دوماهنامه سلامت کار ایران دوره ۱۲، شماره ۵، آذر و دی ۱۳۹۴

# ارائه یک الگوی هشدار سریع برای شناسایی، ارزیابی و کنترل فاکتورهای موثر بر عملکرد در صنعت خودروسازی

ایرج محمد فام[۱]، علی‌اکبر شفیع خانی[۲]، عباس شفیع خانی[۳]، فرشته طاهری[۴]

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۹/۱۲۴ تاریخ ویرایش: ۹۴/۰۳/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۴/۳۱


## چکیده

**زمینه و هدف:** ریشه‌یابی حوادث در صنایع نشان می‌دهد بهینه‌سازی فاکتورهای موثر بر عملکرد نقش اساسی در کاهش وقوع حوادث دارد. این عوامل پویا و پیچیده‌اند و ممکن است بین آن‌ها وابستگی وجود داشته باشد؛ بنابراین محیط های محیط کار باید به صورتی جامع مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. هدف اصلی این مطالعه ارائه یک الگوی هشدار سریع برای مدیریت فاکتورهای موثر بر عملکرد انسانی در یک صنعت خودرو سازی بود.

**روش بررسی:** در این تحقیق یک مدل هشدار سریع ارائه‌شده است که ریسک فاکتورهای موثر بر عملکرد انسان را پیش‌بینی می‌نماید. از آنجائیکه فاکتورهای ایجاد کننده خطا از نظر ساختاری پیچیده‌اند از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی برای مدلسازی استفاده شد. با استفاده از مدل پیشنهادی ریسک احتمالی سیستم‌های کاری پیش از آنکه منجر به حادثه گردد تعیین و متناسب با آن اقدامات کنترلی انجام گرفت. این مدل در دو پروژه بزرگ در صنعت خودروسازی تست گردید.

**یافته‌ها:** نتایج نشان می‌دهد شاخص ریسک در پروژه اول و دوم به ترتیب ۰/۳۹۱ و۰/۱۹۷ است. با توجه به اینکه مقدار این شاخص در پروژه اول بیشتر از مقدار مجاز ارائه‌شده توسط مدل بود لذا بدون توقف سیستم، اقدام اصلاحی متناسب با ریسک فاکتورهای شناسایی‌شده انجام شد.

**نتیجه‌گیری:** این سیستم می‌تواند با پیش‌بینی ریسک‌فاکتورهای موثر بر عملکرد انسانی و ارزیابی آن‌ها به‌عنوان یک سیستم هشداردهنده سریع عمل کند. خروجی این سیستم منجر به بهبود عملکرد افراد و ارتقاء سطح ایمنی می‌شود.


**کلیدواژه‌ها:** ایمنی، فازی، عملکرد انسانی، حادثه.

## مقدمه

یکی از علل اساسی سهیم در بروز حوادث شغلی به رفتارهای ناایمن کارکنان برمی‌گردد. بر اساس تخمین هاینریش ۸۵ درصد حوادث را می‌توان به اعمال ناایمن نسبت داد [۱]. بر اساس نتایج مطالعات بلکمون و گراموپدیا عامل اصلی ۹۸ درصد ح وادث اعمال ناایمن هستند [۲]. اداره ایمنی و بهداشت انگلستان ۸۰-۹۰ درصد حوادث و شبه حوادث محیط کار را به اعمال ناایمن نسبت می‌دهد [۳]. در مطالعه‌ای که توسط چودری و فانگ در سال ۲۰۰۸ و چودری در سال ۲۰۱۲ انجام شد مشخص گردید که در شرکت‌های پروژه محور تمرکز سیستماتیک بر روی رفتار ناایمن می‌تواند به کاهش حوادث و بهبود عملکرد ایمنی منجر شود [۴ و ۵].

در این بین اصلی‌ترین محرک‌های رفتار ناایمن، فاکتورهای شغلی، فردی و سازمانی (عوامل موثر بر عملکرد) می‌باشد بهینه‌سازی این عوامل می‌تواند نرخ اعمال ناایمن و درنتیجه حوادث را کاهش دهد [۴ و ۵]. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد عواملی نظیر سطح و ماهیت نظارت و رهبری، دشواری و پیچیدگی وظایف شغلی، ضعف برنامه‌ریزی، عدم آموزش کافی پرسنل، ضعف در قابلیت مقابله با شرایط، ساختارهای سازمانی نامناسب و ضعف فرهنگ ایمنی (زیر فاکتورهای عوامل موثر بر عملکرد) در زمان‌های مختلف عمر یک سیستم، زمینه‌ساز وقوع حوادث بوده‌اند. این اشکالات در طول عمر سیستم‌ها از مرحله طراحی تا مراحل ساخت، بهره‌برداری به‌طور خفته پنهان مانده و در یک زمان مناسب می‌توانند در ترکیب با یک نقص ساده در حالتی


۱- دانشیار گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای دانشکده بهداشت، عضو مرکز تحقیقات علوم بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

۲- (نویسنده مسئول) کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. ali.shafikhani@yahoo.com

۳- کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، شرکت ماشین‌سازی نیرو محرکه، تهران، ایران.

۴- عضو مرکز تحیقات بهداشت کار دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.


[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-16 ]

که سیستمهای دفاعی پیش‌بینی‌شده درست عمل نمی‌کنند به یک حادثه با پیامدهای تأسف‌بار منجر گردد [۶].

ازآنجاکه فاکتورهای فردی، شغلی و سازمانی نسبت به نقص های سخت‌افزاری ناشناخته‌تر بوده و از پیچیدگی بیشتری برخوردارند در این حالت روش‌های معمول شناسایی اشکالات پاسخگو نبوده و لازم است از روش‌های دیگری برای شناسایی و کنترل آن‌ها استفاده کرد [۱۰- ۷]. در این مطالعه برای ارزیابی و کنترل ریسک فاکتورهای موثر بر عملکرد در راستای پیشگیری از وقوع حوادث از رویکرد مدل‌سازی با بهره‌گیری از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)[1] استفاده شد. همچین به منظور مقابله با محدودیت‌ها در هنگام اندازه‌گیری سطح ریسک فاکتورهای سیستم‌های کاری (به‌عنوان‌مثال اندازه‌گیری عوامل کیفی مثل فرهنگ ایمنی، انگیزه و رقابت، معمول یا غیرمعمول بودن وظایف، دشواری و پیچیدگی وظایف) به‌جای اعداد قطعی از اعداد فازی استفاده گردید.

هدف اصلی این مطالعه ارائه یک الگوی هشدار سریع برای مدیریت فاکتورهای موثر بر عملکرد انسانی در یک صنعت خودرو سازی بود.

## روش بررسی

در مطالعه حاضر برای ایجاد الگوی پیش‌بینی سریع جهت شناسایی و ارزیابی ریسک عوامل موثر بر عملکرد از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی[2] (FANP) استفاده شد. یک مدل ANP متشکل از شبکه‌ای از معیارها، زیر معیارها و گزینه (همه این‌ها عناصر نامیده می‌شوند) است که با یکدیگر در خوشه جمع می‌شوند. با توجه به لزوم استفاده از مقایسات زوجی در فرایند تحلیل شبکه‌ای و هدف اصلی مسئله که بکار گیری تئوری فازی به‌منظور رفع نقص در استفاده از نظرات غیردقیق تصمیم‌گیرندگان در تعیین اهمیت نسبی معیارها و زیرمعیارها می‌باشد، در این مطالعه از میان روش‌های موجود برای تحلیل شبکه‌ای فازی از روش چانگ[3] استفاده گردید [۱۱ و ۱۲]. در این روش پس از تشکیل سلسله مراتب تصمیم‌گیری، با توجه به میزان اهمیت هر معیار یا گزینه یک عدد فازی مثلث به آن اختصاص داده شده و ماتریس مقایسات زوجی برای هر سطح از تحلیل شبکه‌ای ایجاد می‌شود. عدد فازی مثلث نوع خاصی از عدد فازی است که در آن تابع عضویت در سه عدد حقیقی برای مثال $(L,M,U)$ تعریف می‌شود (رابطه ۱). در هر عدد فازی مثلث L حد پایین U حد بالا و M نیز مقدار میانه است (شکل ۱).

رابطه (۱):

$$\mu_M(X)=\begin{cases}0, & x\langle l,\\ (x-l)/(m-l), & l\le x\le m,\\ (u-x)/(u-m), & m\le x\le u,\\ 0, & x\langle u.\end{cases}$$

مراحل روش چانگ به صورت زیر است:

مرحله اول: مقدار ترکیبی فازی $(s_i)$ نسبت به معیار i ام با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

رابطه (۲):

$$s_i=\sum_{i=1}^{m}M_{gi}^{j}\times\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}m_{gi}^{j}\right]^{-1},\ i=1,2,...,n$$

در رابطه ۲ علامت × به معنای ضرب گسترده دو عدد فازی است و هر یک از اعداد فازی به‌دست‌آمده، نشان‌دهنده وزن نسبی یک معیار نسبت به معیار دیگر می‌باشد.

مرحله دوم: چنانچه M1 و M2 دو عدد فازی مثلث باشند درجه بزرگی

$$M_2=(l_2,m_2,u_2)\ge M_1=(l_1,m_1,u_1)$$

با استفاده از رابطه ۳ بشرح ذیل تعریف می‌گردد:

[1]. Analytical Network Process (ANP)
[2]. Fuzzy Analytical Network Process (FANP)
[3]. Chang



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-16 ]

رابطه (۳):

$$\mu(d)=\begin{cases}1, & if\ m_2 \geq m_1,\\ 0, & if\ l_1 \geq u_2,\\ \dfrac{l_1-u_2}{(m_2-u_2)-(m_1-l_1),} & otherwise,\end{cases}$$

در رابطه فوق d عرض بلندترین نقطه تقاطع بین $\mu_{M1}$ و $\mu_{M2}$ می باشد (شکل ۲).

مرحله سوم: درجه امکان‌پذیری برای یک عدد فازی محدب که بزرگ‌تر از Kعدد فازی محدب دیگر باشد مطابق با رابطه ۴ تعریف می‌گردد:

رابطه (۴):

$$V(M \geq M_1, M_2, ...M_k) = V[(M \geq M_1) and (M \geq M_2) and ... and (M \geq M_k)]$$
$$= \min V(M \geq M_i), \quad i = 1,2,...k$$

چنانچه رابطه زیر

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_K),$$

مفروض گردد در این صورت برای $K = 1,2,...n; \quad k \neq i$ بردار وزن با استفاده از رابطه ۵ به دست می‌آید.

رابطه (۵):

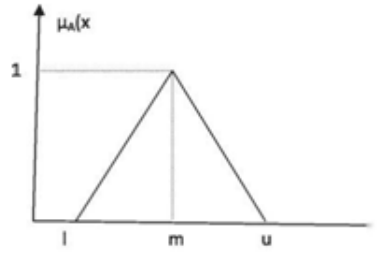
$$W' = \min(d'(A_1), d'(A_2), ..., d'(A_n))^T,$$

مرحله ۴ نرمال کردن: وزن فاکتورهای نرمالیزه شده از رابطه ۶ محاسبه می‌گردد.:

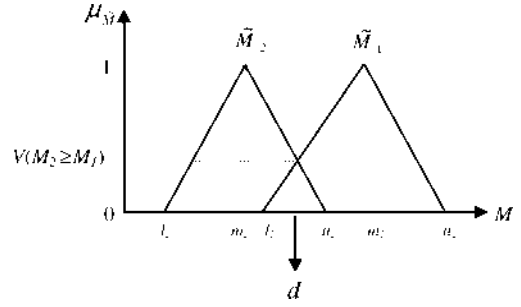
رابطه (۶): $(W = (d(A_1), d(A_2), ..., d(A_n))^T,$

با توجه به مطالب یاد شده تدوین الگوی پیشنهادی جهت تعیین ریسک عوامل موثر بر عملکرد در هفت گام زیر انجام شد:

**گام اول:** شناسایی فاکتورها و زیر فاکتورهای مورداستفاده در مدل.




شکل ۱- نمایش یک عدد فازی مثلثی




شکل ۲- تقاطع بین $M_1$ , $M_2$

**گام دوم:** ساخت مدل سلسله مراتبی ANP که شامل تعیین و تعریف هدف، فاکتورها و زیر فاکتورها بود.

**گام سوم:** اهمیت نسبی فاکتورها و زیرفاکتورها با استفاده از ماتریس مقایسات زوجی تعیین گردید. لازم به ذکر است که مقیاس‌های فازی برای تعیین اهمیت نسبی وزن‌ها در جدول ۱ و بر اساس نتایج پژوهش Kahraman و همکاران ارائه شده است. از این روش به‌طور گسترده برای حل مسائل تصمیم‌گیری فازی استفاده می‌شود [۱۳]. برای مثال در مقایسه دو فاکتور نسبت به هم با استفاده از پرسش: اهمیت فاکتور اول نسبت به فاکتور دوم چگونه است؟ و پاسخ "مهم‌تر" که مقیاس زبانی آن در جدول ۱ معادل عدد فازی مثلثی (۲/۲،۲،۵/۳) می‌باشد به دست می‌آید. لازم به ذکر است برای این کار از روش دلفی فازی استفاده شد. در این روش تصمیم‌گیری بر اساس دانش کارشناسان صلاحیت دار اتخاذ می‌گردد.

**گام چهارم:** با استفاده از مقیاس‌های زبانی ارائه‌شده در جدول یک، ماتریس وابستگی درونی هر فاکتور نسبت به فاکتور دیگر محاسبه شد. ماتریس وابستگی درونی با



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-16 ]

جدول ۱- مقیاس زبانی برای بیان درجه اهمیت

| مقیاس‌های زبانی برای درجه اهمیت | | اعداد فازی مثلثی | مقیاس های زبانی معکوس | معکوس اعداد فازی مثلثی |
|---|---|---|---|---|
| Just equal | عیناً یکسان | (1,1,1) | عیناً یکسان | (1,1,1) |
| Equally important (EI) | بسیار جزئی مهمتر | (1/2,1,3/2) | بسیار جزئی مهمتر | (2/3,1,2) |
| Weakly more important (WMI) | نسبتاً مهمتر | (1,3/2,2) | نسبتاً مهمتر | (1/2,2/3,1) |
| Strongly more important (SMI) | مهمتر | (3/2,2,5/2) | مهمتر | (2/5,1/2,2/3) |
| Very strongly more important (VSMI) | خیلی مهمتر | (2,5/2,3) | خیلی مهمتر | (1/3,2/5,1/2) |
| Absolutely more important (AMI) | کاملاً (بی نهایت) مهمتر | (5/2,3,7/2) | کاملاً (بی نهایت) مهمتر | (2/7,1/3,2/5) |

جدول ۲- مقدار زبانی و میانگین اعداد فازی

| مقدار زبانی برای زیر فاکتورهای مثبت | | مقدار زبانی برای زیر فاکتورهای منفی | | میانگین عدد فازی |
|---|---|---|---|---|
| Very low (VL) | خیلی کم | Very high (VH) | خیلی زیاد | ۱ |
| Low (L) | کم | High (H) | زیاد | ۰/۷۵ |
| Medium (M) | متوسط | Medium (M) | متوسط | ۰/۵ |
| High (H) | زیاد | Low (L) | کم | ۰/۲۵ |
| Very high (VH) | خیلی زیاد | Very low (VL) | خیلی کم | ۰ |

وزن فاکتورها که در گام ۳ به دست آمد، ضرب شد تا وزن وابستگی فاکتورها به دست آید. وابستگی میان فاکتورها به‌وسیله آنالیز اثرات هر فاکتور روی فاکتور دیگر با استفاده از مقایسات زوجی تعیین شد.

**گام پنجم:** محاسبه وزن نهایی زیر فاکتورها از طریق ضرب وزن اهمیت نسبی زیر فاکتورها (گام ۳) در وزن وابستگی فاکتورهایی (گام ۴) که به آن تعلق دارد به دست آمد.

**گام ششم و هفتم:** در این مرحله ریسک فاکتور عوامل موثر بر عملکرد انسان در سیستم موردبررسی با استفاده از مقدار وزن نهایی زیر فاکتورها و مقیاس اندازه‌گیری زبانی جدول ۲ (پیشنهادشده به‌وسیله Cheng در سال ۱۹۹۹) تعیین شد [۱۴]. ارزیابی متغیرهای زبانی می‌تواند بسته به ساختار زیر فاکتورهای آن مقادیر متفاوتی بگیرد. برای مثال در ارزیابی یک زیر فاکتور که تأثیر منفی در ارزیابی عملکرد می‌گذارد میانگین عدد فازی متغیر زبانی "High (H)" است که برابر ۰/۷۵ می‌شود. درحالی‌که میانگین عدد فازی همان متغیر زبانی زمانی که تأثیر مثبت بر ارزیابی ایمنی کار دارد برابر ۰/۲۵ خواهد بود. در این مرحله ریسک، درصدی از انجام رفتار غلط است. در این مدل مشروط بر ریسک‌های تخمین زده‌شده تصمیمات ساخته می‌شود. درصورتی‌که (RPIFs≥ 0.40) باشد مدل در شرایط ناایمن بوده و لازم است سیستم متوقف و مجدداً طراحی شود. ولی اگر (0.20≤ RPIFs <0.40) باشد مدل در شرایط هشدار قرار دارد. در این وضعیت انجام اقدامات اصلاحی بر اساس اصول ایمنی مبتنی بر رفتار بسیار کارآمد خواهد بود. چنانچه (RPIFs <0.20) باشد شرایط مدل ایمن بوده سیستم می‌تواند به‌طور ایمن به کار خود ادامه دهد.

## یافته‌ها

یافته‌های حاصل از اجرای مطالعه بر اساس گام‌های اجرای آن در بخش زیر ارائه می‌شود:

گام اول: جهت مدل‌سازی مسئله ابتدا با بررسی نتایج مطالعات مشابه و مرتبط ۲۵ فاکتور اثر گذار بر عملکرد انسانی شناسایی و توسط کمیته تصمیم‌گیری به‌وسیله روش دلفی فازی مورد ارزیابی قرار گرفت [۶]. درنهایت ۱۴ عامل در سه گروه عوامل مرتبط با سازمان، فردی و



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-16 ]

جدول ۳- ماتریس مقایسات زوجی معیارها و اهمیت نسبی هر عامل

| فاکتورها | $C_1$ | $C_2$ | C3 | اهمیت نسبی |
|---|---|---|---|---|
| $C_1$ | (1,1,1) | (1/2,1,3/2) | (2/5,1/2,2/3) | ۰/۲۳ |
| $C_2$ | (2/3,1,2) | (1,1,1) | (1,3/2,2) | ۰/۳۸ |
| C3 | (3/2,2,5/2) | (1/2,2/3,1) | (1,1,1) | ۰/۳۹ |

نحوه محاسبه بردار وزن محلی:

$S_{c1} = (1.9, 2.5, 3.17) \otimes (1/12.67, 1/9.67, 1/7.57) = (0.15, 0.26, 0.42)$,
$S_{c2} = (2.67, 3.5, 5) \otimes (1/12.67, 1/9.67, 1/7.57) = (0.21, 0.36, 0.66)$,
$S_{c3} = (3, 3.67, 4.5) \otimes (1/12.67, 1/9.67, 1/7.57) = (0.24, 0.38, 0.60)$.

$V(S_{c1} \geq S_{c2}) = 0.67$,
$V(S_{c1} \geq S_{c3}) = 0.60$,
$V(S_{c2} \geq S_{c1}) = 1.00$,
$V(S_{c2} \geq S_{c3}) = 0.96$,
$V(S_{c3} \geq S_{c1}) = 1.00$,
$V(S_{c3} \geq S_{c2}) = 1.00$

جدول ۴- ماتریس مقایسات زوجی فاکتورهای مرتبط با شغل و اهمیت نسبی هر زیر فاکتور

| فاکتورهای مرتبط با شغل | $C_{1.1}$ | $C_{1.2}$ | $C_{1.3}$ | $C_{1.4}$ | $C_{1.5}$ | اهمیت نسبی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $C_{1.1}$ | (1,1,1) | (1/2,2/3,1) | (2/5,1/2,2/3) | (1/2,2/3,1) | (1,1,1) | ۰/۱۰ |
| $C_{1.2}$ | (1,3/2,2) | (1,1,1) | (1/2,2/3,1) | (2/5,1/2,2/3) | (1,3/2,2) | ۰/۲۰ |
| $C_{1.3}$ | (3/2,2,5/2) | (1,3/2,2) | (1,1,1) | (1,3/2,2) | (1,3/2,2) | ۰/۳۱ |
| $C_{1.4}$ | (1,3/2,2) | (3/2,2,5/2) | (1/2,2/3,1) | (1,1,1) | (1,3/2,2) | ۰/۲۷ |
| $C_{1.5}$ | (1,1,1) | (1/2,2/3,1) | (1/2,2/3,1) | (1/2,2/3,1) | (1,1,1) | ۰/۱۲ |

جدول ۵- ماتریس وابستگی درونی فاکتورها با کنترل " فاکتورهای مرتبط با شغلی"

| | $C_2$ | $C_3$ | وزن اهمیت نسبی |
|---|---|---|---|
| $C_2$ | (1,1,1) | (2/3,1,2) | ۰/۵۰ |
| $C_3$ | (1/2,1,3/2) | (1,1,1) | ۰/۵۰ |

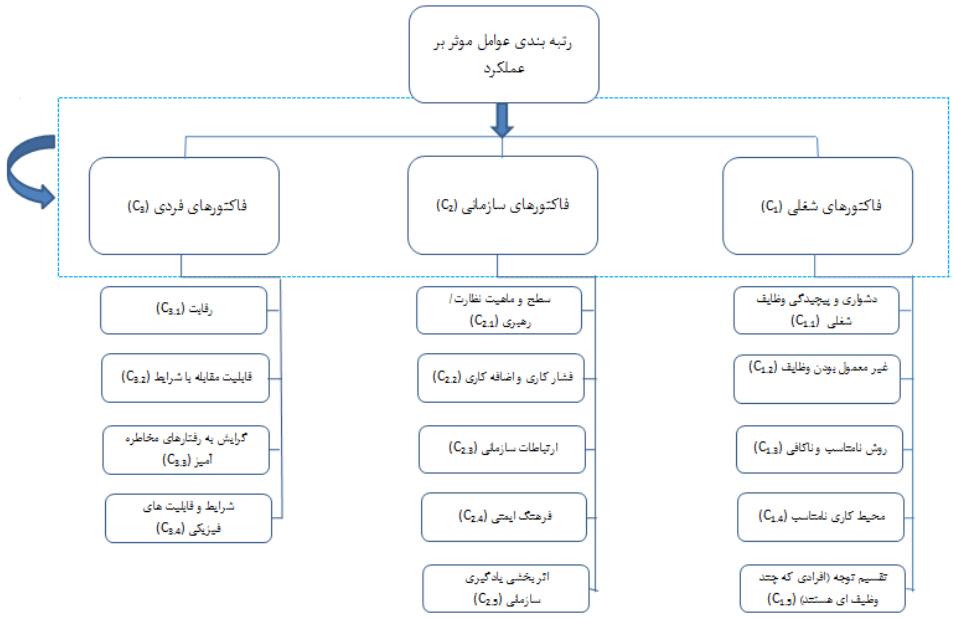
شغلی دسته‌بندی شدند.

گام ۲: مدل ANP تشکیل‌شده توسط عناصر تعیین‌شده در گام اول، در شکل ۲ نشان داده‌شده است. این مدل از سه بخش تشکیل‌شده است. بخش اول هدف و بخش دوم و سوم به ترتیب متشکل از معیارها و زیر معیارها است. هدف رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر عملکرد انسان است. در بخش دوم معیارها در خوشه‌ای شامل سه بخش فاکتورهای شغلی، سازمانی و فردی دسته‌بندی‌شده‌اند. معیارهای بخش دوم به‌وسیله یک بردار جهت‌دار به هدف و زیر معیارها ارتباط دارند (وابستگی بیرونی) همچنین عناصر داخل این خوشه دارای ارتباط درونی با همدیگر هستند (وابستگی درونی). به‌عبارتی‌دیگر فاکتورهای شغلی، سازمانی و فردی بر همدیگر نیز تأثیرگذار هستند که تأثیر آن در مدل در نظر گرفته خواهد شد. کمان نشان داده‌شده در بخش دوم شکل ۳ نشان‌دهنده وابستگی درونی بین فاکتورهاست. در بخش سوم زیر معیارها نمایش داده‌شده است. به‌عبارتی‌دیگر در این بخش زیر فاکتورهای مربوط به فاکتورها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند که همان عناصر تعیین‌شده در گام ۱ هستند.

گام ۳: مقیاس فازی برای تعیین اهمیت نسبی وزن‌ها از جدول ۱ به دست آمد. در این مرحله وزن فاکتورها و زیر فاکتورهایی که در بخش دوم و سوم مدل که در شکل ۳ نشان داده‌شده‌اند موردمحاسبه قرار گرفت. این



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-16 ]




شکل ۳- رتبه بندی عوامل موثر بر عملکرد انسان

کار از طریق ماتریس مقایسات زوجی به‌وسیله تیم تصمیم‌گیری با استفاده از مقیاس‌های داده‌شده در جدول ۱ تشکیل شد. نمونه‌ای از ماتریس مقایسات زوجی همراه با وزن اهمیت نسبی آنها در جداول ۳ و ۴ نشان داده‌شده است:

گام ۴: با استفاده از جدول ۱ ماتریس وابستگی درونی هر فاکتور را نسبت به فاکتورهای دیگر تعیین شد. این ماتریس وابستگی درونی با وزن فاکتورها که در گام ۳ به دست آمد، ضرب شده تا وزن وابستگی درونی فاکتورها به دست آید. وابستگی میان فاکتورها به‌وسیله آنالیز اثرات هر فاکتور روی فاکتور دیگر و با استفاده از مقایسات زوجی تعیین‌شده است. با توجه به وابستگی ارائه‌شده در بخش دوم از مدل ANP ارائه‌شده در شکل ۳، نمونه‌ای

$$\begin{bmatrix} 1.00 & 0.50 & 0.68 \\ 0.50 & 1.00 & 0.32 \\ 0.50 & 0.50 & 1.00 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.23 \\ 0.38 \\ 0.39 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.34 \\ 0.31 \\ 0.35 \end{bmatrix}$$

شکل ۴- ماتریس وزن روابط وابستگی فاکتورهای اصلی

ماتریس مقایسات زوجی برای فاکتورها در جدول ۵ ارائه‌شده است. برای مثال سؤال "اهمیت نسبی فاکتورهای فردی در مقایسه با فاکتورهای سازمانی زمانی که فاکتورهای مرتبط با شغل تحت کنترل هستند چقدر است که پاسخ " بسیار جزئی مهم‌تر " معادل عدد فازی مثلثی آن در جدول ۵ برابر (۲/۱، ۱، ۲/۳) آورده شده است.

همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود هنگامی‌که همبستگی و ارتباط میان معیارها لحاظ می‌گردد اختلاف معناداری در نتایج به دست می‌آید که فاکتورهای مرتبط با شغل از ۰/۲۳ به ۰/۳۴ فاکتورهای سازمانی از ۰/۳۸ به ۰/۳۱ و فاکتورهای فردی از ۰/۳۹ به ۰/۳۵ تغییر می‌یابند.

گام ۵: وزن نهایی زیر فاکتورها به‌وسیله ضرب وزن محلی زیر فاکتورها (گام ۳) در وزن وابستگی فاکتورهایی (گام ۴) که به آن تعلق دارد محاسبه‌شده و در جدول ۶ نشان داده‌شده است.



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-16 ]

جدول ۶- محاسبه وزن نهایی زیرفاکتورها

| فاکتورها و وزن های نسبی | زیرفاکتورها | وزن های نسبی | وزن نهایی |
|---|---|---|---|
| فاکتورهای شغلی ($C_1$) (۰/۳۴) | دشواری و پیچیدگی وظایف شغلی ($C_{1.1}$) | ۰/۱۰ | ۰/۰۳۲ |
| | غیر معمول بودن وظایف (روتین) ($C_{1.2}$) | ۰/۰۲۰ | ۰/۰۶۷ |
| | روش نامناسب و ناکافی ($C_{1.3}$) | ۰/۳۱ | ۰/۱۰۴ |
| | محیط کاری نامناسب ($C_{1.4}$) | ۰/۲۷ | ۰/۰۹۲ |
| | تقسیم توجه (افرادی که چند وظیفه ای هستند) ($C_{1.5}$) | ۰/۱۲ | ۰/۰۳۸ |
| فاکتورهای سازمانی ($C_2$) (۰/۳۱) | سطح و ماهیت نظارت/ رهبری ($C_{2.1}$) | ۰/۱۵ | ۰/۰۴۷ |
| | فشار کاری و اضافه کاری ($C_{2.2}$) | ۰/۲۵ | ۰/۰۷۸ |
| | ارتباطات سازمانی ($C_{2.3}$) | ۰/۱۷ | ۰/۰۵۳ |
| | فرهنگ ایمنی ($C_{2.4}$) | ۰/۲۰ | ۰/۰۶۳ |
| | اثر بخشی یادگیری سازمانی ($C_{2.5}$) | ۰/۲۳ | ۰/۰۷۳ |
| فاکتورهای فردی ($C_3$) (۰/۳۵) | رقابت ($C_{3.1}$) | ۰/۳۰ | ۰/۱۰۵ |
| | قابلیت مقابله با شرایط ($C_{3.2}$) | ۰/۲۲ | ۰/۰۷۹ |
| | گرایش به رفتارهای مخاطره آمیز ($C_{3.3}$) | ۰/۲۵ | ۰/۰۸۹ |
| | شرایط و قابلیت های فیزیکی ($C_{3.4}$) | ۰/۲۲ | ۰/۰۷۹ |

جدول ۷- محاسبه RPIFs برای دو پروژه خط رنگ ED

| زیرفاکتورها | وزن نهایی (GW) | پروژه ۱ | | | پروژه ۲ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | متغیرهای زبانی | ارزش مقیاس (Sv) | Gw*Sv | متغیرهای زبانی | ارزش مقیاس(Sv) | Gw*Sv |
| دشواری و پیچیدگی وظایف شغلی ($C_{1.1}$) | ۰/۰۳۲ | M | ۰/۵۰۰ | ۰/۰۱۶ | H | ۰/۷۵ | ۰/۰۲۴ |
| غیر معمول بودن وظایف ($C_{1.2}$) | ۰/۰۶۷ | H | ۰/۷۵۰ | ۰/۰۵۰ | L | ۰/۲۵ | ۰/۰۱۷ |
| روش نامناسب و ناکافی ($C_{1.3}$) | ۰/۱۰۴ | M | ۰/۵۰۰ | ۰/۰۵۲ | L | ۰/۲۵ | ۰/۰۲۶ |
| محیط کاری نامناسب ($C_{1.4}$) | ۰/۰۹۲ | H | ۰/۷۵ | ۰/۰۰۶۹ | L | ۰/۲۵ | ۰/۰۲۳ |
| تقسیم توجه (افرادی که چند وظیفه ای هستند) ($C_{1.5}$) | ۰/۰۳۸ | L | ۰/۲۵ | ۰/۰۱۰ | VL | ۰ | ۰ |
| سطح و ماهیت نظارت/ رهبری ($C_{2.1}$) | ۰/۰۴۷ | M | ۰/۵۰۰ | ۰/۰۲۳ | H | ۰/۲۵ | ۰/۰۱۲ |
| فشار کاری و اضافه کاری ($C_{2.2}$) | ۰/۰۷۸ | L | ۰/۲۵ | ۰/۰۱۹ | VL | ۰ | ۰ |
| ارتباطات سازمانی ($C_{2.3}$) | ۰/۰۵۳ | H | ۰/۲۵ | ۰/۰۱۳ | VH | ۰ | ۰ |
| فرهنگ ایمنی ($C_{2.4}$) | ۰/۰۶۳ | M | ۰/۵۰۰ | ۰/۰۳۲ | H | ۰/۲۵ | ۰/۰۱۶ |
| اثر بخشی یادگیری سازمانی ($C_{2.5}$) | ۰/۰۷۳ | H | ۰/۲۵ | ۰/۰۱۸ | H | ۰/۲۵ | ۰/۰۱۸ |
| رقابت ($C_{3.1}$) | ۰/۱۰۵ | L | ۰/۲۵ | ۰/۰۲۶ | VL | ۰ | ۰ |
| قابلیت مقابله با شرایط ($C_{3.2}$) | ۰/۰۷۹ | VH | ۰ | ۰ | H | ۰/۲۵ | ۰/۰۲۰ |
| گرایش به رفتارهای مخاطره آمیز ($C_{3.3}$) | ۰/۰۸۹ | L | ۰/۲۵ | ۰/۰۲۲ | L | ۰/۲۵ | ۰/۰۲۲ |
| شرایط و قابلیت های فیزیکی ($C_{3.4}$) | ۰/۰۷۹ | M | ۰/۵۰۰ | ۰/۰۰۴۰ | H | ۰/۲۵ | ۰/۰۲۰ |
| Risk Performance Influencing Factors (RPIFS) | | | | ۰/۳۹۱ | | | ۰/۱۹۷ |

گام ۶ و ۷: در این مرحله ریسک فاکتورهای مؤثر بر عملکرد انسان در دو پروژه موردی با استفاده از وزن نهایی زیر فاکتورها (جدول ۶) و مقیاس اندازه‌گیری زبانی (جدول ۲) تعیین شد. محاسبات در جدول ۷ نشان داده‌شده است. در تخمین RPIFs سیستم کاری تعدادی از زیر فاکتورها (سطح و ماهیت نظارت/ رهبری، ارتباطات سازمانی، فرهنگ ایمنی، اثربخشی یادگیری سازمانی، قابلیت مقابله با شرایط، شرایط و قابلیت‌های فیزیکی) به‌عنوان زیر فاکتور مثبت شناسایی گردیدند که متغیر زبانی ارائه در ستون اول جدول شماره ۲ برای ارزیابی آن‌ها مورداستفاده قرار گرفت. باقی زیر فاکتورهای شناسایی‌شده به‌عنوان زیر فاکتورهای منفی هستند. به دلیل اینکه زیرفاکتورهای یاد شده باعث افزایش RPIFs می شوند متغیر زبانی ارائه‌شده در



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-16 ]

ستون دوم جدول شماره ۲ برای ارزیابی آن‌ها مورداستفاده قرار گرفت. RPIFs محاسبه شده برای پروژه اول و دوم به ترتیب ۰/۳۹۱ و ۰/۱۹۷ بود.

## بحث و نتیجه‌گیری

رفتارهای ناایمن قابل مدیریت‌اند و برای این کار ضروری‌ترین عمل انتخاب مناسب کارکنان با توجه به الزامات شغل و توانمندی‌های آن‌ها به همراه شناسایی و کنترل آن دسته از عواملی است که می‌تواند بر رفتار پرسنل تأثیر بگذارد. در همین راستا یافته‌های این مطالعه همانند نتایج مطالعات Karen و همکاران و Loayza و همکاران و بر گزینش صحیح کارکنان و یافتن عواملی که می‌تواند بر عملکرد آن‌ها تأثیر بگذارد در راستای پیشگیری از حوادث تأکید می‌کند [۱۵ و ۱۶].

ریسک فاکتورهای مؤثر بر عملکرد در بهره‌برداری از سیستم کاری، تداوم تولید و سلامتی و ایمنی کارکنان اثر منفی دارد. در همین راستا ثابت‌شده است سرمایه‌گذاری بر روی بهبود عملکرد نیروی انسانی، رسیدن به اهداف استراتژیک سازمان را میسر می‌سازد؛ بنابراین امروزه شناسایی فاکتورهای اثرگذار بر خطاهای رفتاری به‌عنوان یک ضرورت در محیط‌های کار مطرح می‌شود [۱۷].

برای تعیین نوع فاکتورهای اثرگذار بر رفتارهای کارکنان و همچنین میزان تأثیر آن‌ها وجود یک الگوی بومی و اختصاصی حائز اهمیت است. برای نمونه در مطالعه‌ای مشابه محمودی و همکاران با ارائه مدلی از ارزیابی متغیرهای شخصیتی کارکنان به عنوان پیش بینی کننده میزان رفتارهای ناایمن آن‌ها استفاده کرده‌اند [۱۸].

علاوه بر این فوگارتی و شاو (۲۰۱۰) مدلی را ارائه کردند که در آن نگرش مدیران و هنجارهای گروه را به‌عنوان پیش‌بینی کننده خطاهای رفتاری معرفی کردند [۱۹]. در مطالعه‌ای دیگر Hwang بر اهمیت مدل‌های هشدار سریع درزمینه عملکرد نیروهای کار تأکیدکرده است [۱۹].

در مطالعه حاضر از سه دسته فاکتورهای فردی، شغلی و سازمانی بعنوان شاخص‌های اکتیو برای پیش‌بینی و ارزیابی عملکرد ایمنی کارکنان استفاده گردید. Sinelnikov و همکاران نیز در مطالعه خود بر اهمیت و ضرورت استفاده ازاین‌گونه شاخص‌های در پیش‌بینی عملکرد ایمنی افراد تأکید نموده‌اند [۲۰]. این مطالعه نسبت به مطالعه محمودی و همکاران که در آن تنها از فاکتورهای فردی برای شناسایی میزان رفتارهای ناایمن استفاده‌شده است از جامعیت بیشتری برخورداراست.

به‌عنوان نتیجه‌گیری نهایی می‌توان بیان داشت که وجود یک مدل مناسب با در نظر داشتن اغلب عوامل مؤثر بر عملکرد کارکنان می‌تواند به شناسایی و کنترل رفتارهای ناایمن آن‌ها کمک کرده و با کاستن از ریسک حوادث از تحمیل خسارات انسانی، اقتصادی، زیست‌محیطی و ... جلوگیری کند.

## منابع


1. Hopkins A. What are we to make of safe behaviour programs? Safety Science. 2006; 44(7):583-97.
2. Blackmon RB. Gramopadhye A.K. Improving construction safety by providing positive feedback on backup alarms. Journal of construction engineering and management. 1995;121(2):166-71.
3. Fleming M, Lardner R. Strategies to promote safe behaviour as part of a health and safety management system: HSE Books; 2002.
4. Choudhry RM. Behavior-based safety on construction sites: A case study. Accident Analysis & Prevention. 2014;70:14-23.
5. Choudhry R.M. Implementation of BBS and the impact of site-level commitment. Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice. 2012;138(4):296-304.
6. Azadeh A, Fam IM, Garakani MM. A total ergonomic design approach to enhance the productivity in a complicated control system. Information Technology Journal. 2007; 6 (7): 1036-1042.
7. Fam IM, Azadeh A, Faridan M, Mahjub H. Safety behaviors assessment in process industry: A case study in gas refinery. Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers. 2008; 25 (4): 298-305.
8. Azadeh A, Fam IM. A framework for development of integrated intelligent human engineering environment. Information Technology




[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-16 ]

Journal. 2006; 5 (2): 290-299.
9. Fang D, Xie F, Huang X, Li H. Factor analysis-based studies on construction workplace safety management in China. International Journal of Project Management. 2004;22(1):43-9.
10. Shirali GHA, Motamedzade M, Mohammadfam I. Ebrahimipour V. Moghimbeigi A. Challenges in building resilience engineering (RE) and adaptive capacity: A field study in a chemical plant. Process Safety and Environmental Protection. 2012; 90 (2): 83-90.
11. Chang DY. Extent analysis and synthetic decision. Optimization techniques and applications. 1992;1(1):352. 15.
12. Dargi A. Anjomshoae A. Galankashi M.R. Memari A. Supplier Selection: A Fuzzy-ANP Approach. Procedia Computer Science. 2014;31(0):691-700.
13. Kahraman C, Ertay T, Büyüközkan GA. fuzzy optimization model for QFD planning process using analytic network approach. European Journal of Operational Research. 2006;171(2):390-411.
14. Cheng CH, Yang KL, Hwang CL. Evaluating attack helicopters by AHP based on linguistic variable weight. European Journal of Operational Research. 1999;116(2):423-35.
15. Karen VA, Guy M, Katia L. Christophe Vanroelend. The relationship between employment quality and work-related well-being in the European Labor Force. Journal of Vocational Behavior. 2015; 86: 66–76.
16. Loayza NV, Rigolini J. Informal employment: safety net or growth engine? World Development. 2011; 39(9), 1503-1515.
17. Malmasi S, Mohammad Fam I, Mohebbi N. Health, safety and environment risk assessment in gas pipelines. Journal of Scientific & Industrial Research. 2010; 69: 662-666.
18. Mahmoudi S, Fam I, Afsartala B, Alimohammadzadeh S. Evaluation of relationship between the rate of unsafe behaviors and personality trait Case study: construction project in a car manufacturing company. JHSW. 2014; 3 (4) :51-58
19. Hwang SL, Liang GF, Lin JT, Yau YJ, Yenn TC, Hsu CC, et al. A real-time warning model for teamwork performance and system safety in nuclear power plants. Safety science. 2009; 47(3): 425-435.
20. Sinelnikov S, Inouye J, Kerper S. Using leading indicators to measure occupational health and safety performance. Safety Science. 2015; 72: 240-248.



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-16 ]

# Providing an Early Warning Framework to Identify, Assess and Control Human Performance Influencing Factor in Automotive Industry

Iraj Mohammadfam[1], Ali Akbar Shafikhani[2], Abbas Shafikhani[3], Fereshteh Taheri[4]

Received: 2014/12/15 Revised: 2015/06/12 Accepted: 2015/07/22

## Abstract

**Background and aims**: Accident root causes' analysis shows optimization of factors affecting performance has an essential role in reducing of accidents. These factors are dynamic and complex and they may also be dependent to each other. Therefore, a comprehensive analysis of the working environment is essential. The main objective of this study was to propose a framework to control human performance influencing factors in a automotive industry in Iran.

**Methods**: The present study provided an early warning model that predicts the risk factors affecting human performance. Since behavioral factors that are causing errors are complex in structure, FANP method was used for modeling. Using the proposed model, the potential risk of workplace determined before it leads to accidents and based on the type and level of risk and risk control measures was determined. The model was tested on two major projects in the car manufacturing industry.

**Results**: The results show that the risk indexes in the first and second project are 0.391 and 0.197 respectively. Since the value of the index in the first project is greater than the amount authorized by the model so corrective action suggested in accordance with identified risk factors without stopping the system.

**Conclusion**: The system can predict and assess the performance influencing factors as an early warning system. As a result, this system will lead to improved performance and enhanced safety.

**Keywords:** Safety, Human performance, Fuzzy, Incident.

1. Associate Professor, Department of Occupational Hygiene, School of Public Health and Research Center for Health sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.
2. (**Corresponding author**) MSc, Department of Occupational Hygiene, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. ali.shafikhani@yahoo.com
3. MSc, Department of Industrial Engineering, Niroumohareke Machine Tools Company, Tehran, Iran.
4. Occupational Health Research Center, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-16 ]