



توزیع محصول در طی زنجیره تأمین است، بسته‌بندی مناسب محصولات غذایی می‌تواند نقش بسزایی در کاهش این اتلاف ایفا نماید (ویلیامز، ه. و دیگران ۲۰۰۸).

علاوه بر موارد فوق‌الذکر، نقش آلاینده‌های زیست‌محیطی خود بسته‌بندی نیز نباید مغفول بماند. بنابراین بسته‌بندی یک ماده غذایی از دو منظر تأثیر زیست‌محیطی خود بسته‌بندی و دوم اتلاف ماده غذایی ناشی از نوع بسته‌بندی می‌تواند بر محیط‌زیست تأثیر داشته باشد (جناری، م. و دیگران ۱۹۹۲). با مراجعه به ادبیات این مقاله، عمده پژوهش‌های انجام شده در حوزه بسته‌بندی سبزی محصولات غذایی را می‌توان در دو گروه طبقه‌بندی نمود. گروهی از پژوهشگران جنبه‌های اجتماعی بسته‌بندی محصولات را مورد بررسی قرار داده و سایرین به ماهیت و نوع بسته‌بندی توجه بیشتری داشته‌اند. برخی از پژوهشگران معتقدند در اکثر موارد، مشتریان قبل از توجه به خود محصول بیشترین توجه را به بسته‌بندی آن معطوف می‌دارند (رزمی و نصرالهی ۱۳۹۲). با توجه به افزایش مسئولیت اجتماعی مشارکتی در جوامع امروزی، می‌توان ادعان کرد توجه به جنبه‌های اجتماعی بسته‌بندی مواد غذایی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است.

فرج، ای. (۲۰۰۷) در پژوهشی به بررسی رفتار مشتریان در خصوص مباحث زیست‌محیطی پرداخته است. او به این نتیجه رسید که مشتریان غالباً ترجیح می‌دهند که محصولات سازگار با محیط‌زیست را تهیه کنند. این امر نه فقط به خاطر حفظ سلامتی است بلکه آنها به حفظ منابع طبیعی برای نسل‌های بعدی نیز می‌اندیشند.

الوالی، م. (۲۰۱۰) به بررسی تأثیر افکار عمومی بر سطح بازیافت ضایعات بسته‌بندی در اتحادیه اروپا و به‌ویژه کشور لهستان پرداخت. او در ابتدا میزان بازیافت بسته‌بندی‌ها را در کشور لهستان از زمان عضویت در اتحادیه اروپا مورد بررسی قرار داد. وی در ادامه تأثیر افکار عمومی اتحادیه اروپا را بر سطح بازیافت بسته‌بندی‌ها در طی سال‌های (۲۰۰۲-۲۰۰۷) مورد بررسی قرار داد. او به این نتیجه رسید که با توجه به عضویت لهستان در اتحادیه اروپا از سال ۲۰۰۴ میزان بازیافت بسته‌بندی در این کشور افزایش چشم‌گیری داشته است.

در کشور انگلستان، میان مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان، نقش مسئولیت اجتماعی مشارکتی در جلوگیری از ضایعات توسط کوگنیس، ج. (۲۰۰۱) مورد ارزیابی قرار گرفت. او به این نتیجه رسید که اختصاص جریمه مستقیم به ازای ضایعات

ایجاد شده در خصوص بسته‌بندی محصولات، دیگر تأثیر بسزایی در کاهش این ضایعات ندارد، بلکه این مسئولیت اجتماعی مشارکتی است که می‌تواند در کاهش این ضایعات مؤثر باشد.

در کنار جنبه اجتماعی، برخی محققان ماهیت بسته‌بندی را نیز به‌عنوان یک عامل پراهمیت در حفظ محیط‌زیست مورد بررسی قرار داده‌اند. ساونس، ای. و دیگران (۲۰۱۰) یک متدولوژی برای طراحی بسته‌بندی پایدار ارائه دادند. این متدولوژی به بررسی بسته‌بندی و محصول بسته‌بندی شده در کل زنجیره تأمین و عرضه پرداخته است. در این مقاله، شاخص‌هایی از قبیل پایداری زیست‌محیطی، هزینه‌های توزیع، حفاظت از محصول و رقابت‌پذیری در بازار به‌عنوان فاکتورهای کلیدی در نظر گرفته شده است.

پتانسیل‌های دست‌یابی به منافع زیست‌محیطی از طریق کاهش ضایعات مواد غذایی با استفاده از توسعه بسته‌بندی‌های جدید بر پایه مدل چرخه عمر محصول توسط ویکستوروم، ف. و ویلیامز، ه. (۲۰۱۰) مورد بررسی قرار گرفت. در این مقاله می‌توان یکی از کلیدی‌ترین فاکتورهای ضایعات مواد غذایی را به‌عنوان مدلی برای محاسبه اثرات زیست‌محیطی سیستم‌های بسته‌بندی غذا نام برد. این مدل می‌تواند پتانسیل دست‌یابی به منافع زیست‌محیطی هر نوع بسته‌بندی را محاسبه نماید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که طراحی بسته‌بندی‌های جدید به‌منظور کاهش ضایعات مواد غذایی می‌تواند تأثیر چشم‌گیری بر کاهش صدمات زیست‌محیطی داشته باشد.

علاوه بر موارد ذکر شده پژوهش‌های بسیار زیاد دیگری نیز در زمینه طراحی بسته‌بندی سبزی مواد غذایی انجام شده است. علی‌رغم انجام این پژوهش‌ها هنوز گستره دقیق میزان ضایعات غذا به‌دلیل نوع بسته‌بندی و همچنین تأثیرات خود بسته‌بندی مشخص نیست (سونسن و دیگران ۲۰۰۵؛ فردیکسن و دیگران ۲۰۱۰). همچنین ارائه روشی برای طراحی مناسب بسته‌بندی سبزی مواد غذایی به کلی مغفول مانده است. بنابراین لزوم طراحی روشی برای طراحی بسته‌بندی سبزی محصولات غذایی به شدت احساس می‌شود. در بخش اول این مقاله تلاش شده تا با ارائه روشی بر پایه Fuzzy ANP مدلی برای طراحی بسته‌بندی سبزی مواد غذایی طراحی گردد. در بخش دوم به معرفی بسته‌بندی سبزی مواد غذایی پرداخته شده است. بخش سوم به بیان کلیات منطق فازی پرداخته است. بخش چهارم به معرفی روش ANP اختصاص یافته و در ادامه مسئله مورد

بررسی در بخش پنجم مطرح شده است. روش پیشنهادی در بخش ششم ارائه شده و در نهایت نتایج حاصل از آن در بخش هفتم به بحث گذاشته شده است.

## ۲- بسته‌بندی سبز

اگرچه در بسته‌بندی سنتی فقط حفاظت از محصول هنگام حمل و نقل و انبارش آن قبل از مصرف توسط مشتری استفاده می‌شود ولی بعدها از آن به‌عنوان ابزاری برای ترغیب مشتری نیز استفاده شد. با وجودی که اکثر مصرف‌کنندگان بسته‌بندی‌ها را اتلاف، هزینه اضافی و اسراف در منابع قلمداد می‌کنند، جالب است که هنوز بازاریاب‌های سنتی برای جذب مشتری سعی در صرف بیشترین هزینه در بسته‌بندی را دارند. امروزه، بازاریاب‌های باهوش دریافته‌اند که مشتریان از هدف بسته‌بندی‌های سنتی که ترغیب بی‌مورد مردم به خرید محصول است خبردار شده‌اند و در نتیجه به استفاده از بسته‌بندی سبز روی آورده‌اند (امت، س. و سود، و. ۲۰۰۹).

بسته‌بندی سبز برخلاف بسته‌بندی سنتی که از عوامل اصلی آلودگی محیط‌زیست و یکی از دلایل اصلی هزینه‌های گزاف هر سازمانی به شمار می‌رود، کم‌ترین اثر مخرب را بر محیط‌زیست خواهد داشت و بهترین فرصت بهبود را برای سازمان فراهم می‌آورد. چهار عامل اصلی در بسته‌بندی سبز عبارت‌اند از: کاهش حجم و مقدار بسته‌بندی، استفاده مجدد از بسته‌بندی، بازیافت بسته‌بندی و تغییر ساختار و ماهیت بسته‌بندی. مراحل اصلی بسته‌بندی سبز به شرح زیر است:

### گام اول: طراحی مجدد

این گام شامل تعریف مجدد نیازمندی‌های بسته‌بندی با توجه به ارزیابی‌های انجام شده در ارتباط با محصول است. باید در گام طراحی مجدد چهار فاکتور کلیدی تغییر ماهیت بسته‌بندی، کاهش حجم بسته‌بندی، بازیافت و استفاده مجدد را در نظر گرفت به‌گونه‌ای که کم‌ترین اثرات مخرب زیست‌محیطی را به دنبال داشته باشد.

### گام دوم: مهندسی دوباره

این گام ورودی خود را از گام اول گرفته و آنالیز کاملی از طول عمر بسته‌بندی ارائه می‌دهد. بدین معنی که تصویری از کل مراحل طول عمر بسته‌بندی و تمام خصوصیات و

ویژگی‌های بسته‌بندی را به‌منظور کاهش اثرات مخرب زیست-محیطی ایجاد می‌کند. در این گام باید از تمام دانش سازمان و حتی سازمان‌های خارجی جهت ارائه بهترین طرح و ویژگی‌های بسته‌بندی استفاده شود.

### گام سوم: ایجاد بسته‌بندی سبز

در این گام تمام توانایی‌های سازمان در پیاده‌سازی دو گام قبل به‌کار گرفته شده و تلاش در یکپارچه کردن کل ویژگی‌های بسته‌بندی در قالب یک طرح جامع است که در برخی سازمان‌ها به‌دلیل ساختارشان نیاز به تغییرات اساسی در کل سازمان دارد به‌گونه‌ای که مراکز انبارش، تجهیزات حمل و نقل و غیره ممکن است دچار تغییر شود.

### گام چهارم: بازنگری

با سپری کردن سه گام قبلی، قدم بزرگی در حرکت به‌سوی بسته‌بندی سبز برداشته می‌شود که تکمیل‌کننده سه گام قبلی، همسو کردن تمام فرآیندها، تسهیلات، تجهیزات و تأمین‌کنندگان سازمان با فرآیند بسته‌بندی به شمار می‌آید. باید در این گام فرآیند جدید و تغییرات مربوط به فرآیندهای قدیمی نگهداری شده و در راستای بهبود آن نیز تلاش شود که با آوردن تکنولوژی‌ها و دانش جدید بتوان هزینه‌ها را بیشتر کاهش داد. (رزمی و نصرالهی ۱۳۹۲)

### ۳- نظریه مجموعه‌های فازی

برای اولین بار، نظریه مجموعه‌های فازی توسط زاده، ل. (۱۹۶۵) معرفی شد. هدف اصلی این نظریه ارائه روشی برای تعریف داده‌های مبهم است. این نظریه هنگامی که در خصوص مسئله اطلاعات دقیق و کافی موجود نباشد، بسیار کاربردی است. یک عدد مثلثی فازی به‌عنوان نماد (کمینه، میانگین، بیشینه) بیانگر کوچک‌ترین مقدار قابل تصور، مقدار انتظار و بزرگ‌ترین ارزش قابل تصویری است که یک اتفاق فازی را توصیف می‌کند. این عدد در شکل (۱) نشان داده شده است.

در این مرحله معیارهایی که در تصمیم‌گیری نهایی مؤثر هستند تعیین می‌شوند.

#### گام دوم: ساخت شبکه

این گام شامل سه مرحله: تعیین معیارهای کنترلی، تعیین دسته‌ها و تعیین اتصالات همبستگی است.

این مرحله مهم‌ترین قسمت یک تصمیم‌گیری تحلیل شبکه‌ای را تشکیل می‌دهد. بعد از این که دسته‌های شبکه مشخص شدند، آنها باید به یکدیگر متصل شوند. که این اتصال بر اساس نوع ارتباط عناصر داخلی آنها انجام می‌پذیرد. اساس متدولوژی ANP بر پایه در نظر گرفتن روابط متقابل معیارها و دسته‌ها بر یکدیگر بنا شده است. وابستگی‌ها بین معیارهای یک تصمیم‌گیری به دو صورت زیر در یک شبکه ANP به وجود می‌آیند:

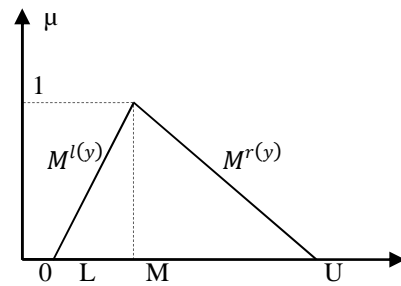
(الف) وابستگی بیرونی: زمانی ایجاد می‌شود که حداقل یک عنصر از یک دسته پدری برای حداقل یک عنصر از دسته دیگر باشد.

(ب) وابستگی درونی: زمانی ایجاد می‌شود که حداقل یک عنصر از یک دسته پدری برای عنصری دیگر از همان دسته باشد.

#### گام سوم: انجام مقایسات زوجی و به‌دست آوردن بردار اولویت‌ها

در این گام مقایسات شامل دو قسمت اصلی است که به ترتیب عبارت‌اند از: مقایسات دسته‌ها و مقایسات عناصر دسته‌ها. بعد از مقایسه دسته‌ها ماتریس مقایسه آنها به‌دست می‌آید که می‌بایست نرمال شود. اگر  $A = [a_{ij}]$  ماتریس مقایسات زوجی دسته‌ها باشد، آنگاه ماتریس نرمال شده به صورت  $A = \left[ \frac{a_{ij}}{\sum_j a_{ij}} \right]$  خواهد بود.

در مقایسه عناصر، برای مقایسه دسته‌ها باید ابتدا در تمام دسته‌ها عناصری را که نقش پدر دارند، مشخص شود. سپس برای هر عنصر پدر دسته یا دسته‌هایی را که عنصر پدر مذکور حداقل یک فرزند در آن دارد مشخص می‌شود و در ادامه مقایسه زوجی این دسته‌ها نسبت به عنصر پدر مورد نظر انجام می‌شود. در هر دسته نیز مقایسه فقط در بین عناصری انجام می‌پذیرد که دارای نقش فرزند برای عنصر پدر مورد نظر هستند و بقیه عناصر در هنگام محاسبه بردار ویژه وزن صفر



شکل (۱): اعداد فازی مثلثی

درجه عضویت  $\mu_a(X)$  بیانگر میزان عضویت عنصر  $X$  در مجموعه فازی  $a$  است. اگر درجه عضویت یک عنصر از مجموعه برابر صفر باشد، آن عضو کاملاً از مجموعه خارج شده و اگر درجه عضویت یک عضو برابر یک باشد، آن عضو کاملاً در مجموعه قرار دارد. حال اگر درجه عضویت یک عضو مابین صفر و یک باشد، این عدد بیانگر درجه عضویت تدریجی می‌باشد. تابع عضویت  $X$  بیانگر زیرمجموعه فازی  $X$  است. هر مقدار تابع عضویت بین ۰ و ۱ است و می‌تواند میزان عضویت عناصر را توضیح دهد. نمونه‌ای از یک تابع عضویت برای یک عدد فازی مثلثی به صورت رابطه (۱) است.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{(x-l)}{(m-l)} & l \leq x \leq m \\ \frac{(u-x)}{(u-m)} & m \leq x \leq u \\ 0 & 0.W \end{cases} \quad (1)$$

هر درجه‌ای از عضویت شامل نمایندگی‌های سمت چپ و راست TFN است که در رابطه (۲) نشان داده شده است [۲].

$$\begin{aligned} \tilde{M} &= (M^l(y), M^r(y)) \\ &= (l + (m-l)y, u \\ &\quad + (m-u)y), \quad y \in [0,1] \end{aligned} \quad (2)$$

#### ۴- فرآیند تحلیل شبکه گروهی

در سال ۱۹۹۶ ساعتی، روشی مبتنی بر روش فرآیند سلسله مراتبی، ارائه کرد که وابستگی بین معیارها و زیرمعیارها را در اوزان نهایی، در صورت وجود در نظر می‌گرفت. این روش فرآیند تحلیل شبکه یا به اختصار ANP نامیده شد. مراحل اجرایی این روش به شرح زیر است:

#### گام اول: تعیین ملاک‌های مؤثر در تصمیم‌گیری

می‌پذیرند. چنانچه در یک دسته فقط یک عنصر پدر باشد، بدون انجام مقایسه در بردار ویژه مورد نظر، همه عناصر مقدار صفر گرفته و عنصر فرزند مورد نظر وزن ۱ را می‌پذیرد. بنابراین در یک ماتریس مقایسه با  $n$  ملاک، کافی است به تعداد  $\frac{n(n-1)}{2}$  مقایسه انجام گیرد و بقیه مقایسات به صورت معکوس وارد ماتریس مقایسه شوند. برای معیارهای مساوی نیز مقدار یک وارد ماتریس می‌شود. بعد از اینکه ماتریس مقایسات زوجی حاصل شد، بردار ویژه ماتریس محاسبه می‌شود. بردار ویژه ماتریس مقایسات زوجی عناصر دسته  $A$  نسبت به معیار  $C$  در واقع اهمیت نسبی عناصر دسته  $A$  نسبت به معیار  $C$  است. برای محاسبه بردار ویژه ابتدا، ماتریس مقایسات نرمال شده و سپس مقدار میانگین هر سطر ماتریس به‌عنوان وزن ملاک مورد نظر در بردار ویژه در نظر گرفته می‌شود.

#### گام چهارم: محاسبه ماتریس‌های ویژه

##### الف) محاسبه ماتریس ویژه ناموزون

بعد از اینکه مقایسه تمام عناصر پدر یا تمام معیارها در دسته‌های مربوطه انجام شد و بردارهای ویژه‌ی محاسبه گردید، این بردارهای ویژه در یک ماتریس  $n \times n$  به صورت رابطه (۳) مرتب می‌شود.

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1n} \\ w_{21} & \ddots & \dots & w_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{n1} & w_{n2} & \dots & w_{nn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

##### ب) ماتریس ویژه موزون

بعد از اینکه ماتریس ویژه ناموزون به دست آمد، ممکن است در ماتریس به دست آمده، بعضی از ستون‌ها به صورت ستون‌های احتمالی نباشند یا به عبارت ساده‌تر حاصل جمع عناصر ستون‌ها برابر یک نباشد. در این حالت نمی‌توان گفت که تأثیر نهایی معیار مورد نظر بر تمام عناصر به درستی نشان داده شده است. برای رفع این مشکل با ضرب مقادیر نرمال شده متناظر هر معیار به نسبت تأثیر خود و نرمال‌سازی نهایی ستون‌ها ماتریس ویژه موزون به دست می‌آید.

#### پ) ماتریس ویژه محدود شده

بعضی از تأثیرات، در زمان رسم شبکه‌ای از عناصر و دسته‌ها، به‌طور مستقیم و آشکارا رسم می‌شوند، اما بسیاری از تأثیرات پنهان در شبکه‌ای از وابستگی‌ها وجود دارد که به خاطر عدم وجود ارتباط مستقیم رسم نمی‌شوند. از قابلیت‌های بسیار مهم یک روش تحلیل شبکه‌ای این است که از این تأثیرات شبکه‌ای چشم‌پوشی نمی‌شود.

#### گام پنجم: انتخاب

بعد از اینکه ماتریس ویژه محدود شده به دست آمد، بر اساس وزن‌های حاصل شده، در سطرهای جایگزین‌ها آن را مرتب کرده و جایگزینی که بیشترین وزن را کسب کرده باشد به‌عنوان جایگزین مطلوب انتخاب می‌شود [۱۰].

#### ۵- بیان مسئله

یک بسته‌بندی مناسب محصولات غذایی باید بتواند هفت هدف اصلی زیر را برآورده نماید:

- ۱- محافظت از محصولات غذایی
- ۲- ایجاد قابلیت انبارش محصولات غذایی
- ۳- فراهم آوردن اطلاعاتی در خصوص محصولات غذایی شامل: ماهیت، نحوه مصرف، ترکیبات، محل ساخت و غیره
- ۴- جلب توجه و ترغیب مشتری برای خرید محصولات غذایی
- ۵- ایجاد قابلیت حمل و نقل راحت و آسان محصولات غذایی با در نظر گرفتن موارد ۱ و ۲
- ۶- جذاب شدن محصول برای مصرف‌کننده با توجه به موارد ۳ و ۴

۷- برجسته‌کردن خصوصیات کلیدی محصول برای مشتری به‌منظور خرید آن با توجه به موارد ۵ و ۶.

این مقاله به دنبال ارائه روشی برای انتخاب معیارهای مناسب، برای طراحی بسته‌بندی محصولات غذایی است، به‌گونه‌ای که این بسته‌بندی بتواند هفت وظیفه کلیدی مذکور را به‌خوبی انجام داده و در عین حال کمترین آثار مخرب زیست‌محیطی را در پی داشته باشد.

## ۶- روش پیشنهادی

گام‌های اصلی روش پیشنهادی به شرح زیر است:

**گام اول:** در بسیاری از محصولات غذایی، یک یا تعدادی از معیارهای بسته‌بندی، به‌عنوان معیارهای بحرانی و ضروری تلقی می‌شود. این معیارها به‌اندازه‌ای در بسته‌بندی مهم و ضروری است که اگر یک بسته‌بندی در این معیارها حداقل امتیاز لازم را کسب نکرده باشد، حتی اگر در سایر معیارها بسیار مناسب باشد، برای آن محصول غذایی قابل استفاده نیست. در این مرحله، ابتدا بر اساس نظر خبرگان یک یا چند معیار پیش نیاز تعیین می‌گردند. لازم به ذکر است که این معیارها مطابق با نظر خبرگان برای هر نوع محصول تعیین شده و با تغییر محصول و یا شرایط و ماهیت مسئله، معیارهای متفاوتی تعریف می‌شوند.

پس از تعیین معیارهای پیش نیاز، به استخراج زیر معیارهای این معیارها پرداخته می‌شود. برای اینکه مجموعه کاملی از زیرمعیارها استخراج گردد، از ادبیات موضوع و تجربه خبرگان برای این منظور بهره گرفته می‌شود. بر اساس معیارها و زیرمعیارهای استخراجی یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مبتنی بر سیستم استنتاج فازی تشکیل می‌گردد. هدف از این گام تعیین امتیاز بسته‌بندی بر اساس معیارهای پیش نیاز است. بنابراین ورودی‌های این سیستم پشتیبان، همان زیرمعیارها و خروجی آن معیار پیش نیاز (امتیاز بسته‌بندی) خواهد بود. پس از تعیین ورودی و خروجی‌های سیستم یک پردازشگر رابطه‌ای منطقی بین ورودی‌ها و خروجی‌ها برقرار می‌نماید. این کار توسط قوانین استنتاج فازی انجام می‌شود. برای استخراج قوانین استنتاج فازی، پرسشنامه‌هایی مبتنی بر مفاهیم زبانی تهیه و در اختیار خبرگان قرار می‌گیرد. ارزش خروجی حاصل از این سیستم، تعیین‌کننده میزان امتیاز بسته‌بندی در معیارهای پیش نیاز است. بنابراین بسته‌بندی که حداقل امتیاز لازم را کسب کرده باشد، وارد گام دوم می‌شود.

**گام دوم:** در این گام، بسته‌بندی‌هایی که پیش‌صلاحیت لازم را برای ارزیابی داشته‌اند، مورد بررسی قرار گرفته و رتبه‌بندی می‌شوند. این گام از سه مرحله تشکیل شده است که در ادامه توضیح داده شده است:

**مرحله اول:** در این مرحله، به انتخاب معیارها و زیرمعیارهای مؤثر در فرآیند انتخاب برای بسته‌بندی محصول غذایی مورد بررسی پرداخته می‌شود. هدف در این گام، ارائه

مجموعه کاملی از معیارها و زیرمعیارها برای فرآیند طراحی بسته‌بندی سبز است. باید توجه نمود که در این گام هم باید معیارهای مربوط به اتلاف مواد غذایی و هم معیارهای مربوط به میزان اثرات مخرب زیست‌محیطی خود بسته‌بندی مدنظر قرار گیرد.

**مرحله دوم:** تعدد معیارها و زیرمعیارها در فرآیند وزن‌دهی، فرآیند طراحی را دشوارتر و یا حتی غیرممکن می‌سازد. به‌عبارت دیگر، زیاد بودن تعداد معیارها و زیرمعیارها نشان‌دهنده دقت مدل ارائه شده نخواهد بود. حتی گاهی زیاد بودن این فاکتورها به‌دلیل گیج کردن خبرگان باعث به وجود آوردن اشتباهات در مقایسات شده و دقت رویکرد طراحی را کاهش می‌دهد. بنابراین با استفاده از روشی سعی در کاهش این فاکتورها خواهد شد.

روش‌هایی که برای این منظور استفاده می‌شوند، مبتنی بر داده یا مبتنی بر نظر خبره هستند. روش‌های مبتنی بر داده، اغلب از روش‌های آماری از قبیل روش طراحی آزمایشات (DOE) و غیره استفاده می‌کنند. اما در عمل، گردآوری داده برای تمام معیارها، کاری بسیار دشوار، هزینه‌بر و زمان‌بری است. همچنین برخی سازمان‌ها حاضر نیستند داده‌های مربوط به تمام فاکتورها را در اختیار دیگران قرار دهند. بنابراین استفاده از روش‌های مبتنی بر داده برای کاهش معیارها و زیرمعیارها مناسب نیست. برای این منظور از روش‌های مبتنی بر دانش خبره مانند سیستم استنتاج فازی، روش دلفی و غیره برای کاهش فاکتورها استفاده می‌گردد.

در این مقاله از سیستم استنتاج فازی استفاده شده است. سیستم استنتاج فازی مبتنی بر قوانین استنتاج فازی است و این قوانین بر اساس ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم و الفاظ محاوره‌ای تعیین می‌گردد. تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها و تعداد بخش‌های الفاظ محاوره‌ای با تعداد قوانین استنتاج رابطه مستقیم دارد. با افزایش آنها، تعداد قوانین به‌صورت توانی افزایش یافته و چون در این رویکرد تعداد معیارها بسیار زیاد است، تعداد قوانین استنتاج فازی عددی بسیار بزرگ خواهد شد و تعیین این قوانین توسط خبرگان بسیار وقت‌گیر و در عمل غیرممکن است. از این‌رو، در این گام با استفاده از روش دلفی، معیارها و زیرمعیارهایی که بیشترین تأثیر را در طراحی بسته‌بندی دارند، انتخاب می‌گردد. پس از اجرای گام‌های دلفی، امتیاز معیارها و زیرمعیارها مشخص می‌شود. معیارها و زیرمعیارهایی که حداقل امتیاز لازم را کسب نمایند، به‌عنوان



$$(u_{ij} - m_{ij}) * \lambda w_j + w_i - u_{ij} w_j \leq 0$$

$$\sum_{k=1}^n w_k = 1, w_k > 0, k = 1, 2, \dots, n$$

$$i = 1, 2, \dots, n - 1, j = 2, 3, \dots, n, j > i$$

در این مدل غیرخطی (I,m,u) نشان‌دهنده ۳ عدد فازی مثلثی در مقایسات زوجی هستند و  $w_k$  نشان‌دهنده وزن معیار  $k$  است. مقدار بهینه  $\lambda$  می‌تواند برابر عددی مثبت یا منفی باشد. اگر  $\lambda$  عددی مثبت باشد، بدین معناست که سازگاری در ماتریس مقایسات زوجی وجود داشته و قضاوت درستی در مقایسات انجام شده است و اگر  $\lambda$  مقداری منفی باشد، به معنای ناسازگاری ماتریس مورد نظر بوده و باید از خبرگان خواست در قضاوت خود تجدید نظر نمایند.

**فاز دوم:** اگر بین فاکتورهای ارزیابی، وابستگی درونی وجود داشته باشد، این فاز نیز در رویکرد پیشنهادی لحاظ می‌گردد. در این فاز، از خبرگان خواسته می‌شود تا فاکتورهایی که در آن وابستگی وجود دارد را با بردارهایی به هم وصل نمایند. بردارهای دوطرفه نشان‌دهنده تأثیر متقابل و بردارهای یک طرفه نشان‌دهنده اثر یک طرفه معیار روی معیار دیگر است. سپس درجه وابستگی توسط ماتریس تشکیل می‌شود. وزن محلی فاکتورها با در نظر گرفتن وابستگی درونی آنها به دست می‌آید. در ادامه وزن محلی معیارها در وزن محلی زیرمعیارها ضرب می‌شود. نتیجه حاصل از این ضرب نشان‌دهنده وزن کلی زیرمعیارها خواهد بود.

**مرحله سوم:** در این مرحله، امتیاز نهایی طرح‌های بسته‌بندی تعیین و آنها رتبه‌بندی می‌شوند. میزان عملکرد هر طرح برای هر زیرمعیار، توسط یک تیم ارزیابی محاسبه می‌گردد. بعضی از زیرمعیارها مطلوب و برخی دیگر نامطلوب هستند. بنابراین برای یک جهت کردن معیارها بی بعد و در مقیاس (۰ و ۱) نرمال می‌شوند.

#### ۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله رویکردی دو فازی برای طراحی بسته‌بندی سبزی محصولات غذایی ارائه گردید. در فاز اول، با در نظر گرفتن نیازهای حیاتی یک بسته‌بندی مناسب، با استفاده از یک سیستم استنتاج فازی، تأمین حداقل شرایط لازم برای بسته‌بندی تضمین گردید. در فاز دوم، روشی برای طراحی سبزی

فاکتور مهم و مؤثر در فرآیند طراحی به کار گرفته خواهند شد. اگر بین معیارها و زیرمعیارها وابستگی درونی وجود نداشته باشد و یا این وابستگی ناچیز باشد، از فرآیند سلسله مراتبی (AHP) برای وزندهی استفاده می‌شود. ولی اگر بین فاکتورهای ارزیابی، وابستگی درونی وجود داشته باشد، باید از فرآیند تحلیل شبکه (ANP) برای وزندهی معیارها و زیرمعیارها استفاده گردد. این فرآیند وزندهی در دو فاز صورت می‌گیرد که فاز اول برای هر دو تکنیک مورد استفاده قرار گرفته و فاز دوم مختص فرآیند تحلیل شبکه است.

**فاز اول:** در این فاز فرض می‌شود که بین معیارها و زیرمعیارها هیچ‌گونه وابستگی وجود ندارد. سپس برای تعیین وزن محلی (Local Weight) فاکتورها از ماتریس مقایسات زوجی استفاده می‌گردد. برای این منظور از پرسشنامه‌هایی که مقایسه زوجی بین معیارها و زیرمعیارها را داشته باشد استفاده شده و از خبرگان خواسته خواهد شد تا برای تعیین اهمیت در مقایسات زوجی از

جدول (۱) که کهرمان و همکارانش (۲۰۰۶) ارائه کرده‌اند، استفاده نمایند.

در این قسمت، استفاده از اعداد فازی باعث می‌شود خبرگان بتوانند از الفاظ زبانی برای مقایسات زوجی استفاده کرده و از سوی دیگر می‌توان عدم قطعیت و ابهام را نیز در مسئله وارد نمود. بعد از پر شدن پرسشنامه‌ها و استخراج ماتریس مقایسات زوجی، وزن محلی هر یک از فاکتورها از طریق یک مدل غیر خطی به صورت جدول (۱) به دست می‌آید.

جدول (۱) مقیاس‌های زبانی برای تعیین اهمیت در

#### مقایسات زوجی

مقیاس معکوس فازی مثلثی	مقیاس فازی مثلثی	مقیاس زبانی اهمیت
(۱/۱ و ۱)	(۱/۱ و ۱)	دقیقاً مساوی
(۲/۳ و ۱/۲)	(۱/۲ و ۳/۲)	بسیار کم مهم‌تر
(۱/۲ و ۲/۳ و ۱)	(۱ و ۳/۲ و ۲)	کم مهم‌تر
(۲/۵ و ۱/۲ و ۲/۳)	(۳/۲ و ۵/۲ و ۲)	زیاد مهم‌تر
(۱/۳ و ۲/۵ و ۱/۲)	(۲ و ۵/۲ و ۳)	بسیار زیاد مهم‌تر
(۲/۷ و ۱/۳ و ۲/۵)	(۵/۲ و ۷/۲ و ۳)	مطلقاً مهم‌تر

$$\max \lambda$$

$$s. t \quad (m_{ij} - l_{ij}) * \lambda w_j - w_i + l_{ij} w_j \leq 0$$

[9]Hele'n, Williams, Fredrik Wikstro'm, Martin Lo'fgren, "A life cycle perspective on environmental effects of customer focused packaging development", Journal of Cleaner Production, 16:1, 853-859, 2008.

[10] Mirabedini, N. Mina, H. Ghodsi, R. Nasrollahi, M. (In Press) "An integrated new model for green supplier selection by key factors analysis" intentional journal of clear production.

[11] Mohamed Alwaeli, "The impact of product charges and EU directives on the level of packaging waste recycling in Poland" Resources, Conservation and Recycling 54, 609-614, 2010.

[12] Shoji Koide, John Shi, "Microbial and quality evaluation of green peppers stored in biodegradable film packaging", Food Control, 18:1, 1121-1125, 2006.

بسته‌بندی محصولات غذایی ارائه گردید. در این فاز با استفاده از نظر خبرگان، معیارهای عملکردی یک بسته‌بندی سبز مورد مقایسه زوجی با متغیرهای زبانی قرار می‌گیرد. سپس با توجه به روابط والد-فرزندی، شبکه مناسب معیارها ترسیم می‌شود. در صورت تعدد معیارها امکان مقایسات زوجی فراهم نیست. برای رفع این مشکل از روش دلفی استفاده شده است. در ادامه با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی متغیرهای فازی، غیر فازی گردید. در انتها با استفاده از روش تحلیل شبکه گروهی، وزن‌های هر معیار تعیین و با توجه به این اوزان بهترین طرح برای بسته‌بندی هر نوع ماده غذایی ارائه گردید.

### منابع

[۱] رزمی، جعفر؛ نصرالهی، میثم، "زنجیره تأمین سبز: طراحی، برنامه‌ریزی، استقرار و ارزیابی"، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین، قزوین، ایران، ۱۳۹۲.

[۲] مینا، حسن، "ارائه مدلی برای ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان سبز با استفاده از تحلیل شبکه گروهی فازی"، پایان‌نامه برای اخذ درجه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تهران، ۱۳۹۲.

[3]Chris Coggins, "Waste prevention - an issue of shared responsibility for UK producers and consumers: policy options and measurement" Resources, Conservation and Recycling 32, 181-190, 2001.

[4]Diogo Aparecido Lopes Silva, Gece Wallace Santos Renó, Gustavo Sevegnani, Tacila Berkenbrock Sevegnani, Oswaldo Mário Serra Truzzi, "Comparison of disposable and returnable packaging: a case study of reverse logistics in Brazil" Journal of Cleaner Production, 1:1, 1-11, 2012.

[5]Emmett, S. Sood, V. "Green Supply Chains - An Action Manifesto", Wiley, 2009.

[6]G. Davis, J. H. Song, "Biodegradable packaging based on raw materials from crops and their impact on waste management" Industrial Crops and Products, 23, 147-161, 2006.

[7]Georgios Koutsimanis, Kristin Getter, Bridget Behe, Janice Harte, Eva Almenar, (Research report) "Influences of packaging attributes on consumer purchase decisions for fresh produce" Appetite, 59:1, 270-280, 2012.

[8]Guirong Zhang, Zongjian Zhao, "Green Packaging Management of Logistics Enterprises" Physics Procedia, 2012 International Conference on Applied Physics and Industrial Engineering, 24:1, 900 - 905, 2012.