



Evaluating Green Supplier Development Programs with a Grey-Analytical Network Process-Based Methodology

Ali Morovati Sharifabadi *, Seyed Haidar Mirfakhredini, Samaneh Rash & Hadi Khaki Ardekani

Ali Morovati Sharifabadi, Associate Professor of Yazd University

Seyed Haidar Mirfakhredini, Associate professor of Yazd University

Samaneh Rash, MSc of Yazd University

Hadi Khaki Ardekani, MSc of Yazd University

Keywords

Supply chain,
Green supplier
development,
Supplier involvement,
Environment,
Analytical network
process,
Grey system methodology.

ABSTRACT

Based on the increasing environmental pressures, the most important companies of the importance of their green supply chain through the development of green suppliers set. This article green supplier development programs and supplier involvement propensity to consider the participation of suppliers. the literature focusing on green supplier development programs and supplier involvement propensity is very limited. In addition, formal tools and models for focal companies to evaluate these inter-relationships, especially considering propensity of suppliers' involvement, are even rarer. Introduce a grey analytical network process-based (grey ANP-based) model to identify green supplier development programs that will effectively improve suppliers' performance. Then comprehensively evaluate green supplier development programs with explicit consideration of suppliers' involvement propensity levels. The method introduced in the ceramic tile industry in Yazd province was conducted and the following results were obtained, providing green technological advice to suppliers and Transferring supplier employees with environmental expertise, with higher scores relatively positive impact to improve the performance of suppliers. And in opposite Building top management commitment for suppliers for Green supply practices and Training suppliers on the issues of environmental and cost controls, has a relatively weak impact to improve the performance of suppliers.

© 2017 IUST Publication, IJIEPM Vol. 28, No. 3, All Rights Reserved



ارزیابی برنامه‌های پیشرفت و توسعه تامین‌کنندگان سبز (GSD) براساس روش ANP - خاکستری

علی مروتی*، سید حیدر میرفخرالدینی، سمانه راش و هادی خاکی اردکانی

چکیده:

ی براساس افزایش فشارهای محیطی، شرکت‌های مهم موجود، اهمیت سبز بودن زنجیره تامین‌شان را از طریق برنامه‌های توسعه تامین‌کنندگان سبز تعیین می‌کنند. این مقاله برنامه‌های توسعه تامین‌کنندگان سبز و تمایل مشارکت تامین‌کنندگان را مورد توجه قرار می‌دهد. لازم به ذکر است که ادبیات و پیشینه متمرکز برای برنامه‌های توسعه تامین‌کننده سبز و تمایل به مشارکت عرضه‌کننده بسیار محدود است. همچنین، ابزار و مدل‌های رسمی به منظور ارزیابی روابط داخلی، به ویژه تمایل مشارکت عرضه‌کننده‌ها بسیار نادر است. برای کمک به این شکاف در ادبیات، یک روش تحلیل شبکه خاکستری (ANP) معرفی می‌شود تا برنامه‌های توسعه تامین‌کنندگان سبز که به طور موثری عملکرد تامین‌کنندگان را بهبود می‌بخشد، شناسایی شود. سپس به طور جامع برنامه‌های توسعه تامین‌کنندگان سبز، با توجه به سطوح تمایل مشارکت تامین‌کنندگان ارزیابی می‌شود. روش معرفی شده، در صنعت کاشی و سرامیک استان یزد اجرا شد و نتایج زیر حاصل گردید، برنامه ارائه مشاوره و توصیه‌های فن‌آوری سبز به تامین‌کنندگان و برنامه انتقال کارکنان با تخصص‌های زیست محیطی به تامین‌کنندگان، با امتیازهای بالاتر دارای تاثیر نسبتاً مثبت برای بهبود عملکرد تامین‌کنندگان بودند. و در مقابل برنامه تعهد مدیر ارشد سازمان به تامین‌کنندگان برای شیوه‌های تامین سبز و برنامه آموزش تامین‌کنندگان در مورد کنترل زیست محیطی و هزینه دارای تاثیر نسبتاً ضعیف بر عملکرد تامین‌کنندگان می‌باشد.

کلمات کلیدی

محیط، زنجیره تامین، توسعه تامین‌کننده سبز، تمایل مشارکت تامین‌کنندگان، فرایند تحلیل شبکه‌ای، روش سیستم خاکستری.

۱. مقدمه

امروزه شرکت‌ها باید در برابر فشارها و تغییرات محیطی واکنش مناسب نشان دهند. واکنش این شرکت‌ها نسبت به محیط باید با تحقیق سازمانی همراه باشد تا مزیت رقابتی ایجاد کند [۱، ۲]. همچنین این واکنش‌ها از طریق زنجیره تامین منعکس می‌شود.

تاریخ وصول: ۹۵/۰۱/۱۵

تاریخ تصویب: ۹۵/۰۹/۲۹

سید حیدر میرفخرالدینی، دانشیار دانشکده مدیریت، دانشگاه یزد، mirfakhr.dr@gmail.com
سمانه راش، دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی - تولید، دانشگاه یزد، Samaneh.rash@gmail.com
هادی خاکی اردکانی، دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه یزد، hadikhaki69@gmail.com
*نویسنده مسئول مقاله: علی مروتی، استادیار دانشکده مدیریت، دانشگاه یزد، alimorovati@vazd.ac.ir

یک بعد از اهمیت واکنش زنجیره تامین سبز از طریق معرفی برنامه‌های توسعه تامین‌کنندگان سبز می‌باشد. تکمیل پایداری محیطی با توسعه تامین‌کنندگان یک مقیاس اساسی برای رقابت‌های طولانی و عملکرد شرکت‌های رسمی و زنجیره‌های تامین‌کننده‌شان می‌باشد [۳، ۴]. مزیت‌های رقابتی می‌تواند از برنامه‌های GSD ناشی شود اما این برنامه‌ها نیازمند منابع سازمانی قابل توجه برای انجام دادن آن‌ها می‌باشد. تمام برنامه‌های GSD برای عملکرد کاربردی تامین‌کننده و پیشرفت محیطی یکسان نیستند. این عملکردهای ناهمگن و منابع محدود نیاز به ارزیابی و انتخاب برنامه‌های GSD از طریق شرکت‌ها را افزایش می‌دهد. ولی بررسی‌های بسیار کمی در مورد برنامه‌های GSD و ویژگی‌های آن انجام شده است [۵]. و مدل‌ها و ابزارهایی برای ارزیابی برنامه‌های GSD بسیار محدود است [۶]. با این وجود، ممکن است واکنش تامین‌کننده در برنامه‌های GSD برای شرکت مشکل باشد. بنابراین واکنش تامین‌کنندگان در برنامه‌های GSD یک توجه ویژه

برای شناسایی، اندازه‌گیری و بهبود عملکرد تامین‌کننده و تسهیل پیشرفت مداوم ارزیابی کلی کالاها و خدمات برای خرید واحد تجاری شرکت است^{۱۱}، بنابراین می‌توان معیارهای عملکرد تامین‌کننده را برای ارزیابی و سنجش عملکرد تامین‌کنندگان برنامه‌های GSD به کار برد. ارزیابی کلی برنامه‌های GSD نیاز دارد تا تمایل مشارکت تامین‌کنندگان را مورد توجه قرار می‌دهد [۱۰]. دو دسته از عوامل عملکرد تامین‌کننده به، عوامل عملکرد عملیاتی (کاربردی) تامین‌کننده و عوامل عملکرد زیست محیطی تامین‌کننده تقسیم می‌شود تا عملکرد تامین‌کننده برنامه‌های GSD را ارزیابی کنند. عوامل عملکرد کاربردی تامین‌کننده می‌تواند به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شود [۱۱]: معیارهای عملکرد کاربردی راهبردی و عوامل سازمانی. معیارهای عملکرد کاربردی استراتژیک به ۶ معیار اصلی شامل هزینه (CT)، کیفیت (QY)، زمان (TE)، انعطاف پذیری (FY)، نوآوری (IS) و مدیریت فرایند (PM) می‌شود. معیارهای عملکرد استراتژیک اغلب برای اولویت‌های رقابت و ارزیابی تامین‌کنندگان به کار می‌رود [۱۲]. از بین این عوامل هزینه، کیفیت، انعطاف و تحویل به موقع عوامل بسیار متداول در ارزیابی تامین‌کننده می‌باشد [۱۳، ۱۴]. نوآوری و مدیریت فرایند به عنوان معیارهای عملکرد کاربردی مهم و قاطع برای ارزیابی تامین‌کننده در نظر گرفته می‌شود [۱۵، ۱۶، ۱۷]. عوامل سازمانی شامل مجموعه عوامل فرعی می‌باشد که عبارت از: فرهنگ (CE)، تکنولوژی (TY) و ارتباط (RP). عوامل عملکرد محیطی تامین‌کننده ممکن است به دسته‌های زیادی گروه‌بندی شود این مقاله یک گروه محیطی از دسته بندی [۱۸، ۱۹] را ارائه می‌دهد: کنترل آلودگی (PCs)، پیشگیری از آلودگی (PPE)، سیستم مدیریت محیطی (EMS)، مصرف منابع (RC) و تولید آلودگی (PPO) می‌باشد.

۲-۲. مدل‌ها

مدل‌های ارزیابی برنامه‌های GSD بسیار محدود هستند. پژوهش‌های قبلی، به طور گسترده به صورت تجربی تعیین می‌کنند که کدام برنامه در توسعه تامین‌کنندگان نقش دارد [۱۰، ۲۰]. در یکی از تعداد اندک مدل‌هایی که تصمیم‌های GSD را بررسی می‌کند، یک نظریه معین برای ارزیابی اطلاعات غیرکامل و نامشخص در تصمیم‌های GSD مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۰]. این مدل به علت فقدان تصمیم‌گیری‌های مدبرانه نهایی محدود شده است و تنها برای ارزیابی اثربخشی برنامه‌های GSD به کار گرفته می‌شود. از بین روش‌ها و ابزارهای تصمیم‌گیری کیفی که وجود دارد از دامنه امتیاز ساده و روش‌های ماتریسی تا

می‌طلبند، زمانی که اثربخشی برنامه‌های GSD مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این مقاله، دو جنبه از عوامل ارزیابی عملکرد تامین‌کننده و تمایل مشارکت تامین‌کننده به شرکت در برنامه‌های GSD در روش تحلیل شبکه‌ای مورد توجه قرار می‌گیرد. یک برنامه توسعه تامین‌کننده کارآمد، باید از عهده اطلاعات نامعلوم و ملاحظات هم‌زمان عامل‌های چندگانه و روابط داخلی آن‌ها برآید [۷]. در ارزیابی برنامه‌های GSD روش تحلیل شبکه‌ای خاکستری ارائه می‌شود تا اهمیت برنامه‌های GSD مختلف و چگونگی ارتباط برنامه‌ها با یکدیگر و چگونگی نشان دادن مسائل مجهول را تعیین کند. نظریه خاکستری در ارزیابی تمایل مشارکت تامین‌کننده در برنامه GSD و ترکیب تمایل مشارکت شرکت در نتایج نهایی و جذابیت برنامه GSD مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مقاله در نظر دارد تا از طریق اجرای این روش شناسی، ضمن این که مسائل نامشخص و ارتباطات داخلی بین عوامل را مورد توجه قرار می‌دهد، دیدگاه‌هایی برانقلابی تامین‌کنندگان اصلی به منظور مدیریت برنامه GSD فراهم کند. این مقاله را با توضیح درباره ضرورت ارزیابی برنامه‌های GSD و عوامل ارزیابی GSD ادامه می‌دهیم و سپس، تعدادی از مدل‌ها و ابزارهای مرتبط را بیان می‌کنیم و با نتیجه‌گیری خاتمه می‌دهیم.

۲. ارزیابی برنامه‌های GSD

سبز بودن زنجیره تامین، حیاتی است همان طور که سازمان‌ها در بازارهای رقابتی در تلاش هستند تا الزامات محیطی را کامل‌تر و دقیق‌تر دارا باشند [۸، ۹]. با توجه به بررسی توسعه و پیشرفت تامین‌کنندگان، برنامه‌های GSD به سه گروه طبقه بندی می‌گردد [۱۰]: ۱. جابه جایی دانش سبز و ارتباط (GKTC). ۲. جابه جایی (انتقال) منابع و سرمایه‌گذاری (IRT). ۳. مدیریت و عملکردهای سازمانی (MOP). GKTC می‌تواند به طور وسیعی شامل برنامه‌هایی مانند آموزش تامین‌کنندگان بر مسائل زیست محیطی و کنترل‌های هزینه و آموزش تامین‌کنندگان در مورد انتظارات ذینفع، ارائه توصیه‌های تکنولوژی سبز به تامین‌کنندگان، توسعه‌ی محصولات، تعیین اهداف پیشرفت محیطی برای تامین‌کنندگان. IRT شامل انتقال و جابه جایی پرسنل تامین‌کننده با تخصص‌های محیطی برای خرید شرکت، جابه جایی کارمندان با تخصص‌های محیطی، پاداش‌های متصدی برای عملکرد بهتر محیطی. MOP شامل صدور گواهی نامه ایزو 14000 برای تامین‌کنندگان، تعهد مدیریت ارشد و مراحل اساسی برای پیشرفت تامین‌کنندگان.

۲-۱. عوامل ارزیابی

با توجه به نظریه (Krause et al. 1998, p. 40) پیشرفت تامین‌کننده "هر مجموعه فعالیتی براساس خرید شرکت

۳. روش ANP - خاکستری

۳-۱. نظریه سیستم خاکستری

اعداد خاکستری مشابه با اعداد فازی هستند اما تفاوت اساسی بین اعداد خاکستری با اعداد فازی در آن است که در اعداد خاکستری مقدار دقیق عدد نامشخص است اما بازه‌ای که مقدار آن عدد را در بر می‌گیرد معلوم است یا به تعبیر دیگر مقدار دقیق کران چپ و راست عدد معین و معلوم است. در حالی که در یک عدد فازی ضمن این که عدد به صورت یک بازه تعریف می‌شود، اما مقدار دقیق بال چپ و راست عدد معلوم نیست و از یک تابع عضویت تبعیت می‌کند. همین تفاوت بین عدد خاکستری و عدد فازی موجب می‌شود که محاسبات با اعداد خاکستری از سادگی بیشتری نسبت به اعداد فازی برخوردار باشد، زیرا تعیین تابع عضویت برای کران چپ و راست یک عدد فازی خود همراه با پیچیدگی‌ها و عملیات محاسباتی است. عدد خاکستری می‌تواند به عنوان عددی با اطلاعات نامطمئن تعریف شود. مثلاً رتبه‌ی معیارها در یک تصمیم‌گیری، به صورت متغیرهای زبانی بیان می‌شوند که می‌توان آن‌ها را با بازه‌های عددی بیان نمود. این بازه‌های عددی شامل اطلاعات نامطمئن خواهد بود. به عبارت دیگر عدد خاکستری به عددی اطلاق می‌شود که مقدار دقیق آن نامشخص است اما بازه‌ای که مقدار آن را در بر می‌گیرد شناخته شده است. نظریه سیستم خاکستری [۲۱] می‌تواند به نتایج ارزیابی در مواردی که اطلاعات نامعین و غیر کامل است، کمک کند. از طریق نظریه خاکستری، تحلیل‌های سیستم‌ها و پردازش داده‌ها، مدل سازی، پیش‌بینی همچنین تصمیم‌گیری و کنترل بررسی می‌شوند. در این مقاله یک روش تراکم خاکستری، که به عنوان یک ابزار موثر شناخته می‌شود، مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۸]. برای تعیین جنبه‌های اساسی نظریه سیستم خاکستری، تعدادی نکات کلی در ابتدا پیشنهاد می‌شود. X به عنوان مجموعه‌ای بسته و کراندار از اعداد حقیقی نشان داده می‌شود. $\otimes X$ به عنوان بازه‌ای با کران‌ها بالاتر و پایین‌تر تعریف می‌شود.

$$\otimes X = [\underline{\otimes X}, \overline{\otimes X}] = [x' \in X | \underline{\otimes X} \leq x' \leq \overline{\otimes X}] \quad (1)$$

به ترتیب کران‌های بالا و پایین هستند. عبارات (۲) - (۵) تعدادی عملکردهای ریاضی $\otimes X$ و $\overline{\otimes X}$ در اینجا اعداد خاکستری را نشان می‌دهد.

$$\otimes X_1 + \otimes X_2 = [\underline{x}_1 + \underline{x}_2, \overline{x}_1 + \overline{x}_2] \quad (2)$$

$$\otimes X_1 - \otimes X_2 = [\underline{x}_1 - \overline{x}_2, \overline{x}_1 - \underline{x}_2] \quad (3)$$

$$\otimes X_1 \times \otimes X_2 = [\min(\underline{x}_1 \underline{x}_2, \underline{x}_1 \overline{x}_2, \overline{x}_1 \underline{x}_2, \overline{x}_1 \overline{x}_2), \max(\underline{x}_1 \underline{x}_2, \underline{x}_1 \overline{x}_2, \overline{x}_1 \underline{x}_2, \overline{x}_1 \overline{x}_2)] \quad (4)$$

$$\otimes X_1 \div \otimes X_2 = [\underline{x}_1, \overline{x}_1] \times \left[\frac{1}{\underline{x}_2}, \frac{1}{\overline{x}_2} \right] \quad (5)$$

برنامه‌ریزی ریاضی پیشرفته و روش‌های مدل سازی نظری بازی، هیچ کدام دارای دیدگاهی برای تصمیم‌گیری و مدیریت برنامه‌های GSD نیستند. ANP که به عنوان یک روش در تصمیم و متدلوژی مدیریت استفاده می‌کنیم، قادر به شرکت و همکاری در روابط داخلی عوامل در مدل تصمیم است. در مقایسه با روش AHP، به این علت این شیوه سودمند و با صرفه است که همبستگی‌ها و بازخوردهای موجود بین عوامل مؤثر عملکرد استراتژیک و سازمانی و زیست محیطی در تصمیم‌گیری و تمامی تأثیرات درونی اجزای مؤثر در تصمیم‌گیری و عوامل ملموس و ناملموس و برخی عدم قطعیت‌ها در ارزیابی را محاسبه می‌کند - ANP نیاز به مدل سازی ریاضی پیچیده و قدرت محاسبه ای زیاد ندارد، اما راه حل بسیار بهتری نسبت به روش‌های امتیاز ساده فراهم می‌کند. برای توسعه کاربرد ANP، ما نظریه سیستم خاکستری [۲۱] را برای گنجایش اطلاعات مجهول و غیر کامل استفاده می‌کنیم. از آن جایی که قضاوت انسان در مورد اولویت‌ها اغلب نامشخص و محاسبه از طریق ارزیابی عددی تعیین شده مشکل است، نظریه سیستم خاکستری برای موقعیت‌های مبهم، غیر معلوم و غیر دقیق مفید است. متدلوژی خاکستری در بسیاری از بخش‌ها مانند کشاورزی [۲۲]؛ حفاظت محیطی [۲۳]، صنعت [۲۴] و مدیریت سرمایه [۲۵، ۲۶]. قابل اجرا می‌باشد. این مقاله نشان می‌دهد که روش‌هایی براساس سیستم خاکستری می‌تواند ویژگی‌های عملکردی مناسب داشته باشند. نظریه سیستم خاکستری، تغییر پذیری نسبی نه پارامتری فرضیه‌ها را فراهم می‌کند و روشی برای تلفیق مبهم و نامشخص مسائل را ارائه می‌دهد. مدل‌های خاکستری با توجه به پارازیت و فقدان اطلاعات مدل سازی، در زمان مقایسه با مدل‌های عادی بسیار مناسب می‌شوند [۲۷]. بنابراین با امکان گنجایش اطلاعات نامعلوم و فراهم کردن ارزیابی روابط داخلی عوامل، ترکیب نظریه خاکستری و ANP، ابزار مدل سازی برای ارزیابی برنامه GSD فراهم می‌آید.

عوامل. (مرحله چهارم) تدوین سوپر ماتریس: روش ANP نیازمند ارزیابی وابستگی‌های میان عوامل و خوشه‌ها است که از طریق اطلاعات سوپر ماتریس تکمیل می‌شود. تشکیل سوپر ماتریس از چهار بخش تقسیم می‌شود: (۱) روابط به منظور هدف نهایی (۲) مقایسه میان عوامل و خوشه‌ها (۳) مقایسه روابط جایگزین با توجه به عوامل (۴) تعیین ماتریس واحد برای تمام جایگزین‌ها (مرحله پنجم) محاسبه وزن پایدار از سوپر ماتریس: وزن پایدار می‌تواند از طریق افزایش سوپر ماتریس استنباط شده در مرحله ۴ به منظور قدرت نسبتا بالا تا وزن‌های موجود در سوپر ماتریس همگرا و تثبیت شده تعیین شود. مرحله ششم) تکمیل تجزیه و تحلیل حساسیت: تحلیل‌های حساسیت می‌تواند برای تعیین وزن‌ها و روابط جایگزین اجرا شود.

۳-۳. مدل ANP- خاکستری

روش ANP- خاکستری شامل ۸ مرحله می‌باشد که در شکل ۱ نشان داده شده است.

۴. تجزیه و تحلیل داده‌ها

در تحقیق حاضر سعی بر آن است تا روش ذکر شده را، در صنعت کاشی و سرامیک استان یزد به کار برده شود. نه برنامه GSD برای ارزیابی شرکت A (کاشی و سرامیک) تعیین شده است:

- ❖ تنظیم قراردادهای بلندمدت با ابعاد زیست محیطی (P₁)
- ❖ انتقال کارکنان با تخصص‌های زیست محیطی به تامین‌کنندگان (P₂)
- ❖ ارائه مشاوره و توصیه‌های فن‌آوری سبز به تامین‌کنندگان (P₃)
- ❖ تشویق تامین‌کنندگان برای عملکرد زیست محیطی بهتر (P₄)
- ❖ انتقال کارمندان تامین‌کننده با تخصص‌های زیست محیطی به شرکت خرید (P₅)
- ❖ تعیین اهداف بهبود زیست محیطی برای تامین‌کنندگان (P₆)
- ❖ آموزش تامین‌کنندگان در مورد کنترل زیست محیطی و هزینه (P₇)
- ❖ اشتراک‌گذاری اطلاعات در موضوعات زیست محیطی (P₈)
- ❖ تعهد مدیر ارشد سازمان به تامین‌کنندگان برای شیوه‌های تامین سبز (P₉)

برای شرکت A، ۷ تامین‌کننده مهم انتخاب می‌شود (S₁, S₂, S₃, ..., S₇).

برای تصمیم‌گیری در مورد مشکلات در محیط خاکستری، یک روش تجمع خاکستری به نام تبدیل داده‌های فازی به امتیازهای واقعی (CFCS) را اعمال می‌کنیم که به عنوان یک روش برای رسیدن به ارزیابی‌های دقیق مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش تجمع خاکستری در مرحله‌ی ارزیابی تمایل مشارکت تامین‌کننده در برنامه‌های GSD مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$\otimes x_{ij}^k$ را به عنوان عدد خاکستری برای تصمیم‌گیری k تعیین می‌کنیم که تمایل مشارکت تامین‌کننده (i) در برنامه GSD (j) را ارزیابی می‌کند. $\otimes x_{ij}^k$ و $\overline{\otimes} x_{ij}^k$ به ترتیب مقادیر پایین و بالا را از طریق تصمیم‌گیری k برای ارزیابی تمایل مشارکت تامین‌کننده (i) و یک برنامه GSD (j) را نشان می‌دهد.

$$\otimes x_{ij}^k = [\underline{\otimes} x_{ij}^k, \overline{\otimes} x_{ij}^k] \quad (6)$$

روش تبدیل داده‌های فازی به امتیازهای واقعی شامل ۳ مرحله است:

مرحله اول) نرمال سازی.

$$\underline{\otimes} \widetilde{x}_{ij}^k = (\underline{\otimes} x_{ij}^k - \min_j \underline{\otimes} x_{ij}^k) / \Delta_{\min}^{\max} \quad (7)$$

$$\overline{\otimes} \widetilde{x}_{ij}^k = (\overline{\otimes} x_{ij}^k - \min_j \overline{\otimes} x_{ij}^k) / \Delta_{\min}^{\max} \quad (8)$$

$$\Delta_{\min}^{\max} = \max_j \overline{\otimes} x_{ij}^k - \min_j \underline{\otimes} x_{ij}^k \quad (9)$$

مرحله دوم) محاسبه کل مقدار واقعی نرمال شده.

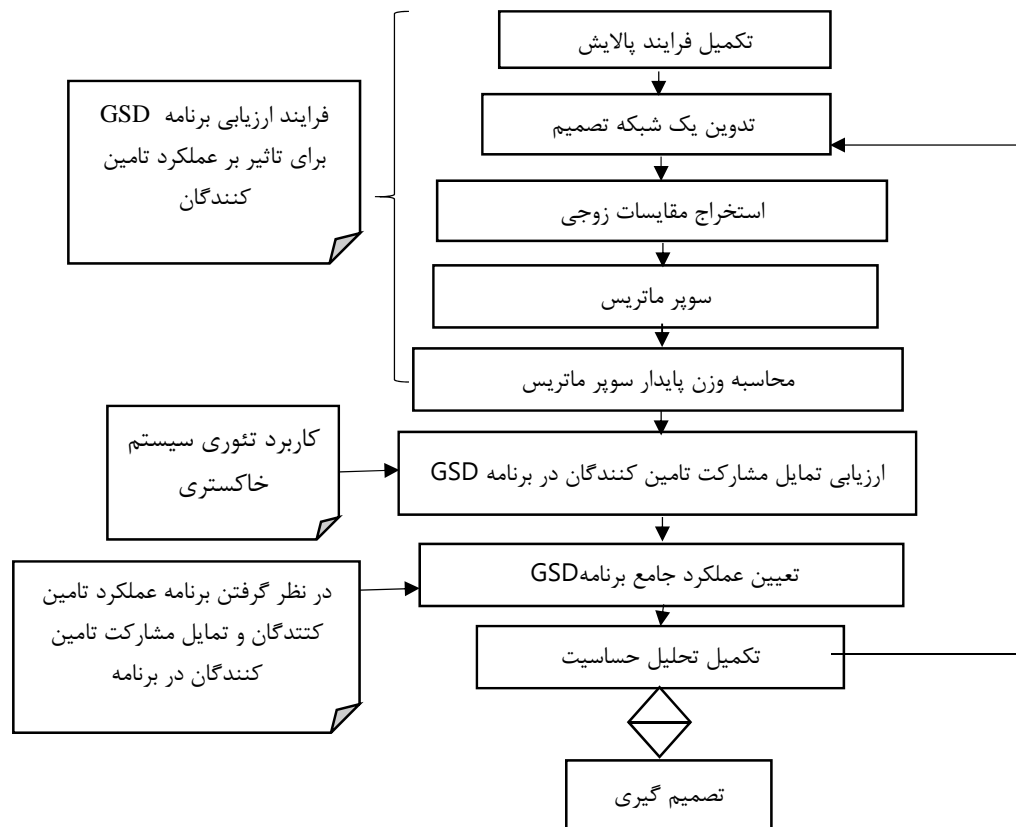
$$Y_{ij}^k = \frac{(\underline{\otimes} \widetilde{x}_{ij}^k (1 - \underline{\otimes} \widetilde{x}_{ij}^k) + (\overline{\otimes} \widetilde{x}_{ij}^k \times \overline{\otimes} \widetilde{x}_{ij}^k))}{(1 - \underline{\otimes} \widetilde{x}_{ij}^k + \overline{\otimes} \widetilde{x}_{ij}^k)} \quad (10)$$

مرحله سوم) محاسبه مقدار واقعی.

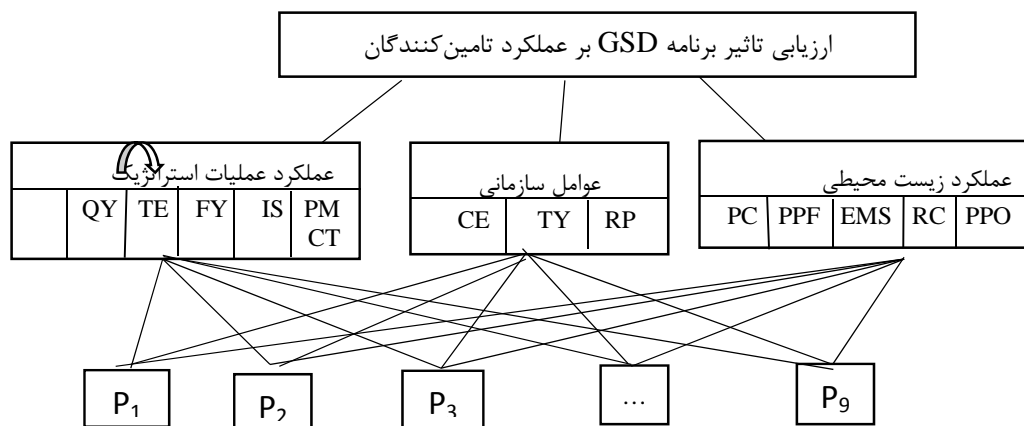
$$Z_{ij}^k = \min_j \underline{\otimes} x_{ij}^k + Y_{ij}^k \Delta_{\min}^{\max} \quad (11)$$

۳-۲. ANP

روش ANP در مراحل زیر معرفی می‌شود. مرحله اول) تدوین یک شبکه تصمیم: بحث با تصمیم‌گیرندگان و ارزیابی پژوهش‌های قبلی برای ایجاد یک شبکه تصمیم لازم است و همچنین تعدادی از ابزارها مانند مدل سازی ساختاری تفسیری و آزمون تصمیم‌ها و روش ارزیابی آزمایشگاهی می‌تواند برای تعیین این ساختار مورد استفاده قرار گیرد. مرحله دوم) استخراج مقایسه‌های زوجی: سوالات مقایسه زوجی برای بدست آوردن اهمیت نسبی خوشه‌ها و عواملی که تشکیل شبکه تصمیم ANP می‌دهد پرسیده می‌شود. سوالات مقایسه شامل ۲ نوع است: مقایسه‌های درون خوشه و مقایسه‌های درون عاملی. مرحله سوم) محاسبه‌ی اهمیت نسبی



شکل ۱. مراحل ANP خاکستری



شکل ۲. شرح نموداری ANP برای ارزیابی تاثیر برنامه GSD بر عملکرد تامین‌کننده

می‌دهد. سوپر ماتریس ناموزون در جدول ۲ بدست آمده است. حال سوپر ماتریس ناموزون باید به سوپر ماتریس موزون، یعنی ماتریس که جمع اجزای ستون آن ۱ است تبدیل شود. برای تبدیل سوپر ماتریس ناموزون به سوپر ماتریس موزون باید سوپر ماتریس ناموزون را در ماتریس خوشه‌ای ضرب کرد. ماتریس خوشه‌ای میزان تاثیرگذاری هر یک از خوشه‌ها برای دستیابی به اهداف مطالعه را منعکس می‌کند. ماتریس خوشه‌ای در مقایسه زوجی خوشه‌ها در چارچوب ساختار سوپر ماتریس اولیه (ناموزون) جدول ۳ حاصل می‌شود. براساس پیشنهاد ساعتی، برای به دست آوردن اهمیت نسبی خوشه‌ها در سوپر ماتریس اولیه (ناموزون) لازم است ماتریس خوشه‌ای به گونه‌ای محاسبه شود که خوشه‌های ستونی آن به عنوان عناصر کنترلی در نظر گرفته شوند. به عبارت دیگر، خوشه‌های ستونی غیر صفر سوپر ماتریس اولیه (ناموزون) با خوشه‌های دیگر واقع در آن ستون، مورد مقایسه زوجی قرار بگیرند تا بردار اهمیت هر یک از خوشه‌های ستونی به دست آمده و نهایتاً با در کنار گذاشتن بردار اهمیت هر یک از خوشه‌ها، ماتریس خوشه‌ای به دست آید.

پس از تشکیل شبکه تصمیم، مقایسات زوجی انجام می‌شود. اهمیت نسبی شاخص نسبت به هدف با سوال زیر تعیین می‌شود: "با توجه به هدف، به چه میزان فرهنگ (CE) اهمیت دارد در زمانی که با تکنولوژی (TY) مقایسه می‌شود؟" پس از آن، اهمیت نسبی شاخص‌ها با توجه به وابستگی درونی شاخص، با استفاده از مقایسه زوجی تعیین می‌شود. در این پژوهش فقط وابستگی درونی معیار عملکرد عملیات استراتژیک بررسی می‌شود. به عنوان مثال، یکی از سوالات، می‌تواند به شرح زیر باشد: "به چه میزان هزینه (CT) بر زمان (TE) تاثیر دارد زمانی که با کیفیت (QY) مقایسه می‌شود؟" سپس، اهمیت نسبی گزینه‌ها با توجه به شاخص‌ها، با استفاده از مقایسه زوجی تعیین می‌شود. به عنوان مثال، یکی از سوالات، می‌تواند به شرح زیر باشد: "با توجه به تکنولوژی (TY) به چه میزان تامین‌کننده سبز تمایل مشارکت در برنامه P1 را دارد، در زمانی که با برنامه P2 مقایسه می‌شود؟" سپس سوپر ماتریس ANP ترسیم می‌شود. سطر دوم (ستون) نشان‌دهنده هدف شبکه تصمیم می‌باشد. ۱۴ سطر (ستون) بعدی عوامل زیست محیطی و سازمانی و عملیات استراتژیک تامین‌کننده را نشان می‌دهد. ۹ سطر (ستون) آخر برنامه‌های GSD را نشان

جدول ۱. اهمیت نسبی تاثیر برنامه GSD بر عملکرد تامین‌کنندگان

هدف	فرهنگ	تکنولوژی	ارتباطات	کنترل آلودگی	پیشگیری از آلودگی	سیستم مدیریت محیطی	صرف منابع	تولید آلودگی	هزینه	کیفیت	زمان	انعطاف پذیری	نوآوری	مدیریت فرایند	w
فرهنگ	1	0.5	0.5	1	2	2	0.5	2	2	1	2	1	2	0.073	
تکنولوژی	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0.117	
ارتباطات	2	0.5	1	3	0.5	2	0.5	0.5	0.5	2	2	2	2	0.085	
کنترل آلودگی	1	0.33	0.5	1	0.5	0.5	0.5	2	0.5	0.5	2	0.5	0.5	0.043	
پیشگیری از آلودگی	0.5	0.5	2	2	1	0.5	0.5	2	0.5	0.5	2	0.5	0.5	0.053	
سیستم مدیریت محیطی	0.5	0.5	2	2	2	2	0.5	2	0.5	0.5	2	0.5	0.5	0.058	
صرف منابع	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0.084	
تولید آلودگی	0.5	2	2	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.039	
هزینه	0.5	0.5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0.096	
کیفیت	1	0.5	0.5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0.081	
زمان	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.036	
انعطاف پذیری	1	0.5	0.5	2	2	2	0.5	2	2	2	2	0.5	0.5	0.045	
نوآوری	2	0.5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0.085	
مدیریت فرایند	0.5	0.5	0.5	2	2	2	0.5	2	2	2	2	2	2	0.072	

جدول ۲. ساختار سوپر ماتریس برای شبکه تصمیم ANP

هدف	PC	PPF	EMS	RC	PPO	CE	TY	RP	CT	QY	TE	FY	IS	PM	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
هدف	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PC	0.073	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PPF	0.117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EMS	0.085	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RC	0.043	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PPO	0.053	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CE	0.058	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TY	0.084	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RP	0.039	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CT	0.096	0	0	0	0	0	0	0	1.000	0.077	0.036	0.155	0.105	0.123	0	0	0	0	0	0	0	0	0
QY	0.081	0	0	0	0	0	0	0	0.329	1.000	0.064	0.161	0.045	0.111	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TE	0.036	0	0	0	0	0	0	0	0.258	0.406	1.000	0.152	0.162	0.024	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FY	0.045	0	0	0	0	0	0	0	0.007	0.218	0.096	1.000	0.083	0.154	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IS	0.085	0	0	0	0	0	0	0	0.176	0.107	0.170	0.374	1.000	0.030	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	0.072	0	0	0	0	0	0	0	0.187	0.197	0.084	0.204	0.258	1.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1	0	0.142	0.121	0.038	0.077	0.05	0.172	0.023	0.141	0.015	0.059	0.158	0.036	0.186	0.143	0	0	0	0	0	0	0	0

جدول ۵. ارزیابی مقادیر برنامه‌های GSD برای عملکرد تامین‌کننده

مقدار نرمالیزه شده	برنامه GSD	اهمیت نهایی
0.661	P ₁	0.088
1	P ₂	0.134
0.997	P ₃	0.133
0.812	P ₄	0.109
0.615	P ₅	0.082
0.800	P ₆	0.107
0.952	P ₇	0.127
0.843	P ₈	0.113
0.651	P ₉	0.087

در مرحله بعد، تمایل مشارکت تامین‌کنندگان در برنامه‌های GSD مورد ارزیابی قرار می‌گیرد برای این منظور از مجموعه‌ای خاکستری استفاده می‌شود. امتیازهای پیش‌بینی از دامنه‌ای با تمایل نداشتن برای شرکت در برنامه GSD تا تمایل بالا برای شرکت در برنامه GSD برای هر تامین‌کننده را شامل می‌شود. پنج سطح تغییر مقیاس خاکستری در جدول ۶ ارائه می‌شود.

جدول ۶. مقیاس های خاکستری برای ارزیابی تامین‌کنندگان

مقیاس ها	P9
تمایل به مشارکت ندارد.	0.125
تمایل بسیار پایین برای مشارکت دارد.	0.625
تمایل پایین برای مشارکت دارد.	0.125
تمایل بالایی برای مشارکت دارد.	0
تمایل بسیار بالایی برای مشارکت دارد.	0.125

ماتریس اصلی تصمیم‌گیری خاکستری برای تمایل مشارکت تامین‌کنندگان در برنامه‌های GSD که براساس نظر مدیر کل است، در جدول ۷ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، امتیاز تامین‌کننده اول (S₁) برای شرکت در برنامه P₁، [0,0] (پایین = 0، بالا = 0) می‌باشد که نشان می‌دهد S₁ دارای تمایل بسیار ضعیف برای شرکت در برنامه P₁ در GSD می‌باشد.

جدول ۷. ماتریس اصلی تصمیم‌گیری خاکستری برای ارزیابی تمایل مشارکت ۹ تامین‌کننده (s) در ۹ برنامه GSD.

	P ₁		P ₂		P ₃		P ₄		P ₅		P ₆		P ₇		P ₈		P ₉	
	upper	lower	upper	lower	upper	Lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	Lower
S ₁	1	0.75	1	0.75	0.25	0	0.5	0.25	0.25	0	0.75	0.5	0	0	0.25	0	1	0.75
S ₂	0.25	0	0	0	0.5	0.25	0.25	0	0.25	0	1	0.75	1	0.75	0.5	0.25	1	0.75
S ₃	0.5	0.25	0.75	0.5	0.25	0	0.75	0.5	0.25	0	1	0.75	0.5	0.25	0.25	0	1	0.75
S ₄	0.25	0	0.5	0.25	0	0	0	0	0	0	0.75	0.5	1	0.75	0	0	0.75	0.5
S ₅	0.75	0.5	0.25	0	0.25	0	0.25	0	0	0	0.25	0	1	0.75	0.5	0.25	1	0.75
S ₆	0	0	0	0	0.25	0	0	0	0.25	0	1	0.75	0	0	0.75	0.5	1	1
S ₇	0.5	0.25	1	0.75	0.5	0.25	0.75	0.5	0.5	0.25	0.25	0	0.25	0	1	0.75	1	0.75

سپس با استفاده از عبارات (۶) تا (۱۱) که در بخش ۳-۱ بیان شد مقادیر واقعی از تمایل ۷ تامین‌کننده برای شرکت در ۹ برنامه GSD به دست می‌آید که در جدول ۸ نشان داده می‌شود.

جدول ۸. مقادیر واقعی از تمایل ۷ تامین‌کننده برای شرکت در برنامه GSD

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
S ₁	1.188	1.188	0.750	0.063	0	0.063	0.125	0.503	0.125
S ₂	0.063	0	0.750	0.438	1.188	0.75	0.125	0.082	0.625
S ₃	0.438	0.813	0.750	0.063	0.438	0.75	0.125	0.916	0.125
S ₄	0.063	0.438	0.50	0	1.188	0.063	0	0	0
S ₅	0.813	0.063	0.750	0.438	1.188	0	0	0.082	0.125
S ₆	0	0	1	0.813	0	0.75	0.125	0	0.125
S ₇	0.438	1.188	0.750	1.188	0.063	0	0.625	0.916	0.625

در مرحله بعد، امتیاز نهایی عملکرد جامع ۹ برنامه GSD در جدول ۹ نشان داده می‌شود به عنوان مثال امتیاز نهایی P₁ مانند زیر محاسبه می‌شود.

$$P_1 = 1.188 * 0.661 + 0.063 * 0.661 + 0.438 * 0.661 + 0.063 * 0.661 + 0.813 * 0.661 + 0 * 0.661 + 0.438 * 0.661 = 2.402$$

جدول ۹. امتیاز نهایی عملکرد جامع برنامه‌های GSD

	برنامه‌های GSD								
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉
مقادیر برنامه‌ها برای ارزیابی عملکرد برنامه	0.661	1	0.997	0.812	0.615	0.800	0.952	0.843	0.651
تامین‌کنندگان									
S ₁	1.188	1.188	0.750	0.063	0	0.063	0.125	0.503	0.125
S ₂	0.063	0	0.750	0.438	1.188	0.75	0.125	0.082	0.625
S ₃	0.438	0.813	0.750	0.063	0.438	0.75	0.125	0.916	0.125
S ₄	0.063	0.438	0.50	0	1.188	0.063	0	0	0
S ₅	0.813	0.063	0.750	0.438	1.188	0	0	0.082	0.125
S ₆	0	0	1	0.813	0	0.75	0.125	0	0.125
S ₇	0.438	1.188	0.750	1.188	0.063	0	0.625	0.916	0.625
عملکرد جامع برنامه‌ها	1.985	3.69	5.234	2.438	2.499	1.901	1.071	3.093	1.139

برنامه‌های GSD که ممکن است عملکرد تامین‌کنندگان را بهبود بخشد و مدیران نیاز دارند تا به طور آشکار و همزمان تمایل شرکت تامین‌کنندگان با توجه به برنامه GSD مورد نظر قرار دهند. در این پژوهش، ارزیابی عملکرد تامین‌کنندگان تنها به عوامل محیطی و کاربردی محدود می‌شود که می‌توان عوامل اجتماعی مانند حقوق انسانی، نیروی کار در پژوهش‌های آینده استفاده شود.

منابع

- [1] Teunter, R.H., Flapper, S.D.P., 2011. Optimal core acquisition and remanufacturing policies under uncertain core quality fractions. *European Journal of Operational Research* 210 (2), pp. 241–248.
- [2] Liu, Z., Anderson, T.D., Cruz, J.M., 2012. Consumer environmental awareness and competition in two-stage supply chains. *European Journal of Operational Research* 218 (3), pp. 602–613.
- [3] Fu, X., Zhu, Q., Sarkis, J., 2012. Evaluating green supplier development programs at a telecommunications systems provider. *International Journal of Production Economics* 140 (1), pp. 357–367.
- [4] Tang, C.S., Zhou, S., 2012. Research advances in environmentally and socially

جدول ۹ نشان می‌دهد، برنامه‌های ارائه مشاوره و توصیه‌های فن آوری سبز به تامین‌کنندگان (P₃) و انتقال کارکنان با تخصص‌های زیست محیطی به تامین‌کنندگان (P₂)، با امتیازهای ۵/۲۳۴، ۳/۶۹ دارای تاثیر نسبتاً مثبت برای بهبود عملکرد تامین‌کنندگان دارند. و در مقابل تعهد مدیر ارشد ساختمان به تامین‌کنندگان برای شیوه‌های تامین سبز (P₉) و آموزش تامین‌کنندگان در مورد کنترل زیست محیطی و هزینه (P₇) با امتیازهای ۱/۱۳۹، ۱/۰۷۱ دارای تاثیر نسبتاً ضعیف بر عملکرد تامین‌کنندگان می‌باشد.

۵. نتیجه‌گیری

در این پژوهش، با استفاده از ANP و نظریه سیستم خاکستری، روشی براساس ANP خاکستری برای ارزیابی برنامه‌های توسعه تامین‌کنندگان سبز ارائه می‌شود. ANP به منظور ارزیابی عملکرد تامین‌کننده با برنامه‌های GSD مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش خاکستری، عدم قطعیت‌ها و تمایل شرکت تامین‌کنندگان در برنامه GSD را نشان می‌دهد. این روش می‌تواند به شرکت‌های فعال در زنجیره تولید برای طراحی و برنامه‌ریزی موثر برنامه‌های GSD کمک می‌کند. نتایج این مدل‌سازی اول به مدیران کمک می‌کند تا برنامه‌های GSD شان را براساس عملکرد بالای تامین‌کنندگان برای شرکت در برنامه‌های GSD در اولویت قرار دهند این اولویت می‌تواند به منابع و بخش‌های سرایه‌گذاری کمک کند. دوم به منظور اجرای موثر

- [14] Chuu, S.J., 2011. Interactive group decision-making using a fuzzy linguistic approach for evaluating the flexibility in a supply chain. *European Journal of Operational Research* 213 (1), pp. 279–289.
- [15] Chan, F.T.S., 2003. Performance measurement in a supply chain. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 21 (7), pp. 534–548.
- [16] Lau, A.K.W., 2011. Supplier and customer involvement on new product performance: contextual factors and an empirical test from manufacturer perspective. *Industrial Management and Data Systems* 111 (6), pp. 910–942.
- [17] Azadegan, A., 2011. Benefiting from supplier operational innovativeness: the influence of supplier evaluations and absorptive capacity. *Journal of Supply Chain Management* 47 (2), pp. 49–64.
- [18] Klassen, R.D., Whybark, D.C., 1999. Environmental management in operations: the selection of environmental technologies. *Decision Sciences* 30 (3), pp. 601–631.
- [19] Gauthier, C., 2005. Measuring corporate social and environmental performance: the extended life-cycle assessment. *Journal of Business Ethics* 59 (1), pp. 199–206.
- [20] Simatupang, T.M., Sridharan, R., 2004. A benchmarking scheme for supply chain collaboration. *Benchmarking: An International Journal* 11 (1), pp. 9–30.
- [21] Deng, J.L., 1982. Control problem of grey systems. *Systems and Control Letters* 1 (5), pp. 288–294.
- [22] Sun, G., 1991. Prediction of vegetable yields by grey model GM (1, 1). *Journal of Grey System* 2, pp. 187–197.
- [23] Pao, H.T., Fu, H.C., Tseng, C.L., 2012. Forecasting of CO₂ emissions, energy consumption and economic growth in China using an improved grey model. *Energy* 40 (1), pp. 400–409.
- sustainable operations. *European Journal of Operational Research* 223 (3), pp. 585–594.
- [5] Reuter, C., Foerstl, K., Hartmann, E., Blome, C., 2010. Sustainable global management: the role of dynamic capabilities in achieving competitive advantage. *Journal of Supply Chain Management* 46 (2), pp. 45–63.
- [6] Bai, C., Sarkis, J., 2010b. Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies. *International Journal of Production Economics* 124 (1), pp. 252–264.
- [7] Wagner, S.M., 2011. Supplier development and the relationship life-cycle. *International Journal of Production Economics* 129 (2), pp. 277–283.
- [8] Dekker, R., Bloemhof, J., Mallidis, I., 2012. Operations research for green logistics – an overview of aspects, issues, contributions and challenges. *European Journal of Operational Research* 219 (3), pp. 671–679.
- [9] Hassini, E., Surti, C., Searcy, C., 2012. A literature review and a case study of sustainable supply chains with a focus on metrics. *International Journal of Production Economics* 140 (1), pp. 69–82.
- [10] Bai, C., Sarkis, J., 2010a. Green supplier development: analytical evaluation using rough set theory. *Journal of Cleaner Production* 18 (12), pp. 1200–1210.
- [11] Sarkis, J., Talluri, S., 2002. A model for strategic supplier selection. *Journal of Supply Chain Management* 38 (1), pp. 18–28.
- [12] Ho, W., Xu, X.W., Dey, P.K., 2010. Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: a literature review. *European Journal of Operational Research* 202 (1), pp. 16–24.
- [13] Huang, S.H., Keskar, H., 2007. Comprehensive and configurable metrics for supplier selection. *International Journal of Production Economics* 105 (2), pp. 510–523.

- [24] Hsu, C.I., Wen, Y.H., 2000. Application of grey theory and multiobjective programming towards airline network design. *European Journal of Operational Research* 127 (1), pp. 44–68.
- [25] Li, G.D., Yamaguchi, D., Nagai, M., 2007. Grey-based decision-making approach to the supplier selection problem. *Mathematical and Computer Modelling* 46 (3/ 4), pp. 573–581.
- [26] Rahimnia, F., Moghadasian, M., Mashreghi, E., 2011. Application of grey theory approach to evaluation of organizational vision. *Grey Systems: Theory and Application* 1 (1), pp. 33–46.
- [27] Kayacan, E., Ulutas, B., Kaynak, O., 2010. Grey system theory-based models in time series prediction. *Expert Systems with Applications* 37 (2), pp. 1784–1789.
- [28] Opricovic, S., Tzeng, G.H., 2003. Defuzzification within a multicriteria decision model. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems* 11 (5), pp. 635–652.