پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری
دوره ۵، شماره ٤، زمستان ۱۳۹۹، صص ٦٥-۸۳
نوع مقاله: پژوهشی

پیش‌بینی میزان ناب بودن یک سیستم تولیدی با در نظر گرفتن هم‌زمان توابع مطلوبیت جزئی شاخص‌ها

محبوبه سعیدی[1*]، امیر عزیزی[2]

۱- دانشجوی دکترای تخصصی، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران
۲- استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

تاریخ ارسال: ۱۳۹۸/۱۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۰۳

چکیده

بررسی ناب بودن سیستم‌های تولیدی، همچون دیگر پروژه‌ها تابع برخی مؤلفه‌های کمی و قابل‌اندازه‌گیری همچون زمان حمل‌ونقل صفر، معیوبی صفر و غیره است که این ضرایب و نسبت‌ها قابل‌استخراج و محاسبه هستند. در پژوهش حاضر، عملیاتی کردن مفهوم تولید ناب و پیش‌بینی میزان ناب بودن یک سیستم تولیدی دنبال می‌شود. به کمک این مدل می‌توان درجه ناب بودن شرکت‌های تولیدی را با تمرکز بر تعهدات مدیریت ارزیابی کرد و سطح ناب بودن در آینده را نیز با توجه به تغییرات در شاخص‌های تأثیرگذار پیش‌بینی نمود. تصمیم‌گیری میزان مطلوبیت، پس از بررسی شرایط استقلال شاخص‌ها، به کمک فرم ترکیب خطی چندگانه محاسبه می‌شود. بدین ترتیب، توابع مطلوبیت جزئی همه شاخص‌ها به‌طور هم‌زمان و با فرض خطی بودن در نظر گرفته می‌شوند. به منظور محاسبه توابع جزئی از افراد خبره در یک شرکت نساجی کمک گرفته شده است. در نهایت با استفاده از مدل به‌دست‌آمده میزان ناب بودن سیستم تولیدی در قالب یک تابع ریاضی غیرخطی ارائه می‌گردد تا بدین‌وسیله ابزاری برای تصمیم‌گیری بهتر در شرایط پیچیده محیطی فراهم شود.

واژگان کلیدی: تولید ناب، تابع مطلوبیت چندمعیاره، تصمیم‌گیری گروهی

---

* نویسندهٔ مسؤول مقاله E-mail: m.saeedi87@gmail.com

۱- مقدمه

در طول دو دهه اخیر، تغییرات شگرف جهانی به واسطه پیشرفت در فناوری، جهانی‌شدن بازارها و شرایط جدید اقتصاد سیاسی مطرح شده‌اند. امروزه، شرکت‌ها باید توانایی این را داشته باشند که با کاهش هزینه‌ها و ارائه محصول با قیمت معقول و موردنظر مشتری، افزایش توان رقابتی و سودآوری را ممکن سازند. رویکرد زنجیره تأمین ناب[۱]، اهمیت کاهش تغییرات، بهبود جریان و درنتیجه کاهش نیاز به موجودی و ظرفیت اطمینان را مشخص می‌سازد [1].

از نظر بسیاری از محققین از جمله بالسترو[۲] و رومرو[۳] رویکرد مطلوبیت چندشاخصه، دارای دقیق‌ترین ساختار نظری در میان تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است [2]. رویکرد تابع مطلوبیت، از ابتدا تاکنون به یکی از پرکاربردترین روش‌های حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره تبدیل شده است. ایده اصلی این روش، بیشینه‌سازی مطلوبیت ناشی از انتخاب یک گزینه است. مزیت استفاده از تابع مطلوبیت این است که با حل مدل می‌توان مطمئن بود که حداکثر رضایت و مطلوبیت برای تصمیم‌گیرنده حاصل شده است.

۲- بیان مسئله و ادبیات موضوع

تولید ناب یک فلسفه و نگرش جدید محسوب می‌شود که زادگاه آن شرکت تویوتا در جزیره ناگویای ژاپن است [۳]. تولید ناب توسط ووماک[٤] و همکارانش در سال ۱۹۹۰ در قالب یک کار تحقیقاتی با عنوان "ماشینی که جهان را تغییر داد " منتشر گردید [4].

تولید ناب، یک سیستم تولیدی با رویکرد حذف اتلاف است، تمرکز این سیستم بر شناسایی منابع اتلاف و استفاده از ابزارهایی مانند تولید به موقع[٥]، کاهش زمان راه‌اندازی[٦] و بهبود مداوم به منظور حذف این اتلاف‌ها است [٥].

با بررسی ادبیات و نظرات متخصصان، متغیرهای مختلفی از اجزای سیستم تولید ناب شناسایی شده‌اند. لذا در این پژوهش اهداف اصلی سیستم تولید ناب عبارت‌اند از: ۱- معیوبی صفر ۲- زمان آماده‌سازی صفر ۳- موجودی صفر ٤- زمان حمل‌ونقل صفر ٥- از کارافتادگی ماشین‌آلات صفر ٦- زمان پیشبرد صفر ۷- اندازه انباشته یک.

برای ارزیابی ناب بودن، تمام عوامل هفتگانه می‌تواند مؤثر باشد. بنابراین روش‌های متعددی برای ارزیابی ناب بودن مورداستفاده قرار گرفته شده است، مانند روش تجزیه‌وتحلیل ابعادی و معادلات ساختاری. با توجه به این‌که در این روش‌ها نظرات خبرگان بسیار مؤثر است و روش‌های ریاضی خوبی برای جمع‌بندی نظریات خبرگان موجود نیست و یا صرفاً وابسته به نرم‌افزار خاصی است و در اکثر موارد تمام ابعاد هفت‌گانه توأمان در نظر گرفته نمی‌شود، در این مقاله با استفاده از توابع مطلوبیت گروهی (استفاده از چندین خبره) مدلی ارائه خواهد شد که بتواند با این ابعاد هفت‌گانه یک مدل ریاضی واحد برای ارزیابی کمی ناب بودن یک سیستم تولیدی ارائه دهد. برای این منظور نظرات خبرگان جمع‌آوری می‌شود سپس به ازای هر یک از این معیارهای هفت‌گانه یک تابع مطلوبیت گروهی بر اساس میزان انحراف از اهداف ناب بودن استخراج شده و در گام بعدی این توابع با استفاده از ترکیب خطی چندگانه در نهایت به یک تابع مطلوبیت تبدیل می‌گردد. فرض می‌شود که توابع مطلوبیت اولیه که توسط خبرگان ارائه می‌شود به ازای هر یک از توابع هدف خطی باشد. در پایان با استفاده از مدل نهایی میزان ناب بودن یک سیستم تولیدی در قالب یک مثال کاربردی ارائه می‌گردد. میزان ناب بودن به صورت کمی و عددی بین صفر و یک تخصیص می‌یابد. در نهایت با ارائه یک مدل ریاضی غیرخطی پشتیبان می‌توان سطح ناب بودن در آینده را نیز با توجه به تغییرات در شاخص‌های تأثیرگذار پیش‌بینی نمود.

۱-۲- نحوه استخراج مستقیم تابع مطلوبیت هر شاخص

تابع مطلوبیت یک فرد را می‌توان از طریق ارائه یک پیامد مطمئن ازیک‌طرف و ترکیب احتمالی از دو پیامد نامطمئن از طرف دیگر و مخیر ساختن وی در انتخاب هر یک از طرفین تعیین کرد. بر اساس اصل متعارف پیوستگی (سومین اصل از اصول متعارف نیومان – مورگسترون[۷]) اگر شخص پیامد A_1 را بر A_2 و A_3 ترجیح دهد، یک احتمال ذهنی $P(A_1)$ به غیر از صفر و یک وجود دارد که او را بین A_2 و یک بازی با احتمال $P(A_1)$ برای A_1 و $[1-P(A_3)]$ برای A_3، بی‌تفاوت خواهد کرد [۲].

$$L_1:\ \underline{\ \ 1\ \ }\ \ A_2 \quad \cong \quad L_2: \begin{cases} \overset{P}{\longrightarrow} & A_1 \\ \underset{1-P}{\longrightarrow} & A_3 \end{cases}$$

لذا با داشتن چهار پارامتر A_3، A_2، A_1 و P مطلوبیت یک موقعیت مشخص خواهد بود. اگر سه مورد از این پارامترها معلوم باشند، تصمیم‌گیرنده می‌تواند مقداری را به پارامتر چهارم تخصیص دهد سپس با تغییر یکی از پارامترهای از پیش معلوم، مقدار جدیدی را برای پارامتر چهارم تعیین کند. حاصل این روند رسیدن به رشته‌ای از ترجیحات تصمیم‌گیرنده است که بر اساس آن می‌توان تابع مطلوبیت وی را برازش نمود. وینستون[۸] الگوریتم ساده زیر را برای این منظور پیشنهاد کرده است [2]:

۱- به بیشترین عایدی، مطلوبیت ۱ و به کمترین عایدی، مطلوبیت ۰ را اختصاص دهید.

۲- مقادیر مطلوبیت سایر دریافتی‌ها مثل r_j را با طرح دو لاتاری به صورت زیر تعیین کنید:

$$L_1:\ \underline{\ \ 1\ \ }\ \ r_j \quad \cong \quad L_2: \begin{cases} \overset{P_j}{\longrightarrow} & max \\ \underset{1-P_j}{\longrightarrow} & min \end{cases}$$

$$U(r_j) = p_j \times u(max) + (1 - p_j) \times u(min) = p_j \qquad (۱)$$

۱. پس از ایجاد تعداد کافی از نقاط $(r_j, u(r_j))$ تابع مطلوبیت تعیین می‌شود.

به‌این‌ترتیب در مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه با اجرای این الگوریتم برای هر شاخص می‌توان مطلوبیت هریک از شاخص‌ها را برآورد نمود. در این مقاله نیز ترجیحات از خبرگان گرفته شده و به کمک نرم‌افزار مینی‌تب، فرمول رگرسیون توابع مطلوبیت اولیه باتوجه به فضای تصمیم و سطح معناداری به شکل خطی به‌دست‌آمده است.

۲-۲- تابع مطلوبیت کلی

برای ترکیب تابع مطلوبیت شاخص‌ها یا اهداف مختلف در یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره، فرم‌هایی معرفی‌شده که استفاده از هریک منوط به برقراری فرضیات معینی در شیوه تبادل بین اهداف یا شاخص‌های مسئله است. فرم ترکیب خطی چندگانه، معمولی‌ترین این اشکال

است، زیرا به حداقل مفروضات از استقلال اهداف یا شاخص‌ها نیاز دارد. برای استفاده از این شکل تابع کافی است تا نظم ارجحیت‌های شرطی سطوح مختلف مشخص باشد؛ شاخص(هدف j ام) دارای استقلال مطلوبیت از مکمل‌های خود، یعنی $(X_1, X_2, \dots, X_{j-1}, X_{j+1}, \dots, X_n)$ باشد؛ یعنی بستگی به سطوح سایر شاخص‌ها نداشته باشد. آزمون استقلال مطلوبیت با قرار دادن قرعه‌هایی مشابه قرعه زیر برای هر یک از شاخص‌ها انجام می‌گیرد.

فرض می‌شود تصمیم‌گیرنده نسبت به دو قرعه زیر (L_1, L_2) بی‌تفاوت است:

$$L_1: \xrightarrow[1]{} (\mathbf{r_1}, \dots, \mathbf{r_{2j}}, \dots, \mathbf{r_n}) \cong L_2: \begin{cases} \xrightarrow{P} (r_1, \dots, r_{1j}, \dots, r_n) \\ \xrightarrow{1-P} (r_1, \dots, r_{3j}, \dots, r_n) \end{cases}$$

چنانچه بین دو قرعه (L_3, L_4) نیز به صورت زیر بی‌تفاوت باشد:

$$L_3: \xrightarrow[1]{} (\acute{\mathbf{r}}_1, \dots, \mathbf{r_{2j}}, \dots, \acute{\mathbf{r}}_n) \cong L_4: \begin{cases} \xrightarrow{P} (\acute{r}_1, \dots, r_{1j}, \dots, \acute{r}_n) \\ \xrightarrow{1-P} (\acute{r}_1, \dots, r_{3j}, \dots, \acute{r}_n) \end{cases}$$

استقلال مطلوبیت شاخص jام از شاخص‌های مکمل خود محقق می‌شود. r_i ها و r_i'ها سطوح دلخواه از شاخص‌های ماتریس تصمیم می‌باشند. $(i \neq j)$

این آزمون باید برای کلیه ترکیبات ممکن از شاخص‌ها انجام گیرد.

در آخر و به کمک فرم ترکیب خطی چندگانه مطابق با فرمول (۲) تابع مطلوبیت و یا همان تابع نابی در سیستم تولیدی موردنظر بیان می‌شود که در آن $U_j(r_j)$ تابع مطلوبیت شاخص j ام و مقادیر مختلف α، ثابت‌های به مقیاس درآورنده هستند.

(۲)

$$U(A) = \sum_{j=1}^{n} \propto_j U_J(r_j) + \sum_{j=1}^{n}\sum_{j'>j} \propto_{jj'}. U_j(r_j). U_{J'}(r_{j'}) + \sum_{j=1}^{n}\sum_{j'>j}\sum_{j">j'} \propto_{jj'j"}. U_J(r_j). U_{j'}(r_{j'}). U_{j"}(r_{j"}) + \cdots + \propto_{1,2,3,\dots,n}. U_1(r_1). U_2(r_2) \dots U_n(r_n)$$

به‌طوری‌که $u_j\ (r_j)$ بین صفر و یک خواهد بود و $U_J\ (r_j)$ یک تابع مطلوبیت شرطی است چنانچه:

- $U_j\ (r_j^0)=0$ به ازای ارزشی همچون r_j^0
- $UJ(r^*_j)=1$ به ازای ارزشی همچون r^*_j

همچنین $1 > \alpha_j, \alpha_{jj'}, \dots, \alpha_{jj'\dots n}$ نشان‌دهنده ثابت‌های مقیاس درآورنده بوده و $-1 < \alpha \leq \infty$ مطابق فرمول (۳) یک پارامتر است.

$$\alpha_{j\acute{j}} = 1 - (\alpha_j + \alpha_{\acute{j}}) \qquad (۳)$$

ارزش $\propto_j$ بیانگر میزان اهمیت نسبی شاخص j ام می‌باشد و با طرح بازی زیر به دست می‌آید:

$$L_1: \xrightarrow[1]{} \left(X_{1,w}, \dots, X_{j-1,w}, X_{j,b}, X_{j+1,w}, \dots, X_{nw}\right) \cong$$

$$L_2: \begin{cases} \xrightarrow{\propto_j} \left(X_{1,b}, \dots, X_{j-1,b}, X_{j,b}, X_{j+1,b}, \dots, X_{nb}\right) \\ \xrightarrow[1-\propto_j]{} \left(X_{1,w}, \dots, X_{j-1,w}, X_{j,w}, X_{j+1,w}, \dots, X_{nw}\right) \end{cases}$$

تابع فرم ساده‌تری می‌یابد، اگر شاخص‌ها از استقلال جمع‌پذیر نیز برخوردار باشند. آزمون استقلال جمع‌پذیر برای دو شاخص r_i و r_j با احراز بی‌تفاوتی تصمیم‌گیرنده نسبت به دو قرعه زیر انجام می‌گیرد [2]:

این آزمون نیز باید برای کلیه ترکیب‌های ممکن از شاخص‌ها انجام گردد [2].

هنگامی‌که بیش از یک شاخص در ترجیحات مؤثر باشد، نیاز به تجزیه مسئله به شاخص‌های تشکیل‌دهنده آن و تعیین یک تابع مطلوبیت شرطی برای هر شاخص است که این توابع شرطی به‌وسیله یکی از فرم‌های جمع‌پذیر، حاصل‌ضرب و یا ترکیب‌های خطی چندگانه با توجه به شرایط استقلال شاخص‌ها نسبت به هم با یکدیگر ترکیب می‌شوند [6].

۳- پیشینه تحقیق

پیچیدگی‌های دنیای حاضر چه از نظر تعداد گزینه‌های تصمیم‌گیری و چه از نظر تعارض‌های ذاتی متغیرهای فضای پاسخ سبب ایجاد اختلال و کاهش اثربخشی در حوزه انتخاب و تصمیم‌گیری بهینه‌شده است [۷]. فضای سیستم‌های تولیدی نیز استثنا نبوده و شامل پیچیدگی‌های زیادی است. در این میان سیستم تولید ناب برای بهبود کیفیت به عنوان یک فاکتور کلیدی برای افزایش رضایت مشتری عمل می‌کند [۸].

استفاده از تابع مطلوبیت، در رتبه‌بندی گزینه‌های ماتریس تصمیم‌گیری در چندین مطالعه به چشم‌خورده است. برای مثال رتبه‌بندی اعتباری مشتریان در شبکه بانکی کشور با استفاده از تابع مطلوبیت چندشاخصه توسط راستی و اختیاری در سال ۱۳۹۰ صورت گرفت. تابع مطلوبیت به‌صورت خطی و بر اساس فرمول سویچ و درینگر[۹] برآورد شده و با فرض وجود استقلال جمع‌پذیر مطلوبیت شاخص‌ها محاسبه شده است [9].

سید حسینی و بیات ترک در سال ۱۳۸۳ با استفاده از روش تجزیه تحلیل ابعادی، مدلی ارائه می‌دهند که میزان سازگاری کارخانجات تولیدی را با معیارها و ویژگی‌های تولید ناب مقایسه می‌کند [10]. اسدی و همکارانش در سال ۱۳۹۰ ضمن معرفی عوامل و ویژگی‌های تولید ناب در یک کارخانه صنایع غذایی سعی کرده‌اند که با استفاده از روش تجزیه‌وتحلیل

ابعادی مدلی ارائه دهند که میزان سازگاری فرایند تولید دوغ را با معیارها و ویژگی‌های تولید ناب مقایسه نمایند [11]. هوشیار و صادق عمل نیک در سال ۱۳۹۰ به منظور تعیین میزان ناب بودن، عوامل اصلی و مؤثر تولید ناب را در شرکت مونتاژ رز، مورد ارزیابی و سنجش قرار دادند. ایشان برای این کار از روش تجزیه‌وتحلیل ابعادی استفاده نموده و برای تبدیل به فرم استاندارد از تکنیک‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه استفاده نموده‌اند [12]. سالاری و همکارانش در سال ۱۳۹۲ در پژوهش خود، ۱٤عامل اصلی در صنعت خودرو را شناسایی و در قالب پرسش‌نامه‌ای در اختیار خبرگان قرار داده‌اند تا ارتباط و توالی این عوامل با روش ISM مشخص و سپس با روش تحلیل مسیر تأیید شود [3] . ترتیب این عوامل به مدیران کمک می‌کند تا در صورت پیاده‌سازی این عوامل برای بهبود در روش‌های تولید و نزدیک شدن به تولید ناب از کدام عامل شروع کنند. برادران و همکارانش در سال ۱۳۹٤ به ارزیابی سطح آمادگی شرکت ایران ترانسفو-ری برای اجرای سیستم تولید ناب با استفاده از مدل تجزیه‌وتحلیل ابعادی پرداخته‌اند که درنتیجه این پژوهش شرکت ترانسفو-ری از انطباق کامل با تولید ناب فاصله دارد [13]. پویا و همکارانش در سال ۱۳۹٤ مدلی را جهت ارزیابی تولید ناب در صنایع کوچک و متوسط با استفاده از ترکیب روش‌های تحلیل عاملی تأییدی، خوشه‌بندی و تکنیک پرومته[10] برای تولیدکنندگان فلزات اساسی فابریلای استان آذربایجان شرقی ارائه دادند [14]. فقهی فرهمند در سال ۱۳۹٦ مدلی جهت ارزیابی تولید ناب در صنایع کوچک و متوسط با استفاده از ترکیب روش‌های تحلیل عاملی تأییدی، خوشه‌بندی و تکنیک LINMAP ارائه داد که نتایج حاصل از هشت ساختار تولید ناب شامل تولید به موقع، مدیریت کیفیت کامل، تعمیر و نگهداری، روابط با تأمین‌کنندگان، روابط مشتری، مدیریت منابع انسانی، مدیریت فرآیند و برنامه بهبود در سطح کارخانه بود [15].

با توجه به پیچیدگی و عدم اطمینان محیطی، اهمیت تصمیم‌گیری نمایان می‌شود. در همین راستا برای کاهش میزان عدم قطعیت اطلاعات و کاهش ریسک ناشی از پیچیدگی‌های محیطی، جهت تصمیم‌گیری‌های سازمانی از روش‌های ریاضی که در شرایط عدم قطعیت کاربرد دارند، مانند رویکردهای فازی که هم در شرایط اطمینان و هم در شرایط عدم اطمینان داده‌ها پاسخگوی تغییرات محیطی هستند، بهره گرفته می‌شود؛ بعلاوه می‌توان از مدل‌های ریاضی‌ای

چون تحلیل پوششی داده‌ها و تئوری امکان و الزام که به ارائه الگویی برای پاسخ به شرایط تصمیم‌گیری می‌پردازند، بهره جست. بهره‌گیری از چنین الگوهایی در تصمیم‌گیری ضمن برآورد همه حالات پیش روی مدیران جهت اخذ تصمیم، می‌تواند راهکاری برای کاهش عدم اطمینان و ریسک حاصل از تصمیم‌گیری‌های فردی باشد [١٦].

این اهمیت به عدم اطمینان محیطی در سیستم تولید ناب نیز در کار تعدادی از پژوهش‌گران دیده می‌شود. داون و چن[١١] در سال۲۰۰۸ یک معیار ناسازگاری با یک معیار مستقل برای اندازه‌گیری ناب بودن سیستم تولیدی ارائه دادند که با استفاده از روش تجزیه تحلیل پوشش داده‌ها و یک برنامه خطی مبتنی بر اندازه‌گیری، میزان ناب بودن سیستم را نشان می‌دهند [17].

وینو[١٢] و همکاران در سال ۲۰۰۹ به ارزیابی ناب بودن یک سازمان تولیدی و طراحی یک مدل اندازه‌گیری با رویکرد فازی چند درجه‌ای پرداخته‌اند که پس از شناسایی شاخص نابی زمینه‌هایی برای بهبود نابی شناسایی شده است [18]. وینو و بلاجی[١٣] نیز در سال ۲۰۱۰ به ارزیابی میزان ناب بودن سیستم تولیدی و طراحی یک مدل اندازه‌گیری با استفاده از رویکرد فازی پرداخته‌اند و پس از محاسبه شاخص نابی، ازآنجایی‌که این محاسبات مستعد خطا است، یک سیستم پشتیبانی کامپیوتری توسعه داده‌اند[19].

کومار[١٤] و همکارانش در سال ۲۰۱۳ یک مدل ساختاری متغیرها برای اجرای مفهوم ناب در صنعت خودروی هند با استفاده از مدل‌سازی تفسیری ISM[١٥] طراحی کرده‌اند [20]. رجا[١٦] و همکارانش در سال ٢٠١٦ رابطه بین تولید ناب و عملکرد عملیاتی را در چهار بعد کیفیت، تحویل، هزینه و انعطاف‌پذیری موردبررسی قرار داده‌اند. ایشان از یک معیار ناسازگاری واحد و یک معیار مستقل با تکنیک تجزیه‌وتحلیل پوشش داده‌ها برای اندازه‌گیری درجه نابی سیستم تولیدی استفاده کرده‌اند [21]. این رابطه در [22] نیز دیده می‌شود.

ارتباط بین تولید ناب و عملکرد عملیاتی نیز در تعدادی از کارهای مطالعاتی از جمله [23] دیده می‌شود. این قبیل مقالات به سازمان‌های تولیدی کمک می‌کند با استفاده از ابزار معرفی‌شده تولیدات خود را مدیریت کنند.

به‌عنوان‌مثال در مقاله [٥] متقی و قدردان بر اساس یک مطالعه موردی، نخست با استفاده از نقشه‌برداری جریان ارزش به عنوان یکی از ابزارهای اصلی تولید ناب، اتلاف‌ها و

فرصت‌های بهبود را شناسایی و به صـورت سیسـتماتیک بـرای کـاهش هر یک از این اتلاف‌ها، ابزارهای تولید ناب معرفی کرده‌اند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان‌دهنده کاهش چشمگیری در منابع اتلاف است.

در این مقاله نیز با نگاه ویژه به تولید ناب در سطح عملیاتی به بررسی درجه ناب بودن شرکت تولیدی در این سطح پرداخته و همچنین شرایط پیش‌بینی میزان ناب بودن در آینده نیز با توجه به تغییرات در شاخص‌های تأثیرگذار فراهم می‌شود.

۴- معیارهای تجزیه‌وتحلیل عوامل ناب بودن

تولید ناب یکی از معروف‌ترین نمونه‌ها در حذف اتلاف در صنعت ساخت و خدمات است. بنابراین، شرکت‌های زیادی منفعت خود را در بهره بردن از تولید ناب دیده و به کمک آن می‌توانند کیفیت و بازدهی را افزایش دهند. بااین‌وجود، پژوهش‌های قبلی نشان می‌دهند که مجموعه‌های مختلفی از ابزار یا روش‌ها بدین منظور در کارخانه‌ها وجود دارند. این موضوع منجر به مقیاس‌های مختلف ناب بودن برای اندازه‌گیری روش‌های ناب شده است. در این مقاله، مدلی برای اندازه‌گیری میزان ناب بودن در صنعت تولیدی طراحی‌شده است.

برای تولید ناب در صنعت نساجی از هفت عامل اساسی استفاده شده است. این عوامل بر اساس ادبیات، پیشینه موضوع و مصاحبه با خبرگان مطابق با جدول شماره ۱ انتخاب و تأیید شده‌اند. با توجه به اینکه ناب بودن یک سیستم تولیدی به عوامل هفت‌گانه بستگی دارد، ممکن است یک سیستم تولیدی در برخی از این شاخص‌ها ایده‌آل و در بقیه شاخص‌ها در سطح پایینی قرار داشته باشد و در این شرایط اکثر سیستم‌های تولیدی خود را ناب بنامند، درصورتی‌که برخلاف شرایط ناب بودن است. لذا بررسی میزان ناب بودن یک سیستم تولیدی با اشراف کامل بر روی همه عوامل بسیار حائز اهمیت است.

در این مقاله با استفاده از توابع مطلوبیت گروهی (استفاده از چندین خبره) مدلی ارائه می‌شود که بتواند با این ابعاد هفت‌گانه یک مدل ریاضی واحد برای ارزیابی کمی ناب بودن یک سیستم تولیدی ارائه دهد.

جدول ۱– اهداف اصلی به عنوان شاخص ناب بودن سیستم تولید

شاخص	تعریف شاخص	واحد اندازه‌گیری
X_1	معیوبی صفر [١٦] و [٦]	تعداد در ساعت
X_2	زمان آماده‌سازی صفر	ساعت
X_3	موجودی صفر [٢٤]	تعداد به صورت روزانه
X_4	زمان حمل‌ونقل صفر [٢٤]	ساعت
X_5	ازکارافتادگی ماشین‌آلات صفر	تعداد خرابی در سال
X_6	زمان پیشبرد صفر	ساعت
X_7	اندازه انباشته یک [٦]	تعداد به صورت روزانه

در این مدل‌های تصمیم‌گیری چندین هدف به‌طور هم‌زمان جهت بهینه شدن، موردتوجه قرار می‌گیرند. مقیاس سنجش برای هر هدف ممکن است با مقیاس سنجش برای بقیه اهداف متفاوت باشد. مثلاً در این پژوهش یک هدف در راستای افزایش سطح نابی رو به صفر بودن تعداد خرابی است که بر حسب واحد تعداد در ساعت سنجش می‌شود و هدف دیگر حداقل زمان آماده‌سازی است که بر حسب ساعت اندازه‌گیری می‌شود.

۵- تجزیه‌وتحلیل اطلاعات

همان‌طور که پیش‌ازاین نیز مطرح شد در این تحقیق با استفاده از توابع مطلوبیت گروهی (استفاده از چندین خبره) مدلی ارائه می‌شود که بتواند با ابعاد هفت‌گانه تولید ناب یک مدل ریاضی واحد برای ارزیابی کمی ناب بودن یک سیستم تولیدی ارائه دهد. بررسی ناب بودن سیستم‌های تولیدی، همچون دیگر پروژه‌ها تابع برخی مؤلفه‌های کمی و قابل‌اندازه‌گیری است؛ همچون زمان حمل‌ونقل صفر، معیوبی صفر و غیره که بدیهی است این ضرایب و نسبت‌ها قابل‌استخراج و محاسبه است.

تصمیم‌گیری در دنیای واقعی مستلزم در نظر گرفتن شواهد و اطلاعات به‌دست‌آمده از منابع مختلفی است که در تصمیم‌گیری مؤثر است؛ گاه این شواهد و اطلاعات در دسترس و دقیق بوده و گاه چنان پیچیده و مبهم است که منجر به ظهور سبک‌های تصمیم‌گیری گوناگون

می‌گردد [16]. به منظور کاهش پیچیدگی و واقعی‌تر شدن اطلاعات، زمانی که نیاز به نظرات افراد خبره باشد، ابتدا افراد تصمیم‌گیرنده امتیازهای موردنظرشان را اعلام می‌دارند و سپس میانگین امتیازهای اختصاص داده شده در روند محاسبات استفاده می‌شود. امتیاز اختصاص‌یافته در مورد با هرکدام از شاخص‌ها از بازه معنادار مرتبط با آن شاخص انتخاب می‌شود.

هدف از بسط تابع مطلوبیت برای یک مدل تصمیم‌گیری، تبدیل مدل به یک مسئله تک معیاره است که حاصل ترکیب مطلوبیت‌های ناشی از هر یک از شاخص‌ها، به شیوه مناسب است. برای این منظور نظرات خبرگان جمع‌آوری گردیده و سپس به ازای هر یک از این معیارهای هفت‌گانه یک تابع مطلوبیت گروهی بر اساس میزان انحراف از اهداف ناب بودن استخراج و در گام بعدی این هفت تابع مطلوبیت جزئی، با استفاده از ترکیب خطی چندگانه در نهایت به یک تابع مطلوبیت تبدیل می‌گردد. در این پژوهش فرض می‌شود که این توابع مطلوبیت جزئی به ازای هر یک از توابع هدف خطی است. در نهایت با استفاده از این مدل به‌دست‌آمده، میزان ناب بودن سیستم تولیدی موردنظر ارائه می‌گردد. برای تشریح مدل تابع، فرض کنید که ابتدا، ٤ گروه تصمیم‌گیرنده شامل مدیرعامل، معاونت اجرائی، معاونت مالی و گروه مشاورین، ۷ شاخص ارزیابی را در نظر دارند. هر شاخص ارزیابی در بازه بسته مخصوص به خود انتخاب می‌شود. مراحل اجرای مدل تابع مطلوبیت در مورد این مثال عددی به صورت زیر است.

مرحله اول: افراد تصمیم‌گیرنده، امتیازهای محاسبه شده در مورد هر شاخص و میزان مطلوبیت را به صورت جدول ۲ اعلام کرده‌اند.

جدول۲- نظرات خبرگان برای محاسبه مطلوبیت شاخص‌ها در شرکت نساجی (منبع: یافته‌های تحقیق)

گزینه / شاخص	r_i				$u(r_i)$			
X_1	۷۰	۵۸	٤۰	۱۵	۰	۰٫۳	۰٫٦	۱
X_2	۳	۱٫۷	۰٫۸	۰٫۱	۰	۰٫۲٤	۰٫۷	۱
X_3	۲۰۰۰	۱٦۰۰	۵۰۰	۱۰۰	۰	۰٫٤	۰٫۸	۱

گزینه / شاخص	r_i				$u(r_i)$			
X_4	۱	۰,۷	۰,۲	۰,۰۵	۰	۰,۵	۰,۹	۱
X_5	۲	۱,۲	۰,۸	۰,۲	۰	۰,۳	۰,۵	۱
X_6	۱,۲	۰,۹	۰,٦٥	۰,۲	۰	۰,۲	۰,۷	۱
X_7	۳۰۰	۲٤۰	۱٤٥	۹۰	۰	۰,٤٥	۰,٦٥	۱

مرحله دوم: برای هر شاخص، استخراج توابع مطلوبیت جزئی به صورت مستقیم انجام گرفته است. با توجه به فضای تصمیم، تابع مطلوبیت هر معیار به صورت یک تابع خطی و با کمک روش رگرسیون به‌وسیله نرم‌افزار مینی‌تب محاسبه و در این راستا به حد بالا و پایین ارزش هر شاخص، مطلوبیت ۰ و ۱ اختصاص داده شده است و برای ارزش‌های میانی با طرح بازی استاندارد مطابق رابطه (۱) مقدار مطلوبیت مشخص می‌گردد.

۱-۵- بررسی شرایط استقلال مطلوبیت مکمل

برای رسیدن به تابع مطلوبیت کلی، لازم است ابتدا آزمون‌های استقلال شاخص‌ها اجرا شود. برای این کار باید استقلال ترجیحات هر شاخص از شاخص‌های مکمل خود بررسی شود. مثلاً برای بررسی استقلال شاخص زمان آماده‌سازی صفر از دیگر شاخص‌ها قرعه‌های زیر طرح می‌شود.

$$L_1: \underset{1}{\text{———}} \ (0,2.5,0,0,0,0,0) \cong \quad L_2: \begin{array}{l} \text{———} \ 0.2 \ (0,0.1,0,0,0,0,0) \\ \text{———} \ 0.8 \ (0,3,0,0,0,0,0) \end{array}$$

$$L_3: \underset{1}{\text{———}} \ (\mathrm{X}_1, 2.5, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7) \cong L_4 \begin{array}{l} \text{———} \ 0.2 \ (\mathrm{X}_1, 0.1, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7) \\ \text{———} \ 0.8 \ (\mathrm{X}_1, 3, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7) \end{array}$$

X_1 تا X_7 ارزش دلخواه از سایر شاخص‌ها می‌باشند. بی‌تفاوتی شرکت بین قرعه‌های اول و دوم احراز شده است. بی‌تفاوتی شرکت بین قرعه‌های سوم و چهارم به معنای استقلال

مطلوبیت شاخص زمان آماده‌سازی صفر از سایر شاخص‌ها است.

اکنون با احراز استقلال مطلوبیت بین شاخص‌ها می‌توان از فرم ترکیب خطی چندگانه برای محاسبه مطلوبیت کلی استفاده کرد. ازآنجاکه این فرم در صورت وجود استقلال جمع‌پذیر بین شاخص‌ها به صورت ساده‌تر درمی‌آید، آزمون وجود استقلال جمع‌پذیر نیز بین شاخص‌ها انجام گرفته است. در این مسیر برای هر ترکیب دوتایی از شاخص‌ها مثل ترکیب (i,j)، قرعه‌هایی تنظیم و در اختیار شرکت قرار داده شد. مثلاً برای بررسی استقلال جمع‌پذیر بین دو شاخص معیوبی صفر و زمان آماده‌سازی صفر مطابق زیر عمل شد:

$$L_1: \begin{cases} 0.5 & (15,3) \\ 0.5 & (70,0.1) \end{cases} \quad \cong \quad L_2: \begin{cases} 0.52 & (15,0.1) \\ 0.5 & (70,3) \end{cases}$$

شرکت بین دو قرعه فوق بی‌تفاوت نیست. آزمون‌های مشابه برای ترکیب شاخص‌های دیگر نیز نشان می‌دهد که استقلال جمع‌پذیر بین شاخص‌ها وجود ندارد.

نتیجه تست استقلال جمع‌پذیر برای ترکیبات سه‌تایی و بیشتر مثبت بوده است. به عبارتی چنانچه با احتمال برابر مقدار دو شاخص یا بیش‌تر در بدترین وضعیت ممکن یا بهترین وضعیت ممکن باشند، تصمیم‌گیرنده نسبت به تغییر در ارزش شاخص‌های باقی‌مانده (با احتمال برابر) بی‌تفاوت است. به‌این‌ترتیب فرم تابع مطلوبیت کلی تصمیم‌گیرنده در بخش بعدی قابل مشاهده است.

۲-۵- روش تابع مطلوبیت با فرم ترکیب خطی چندگانه برای مسئله موردنظر

در این پژوهش نیز طی یک مطالعه موردی ضمن معرفی عوامل و ویژگی‌های تولید ناب سعی شده است که با ارائه مدل ترکیبی مقایسات زوجی گروهی و تابع مطلوبیت میزان سازگاری محل موردمطالعه را با معیارها و عوامل تولید ناب مقایسه و نتایج، موردبررسی و تجزیه‌وتحلیل قرار بگیرد.

(۳)

$$U(A) = 11.0176 - 0.0445X_1 - 0.9281X_2 - 0.001X_3 - 0.6248X_4 - 1.9015X_5 - 2.3806X_6 - 0.0039X_7 - 0.0006X_2X_7 + 0.2137X_2X_6 + 0.0037X_1X_5 - 0.0003X_4X_7 + 0.133X_2X_5 - 0.017X_1X_4 - 0.0004X_5X_7 - 0.106X_4X_6 + 0.0001X_3X_5 + 0.088X_2X_4 + 0.0033X_1X_2 + 0.0001X_3X_4 + 0.5X_4X_5 + 0.0093X_1X_6 + 0.428X_5X_6 - 0.0002X_6X_7$$

۶- نتیجه‌گیری

در این پژوهش تلاش شده است تا با ارائه یک مدل ریاضی غیرخطی پشتیبان به کمک مدیران آمده و ابزاری برای تصمیم‌سازی بهتر در شرایط پیچیده محیطی فراهم شود.

عوامل مؤثر بر ناب‌سازی در سیستم تولیدی در حوزه نساجی تحت عنوان هفت عامل مهم مورد شناسایی واقع شد که اهمیت همه این عوامل با روابط معنادار در مدل ساختاری مورد تأیید واقع شدند.

سپس از روش ترکیب خطی چندگانه برای برآورد مطلوبیت رتبه‌های حاصل از مدل تابع مطلوبیت گروهی جهت تعیین سطح ناب بودن شرکت موردمطالعه استفاده کرده و در نهایت به فرمول غیرخطی نهایی بر اساس شاخص‌های تأثیرگذار تولید ناب رسیده‌ایم که به کمک آن می‌توان سطح نابی که عددی در بازه صفر تا یک است را استخراج کرد. نتایج حاکی از آن است که به کمک این روش می‌توان سطح ناب بودن در آینده را نیز با توجه به تغییرات در شاخص‌های تأثیرگذار در آینده پیش‌بینی کرد و این‌چنین به ارتقا و بهبود تصمیمات مدیران کمک کرد.

ازآنجایی‌که ممکن است فرض خنثی بودن تصمیم‌گیرنده نسبت به ریسک (و در نتیجه خطی بودن توابع مطلوبیت) برای فعالان اقتصادی فرض صحیحی نباشد. به‌ویژه این‌که حساسیت نسبت به ریسک تابعی از شرایط بازار نیز هست و در شرایط فعلی که سرمایه‌گذاران از منطقی بودن نرخ و دوره بازگشت سرمایه مطمئن نیستند، رفتار ریسک گریز دور از انتظار نیست. لذا پیشنهاد می‌شود بدون در نظر گرفتن فرض خطی بودن توابع مطلوبیت

هر شاخص نیز، مسئله حل شود.

ازآنجایی‌که روش‌ها و رفتارهای مدیریتی و منابع انسانی ماهر از جمله اساس اولیه طراحی مدل تولید ناب بوده و اصولاً پیاده‌سازی سیستم ناب بدون حمایت منابع انسانی امکان‌پذیر نیست، اهمیت به آموزش و توانمندسازی کارکنان و بررسی تأثیر این فاکتور در سیستم ناب نیز پیشنهاد می‌شود؛ چراکه سیستم ناب نیاز به افراد با مهارت نیز دارد [۲٤].

در نهایت پیشنهاد می‌شود مسئله موردبحث با بررسی ملاحظات پایداری در تولید ناب به صورت توأمان مطالعه شود.

۷- پی‌نوشت‌ها

1. Lean
2. Balstro
3. Romero
4. Womack
5. Just in time
6. Setup time
7. Newman - Morgestron
8. Winston
9. Switches and dringers
10. PROMOTEE
11. Da wan and Chen
12. Vinodh et al.
13. Vinodh and Balaji
14. Kumar et al.
15. Interpretive Structural Modeling
16. Raja et al.

۸- منابع

[1] Samaneh Doshmangir, (2013), "Lean Supply Chain with Competitiveness Approach", Second National Conference on New Management Sciences, Gorgan, Hakim Jorjani Non-Profit Higher Education Institute.

[2] Hosseini Zahra and Kazemi Mostafa, (2015), "Comparison of the results obtained by direct extraction of the utility function and linear-approximate estimates of it in solving multi-criteria decision models (Case study: choosing the type of building

structure)", Journal of Research In operations in its applications, twelfth year, fourth issue, pp. 28-15

[3] Salari Anahita, Farsijani Hassan, Hamidizadeh Mohammadreza and Dori Nokourani Behrooz, (2013), "Prioritization of Lean Production Factors with Interpretive Structural Approach (Case Study: Automotive Industry Supply Chain)", Management Research in Iran, Volume 18 , Number 2, pp 107-126

[4] Womack, J.P. Daniel, D.T. Roos, D. (1990) The Machie That Changed The World Radnejad, A, Nab Andishan, Tehran, 1392, 320.

[5] Mottaqi, Hayedeh, Ghadrdan, Akbar, (2015), Reduce production delivery time using flow mapping Value and simulation, Management Researches in Iran, Volume 18, Number 4, pp. 161-181.

[6] Asgharpour, Mohammad Javad (2011), "Multi-Criteria Decision Making", 10th Edition, Tehran, Tehran University Press

[7] Shoala, Mehdi, Ghasemi, Ahmad Reza, Shahbazi, Meysam, (2018), Identification and morphological analysis of vital aspects of development A new product in the passenger car industry, Management Researches in Iran, Volume 22, Number 2, pp. 153-177.

[8] Tiwari, Prashant, Sadeghi, Javad, Eseonu, Chinweike, (2020), A Sustainable Lean Production Framework with a Case Implementation: PracticeBased View Theory, Journal of Cleaner Production, Volume 277, Issue 20

[9] Rasti Mohammad Reza, Ekhtiari Mostafa, (2011), "Group Decision Making for Customer Credit Rating", Sepah Bank Magazine, pp. 2

[10] Seyed Hosseini Seyed Mohammad, Bayat Turk Amir. (2004), "Evaluation of Lean Production Factors in Custom Discontinuous Production Organizations (Case Study: Sadid Industrial Group)" Lecturer of Humanities, Summer 2005, Volume 9, Number 2, Consecutive 39.

[11] Asadi Saeed, Qaraei Abolfazl and Panahi Hanieh, (2011), "Evaluation of Lean Production Factors in the Dough Production Process of Milk Factory", Journal of Food Industry Research, Volume 21, Number 4

[12] Hoshyar Navid and Sadegh Amal Nik Morteza, (2011), "Determining the degree of purity using dimensional analysis methods of hierarchical analysis process and fuzzy TOPSIS (case study: Rose Chimney Assembly Company)", Quarterly Journal of Industrial Management, Faculty of Science Humanities Islamic Azad University, Sanandaj Branch, Year 6, No. 17

[13] Siamak Baradaran, Mohammad Reza Daraee and Fattahi Davood, (2015), "Assessing the level of readiness of Iran Transform Company for the

implementation of lean production system", Faculty of Management, University of Tehran, Volume 7, Number 2.

[14] Pouya Alireza, Soltani Fasqandis Gholamreza, (2015), "A Model for Evaluating Lean Production in Small and Medium Industries Using a Combination of Confirmatory Factor Analysis, Clustering and PROMOTEE Techniques", Industrial Management Studies, Volume 13 Number 37.

[15] Feqhhi Farahmand Nasser, (2017), "A Model for Evaluating Lean Production in Small and Medium Industries Using a Combination of Confirmatory Factor Analysis Methods, Clustering and LINMAP Technique (Study of Small, Medium Industries, Basic and Factory Metals)", 10th Year Productivity Management , Issue 40.

[16] Tadris Hasani, Masumeh, Rahmansereaht, Hossein, (2020), Provide a mathematical model to determine decision-making styles and Improving its effectiveness in the face of data uncertainty, Modern Researchs in Decision Making, Volume 5, Number 2, pp. 1-20.

[17] Da wan, H and Chen, F. (2008) A leanness measure of manufacturing systems for quantifying impacts of lean initiatives. Journal International Journal of Production Research Volume 46, Issue 23.

[18] Vinodh, S and Chintha, S.K . (2009) Leanness assessment using multi-grade fuzzy approach, International Journal of Production Research, Volume 49, Issue 2.

[19] Vinodh, S and Balaji, S.R. (2010) Fuzzy logic based leanness assessment and its decision support system, International Journal of Production Research, Volume 49, Issue 13.

[20] Kumar, N., Kumar, S., Haleem, A. and Gahlot, P. (2013) Implementing Lean Manufacturing System: ISM Approach, Journal of Industrial Engineering and Management JIEM, Volume 6, No 4 .pp. 996-1012.

[21] Raja, Z., Rasi, R.M., Rakiman, U.S. and Fauzi Bin Ahmad, M.d. (2016) Relationship Between Lean Production and Operational Performance in the Manufacturing Industry, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering,Volume 83, conference 1.

[22] Dos, G. and Gérson, T. (2018) Developing an instrument to measure lean manufacturing maturity and its relationship with operational performance, Journal Total Quality Management & Business Excellence, Volume 29. Issue 9-10.

[23] Oleghe O., Salonitis K. (2018) Leanness Assessment Tools and Frameworks. In: Davim J. (eds) Progress in Lean Manufacturing. Management and Industrial Engineering. Springer, Cham.

[24] Ayouk, Ashkan, (2019), Workflow scheduling in and out of lean cells with Teaching-learning optimization algorithm approach, Modern Researchs in Decision Making, Volume 3, Number 4, pp. 153-175.