظرات متخصصین تعدادی سوال مرتبط با موضوع نیز در پرسشنامه ها قرار داده می شود، این سوالات به گونه ای خواهند بود که دارای جواب مشخص و آماده ای نبوده و نیاز به تحلیل داشته و همچنین دارای معیاری برای سنجش صحت ارزیابی های صورت گرفته باشند. روش دوم از سابقه افراد حاضر در نظر سنجی جهت تعیین میزان مهارتشان استفاده می نماید. اگر میزان مهارت عضو  $i$  ام حاضر در نظر سنجی با  $\lambda_i$  نمایش داده شود، آنگاه برای محاسبه  $\tilde{Z}_i$  از رابطه (۹) استفاده می گردد.

توان بر اساس توابع عضویت مختلف همچون روش مثلثی و یا حالت ذوزنقه محاسبه کرد. با توجه به کاربرد زیاد و سهولت محاسبه روش مثلثی، در این مقاله از این روش استفاده شده است. محاسبه اعداد فازی مثلثی در شکل (۳) نشان داده شده است. در این حالت یک عدد فازی به صورت روابط (۱) تعریف می شود.

$$\tilde{A}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) \quad , \quad a_{ij} = \min_k \beta_{ijk} \quad , \quad (1)$$

$$b_{ij} = \left( \prod_{k=1}^n \beta_{ijk} \right) \quad , \quad c_{ij} = \max_k \beta_{ijk}$$



شکل ۳: تابع عضویت مثلثی

در روابط فوق  $\beta_{ijk}$  نشان دهنده اهمیت نسبی پارامتر  $i$  ام بر پارامتر  $j$  از دیدگاه متخصص  $k$  ام،  $a_{ij}$  و  $c_{ij}$  به ترتیب حد بالا و پایین نظرهای پرسش شوندگان و  $b_{ij}$  میانگین هندسی نظرهای پرسش شوندگان می باشد. بدیهی است که مولفه های عدد فازی به گونه ای تعریف شده اند که:  $a_{ij} \leq b_{ij} \leq c_{ij}$ . گام سوم، تشکیل ماتریس معکوس فازی، در این مرحله با توجه به اعداد فازی به دست آمده در مرحله قبل ماتریس مقایسه زوجی فازی بین پارامترهای مختلف به شرح رابطه (۲) تشکیل می شود.

$$R = \begin{bmatrix} (1,1,1) & \dots & (a_{1j}, b_{1j}, c_{1j}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ (\frac{1}{c_{i1}}, \frac{1}{b_{i1}}, \frac{1}{a_{i1}}) & \dots & (1,1,1) \end{bmatrix} \quad (۲)$$

گام چهارم، محاسبه ی وزن فازی نسبی پارامترها، وزن فازی نسبی پارامترها از (۳) محاسبه می شود.

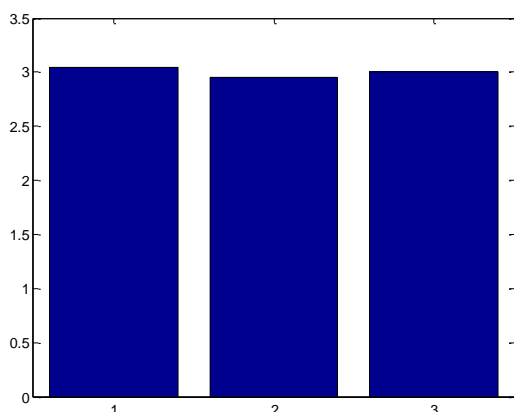
$$\tilde{Z}_i = [\tilde{a}_{i1} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{in}]^{\frac{1}{n}} \quad , \quad (3)$$

$$\tilde{W}_i = \tilde{Z}_i \odot (\tilde{Z}_1 \oplus \dots \oplus \tilde{Z}_n)$$

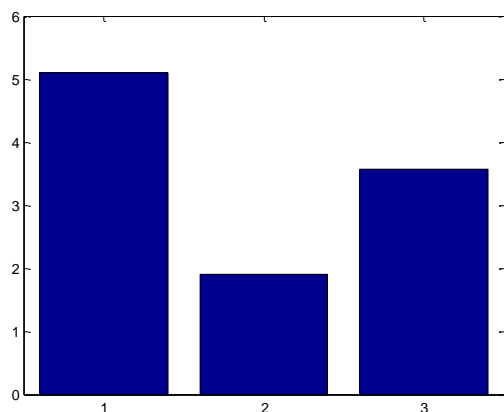
جدول ۱: ارزیابی صورت گرفته از هر پارامتر

ex4	ex3	ex2	ex1	
7	6	7	7	MSZ
6	4	3	1	MEG
5	5	4	5	MP

همچنین نمودار شکل (۶) میزان مطابقت کلی ضرایب حاصله از روش FDAHP و روش پیشنهادی با ضرایبی که از نتایج موجود در مجموعه داده مورد استفاده، تخمین زده شده است، را نشان می دهد.



شکل ۴: اهمیت محاسبه شده برای هر پارامتر توسط روش پیشنهادی



شکل ۵: اهمیت محاسبه شده برای هر پارامتر توسط روش FDAHP

#### ۵- نتیجه گیری

فرایند تصدیق و صحه گذاری به لحاظ این که سهم قابل توجهی در هزینه انجام یک پروژه و دریافت استاندارد های لازم دارد، بسیار مورد توجه مجریان یک پروژه یا تولید کنندگان یک محصول است. لذا ارائه یک روش تصدیق و

$$\tilde{Z}_i = [(\tilde{a}_{ij})^{\lambda_i} \otimes \dots \otimes (\tilde{a}_{in})^{\lambda_n}]^{1/sw} \quad (9)$$

که در رابطه بالا، SW از (۱۰) قابل محاسبه است.

$$sw = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (10)$$

برای محاسبه  $\lambda$  از یک شبکه ی عصبی پرسپترون، دولایه با تابع فعالیت لایه ی میانی، هایپربولیک تانژانت و تابع فعالیت لایه ی خروجی سیگموئید استفاده می شود، که ورودی های آن را مجموعه  $K=\{k_1, k_2, \dots, k_n\}$  تشکیل می دهند، که K در این جا مجموعه ای، شامل پارامتر توانایی افراد حاضر در نظر سنجی می باشد. پس از فرآیند آموزش و ارزیابی ضرایب تخصیص یافته به پارامترهای ورودی به عنوان ضریب توانایی انتخاب می گردد.

#### ۴- شبیه سازی

برای مقایسه کارایی روش پیشنهادی با روش های مشابه دیگر، از مجموعه داده های testmarket\_1month و testmarket موجود در بانک داده نرم افزار SPSS استفاده شد. پس از پیاده سازی این روش در نرم افزار مطلب و آنالیز داده های موجود در مجموعه داده های مذکور به نحوی که قابل استفاده در مدل ارائه شده باشند، مدل پیشنهادی بر مجموعه داده های آنالیز شده اعمال گردید. اگر  $E=\{e_1, e_2, \dots, e_n\}$  مجموعه متخصصین حاضر در نظر سنجی و  $C=\{c_1, c_2, \dots, c_n\}$  مجموعه پارامتر های مورد بحث باشد، مجموعه داده ها به گونه ای آنالیز شد که،  $E_p=\{ex_1, ex_2, ex_3, ex_4\}$  متناظر با مجموعه متخصصین و  $C_p=\{MSZ, MEG, MP\}$  به عنوان مجموعه پارامترها، انتخاب گردد. جدول (۱) میزان اهمیت متناظر برای هر پارامتر از سوی هر عضو  $E_p$  را مشخص می سازد.

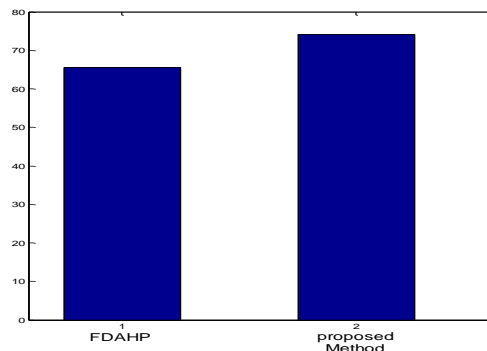
برای آموزش شبکه عصبی مورد نظر از ۴۰ رکورد آنالیز شده، به منظور اعمال سابقه اعضا  $E_p$  استفاده گردید. نمودارهای شکل (۴) و (۵) به ترتیب بیانگر میزان اهمیت محاسبه شده با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی معمولی و روش پیشنهادی می باشد.

گردید.

صحه گذاری دقیق و کارا مورد توجه قرار می گیرد. در این مقاله بر مبنای روش سلسله مراتبی دلفی فازی یک روش

## مراجع

- [1] V. Alike Ott, System Testing in the Avionics Domain, PHD Thesis, University Bermen, 2007.
- [2] A. Engel, *Verification, Validation, and Testing of Engineered Systems*, Wiley, Inc., 2011.
- [3] A. Kahn, The Design and Development of a Modular Avionics System, Master Thesis, Georgia Institute of Technology, 2001.
- [4] J. Cheng, C. Lee, and C. Tang, " An Application of Fuzzy Delphi and Fuzzy AHP on Evaluating Wafer Supplier in Semiconductor Industry" *Wseas Transactions on Information Science and Applications*, Vol. 6, pp. 756-767, 2009.
- [5] C. Lee and J. Cheng, "A Fuzzy AHP Application on Evaluation of High-Yield Bond Investment" *Wseas Transactions on Information Science and Applications*, Vol. 5, pp. 1044-1056, 2008.
- [6] Y. Hsu, C. Lee, and V. Kreng, " The application of Fuzzy Delphi Method and Fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection ", *Expert Systems with Applications*, 419-4256, 2010.
- [7] M. Khodaei, M. Mozaffari, H. Khodaei, and M. Memarzade, " Supplier Selection by using Fuzzy Delphi, Fuzzy AHP and SIR.VIKOR ", *American Journal of Scientific Research*, 24-45, 2011.
- [8] M. Alvandi, S. Fazli, and M. Memarzade, " E-Supplier Selection using Delphi, Fuzzy AHP and SIR ", *American Journal of Scientific Research*, 481-509, 2011.
- [9] Spss, "SPSS Neural Networks™ 17.0," *Analysis*, 2007.
- [۱۰] عطائی، م، " تصمیم گیری چند معیاره فازی "، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۳۸۸.



شکل ۶: مقایسه روش پیشنهادی با FDAHP

ترکیبی جدیدی جهت استفاده در فرایند تصدیق سیستم های اویونیک، بیان گردید. روش پیشنهادی سابقه و یا مهارت افراد را به عنوان ضریب تخصص در معادلات سلسله مراتبی دلفی فازی وارد کرده، بدین ترتیب به دقت بالاتری در زمان کمتری دست پیدا کرده است. روش پیشنهادی بر یک مجموعه داده آزمایشی اعمال گردید و بهبود ۸/۶ درصدی به لحاظ اطمینان در تصدیق سیستم حاصل