ارائه مدل توسعه يافته انعطاف‌پذيري و كارايي سازمان در محيط فازي

مسعود رباني[*۱]، رضا توكلي مقدم[۲]، ياسمن خدادادگان[۳] و معيد حق نويس[۴]

[۱]دانشيار گروه مهندسي صنايع - پرديس دانشكده هاي فني - دانشگاه تهران

[۲]دانشيار گروه مهندسي صنايع - پرديس دانشكده هاي فني - دانشگاه تهران

[۳]دانش آموخته كارشناسی ارشد مهندسي صنايع - پرديس دانشكده هاي فني - دانشگاه تهران

[۴]دانش آموخته كارشناسی ارشد مهندسي صنايع - پرديس دانشكده هاي فني - دانشگاه تهران

(تاريخ دريافت ۸۴/۶/۹ ، تاريخ دريافت روايت اصلاح شده ۸۵/۹/۲۱ ، تاريخ تصويب ۸۵/۹/۱۱)

چكيده

امروزه مساله انعطاف‌پذيري در سازمانها از اهميت خاصي برخوردار است و بررسي آن به همراه كارايي و ميزان عملكرد سازمان مورد توجه مي‌باشد. تصميم‌گيري در دنياي واقعي اغلب براساس داده‌هاي ذهني و زباني مي‌باشد، به همين دليل استفاده از منطق فازي در مدلسازي مناسب به نظر مي‌رسد. در اين مقاله، يك رويكرد فازي براي يک مدل توسعه يافته انعطاف‌پذيري سازماني به كار مي‌رود كه اين مدل، كارايي و انعطاف‌پذيري سازمان را تؤاماً در نظر مي‌گيرد. لذا با در نظر گرفتن اين مدل در محيط فازي شرايط واقعي‌تري براي مسأله در نظر گرفته مي‌شود. اين مساله در شرايط قطعي و در حالت فازي حل شده و نتايج حل آن ارائه شده است.

واژه‌هاي كليدي: انعطاف‌پذيري - كارايي - مدل سازماني- تصميم گيري - محيط فازي

مقدمه

انعطاف‌پذيري به عنوان كل تنوع پاسخ‌هاي ابراز شده شركت به محيط كسب و كار آن است [۱]. با وجوديكه بسياري از مديران و دانشمندان از انعطاف‌پذيري به عنوان يک قابليت كليدي براي رقابت ياد كرده‌اند، تلاش‌ها براي اندازه‌گيري و فهم اين ساختار پيچيده ادامه دارد [۲]. تأثير رقابتي بالقوه انعطاف‌پذيري به خوبي شناخته شده است [۳] و [۴]. حيات يک ارگانيزم بشري بستگي به قابليت انعطاف آن در تطبيق با محيط دارد. ليكن هم مديران و هم دانشمندان فقدان مقياس‌هاي مناسب براي انعطاف‌پذيري را (براي مثال [۸-۵]) درست مانند فهم بهتر اطلاعات بين انواع مختلف انعطاف‌پذيري ([۶] و [۸]) گوشزد كرده‌اند. يک مقياس پذيرفته شده واحد براي انعطاف‌پذيري وجود ندارد، و بنابراين تحقيقات بطور پي در پي در مورد اين موضوع در حال انجام است [۹].

انعطاف‌پذيري مي‌تواند به عنوان عامل زيان آور در كارائي محسوب گردد. اما در زمان جهاني شدن (يكپارچه شدن) و تغييرات سريع در تجارت، شركت‌ها بايستي به همان اندازه كه به كارائي پاسخ مي‌دهند, چابک و سريع پاسخ دهند (قابليت انعطاف) [۱]. محققان در مرجع [۱۰] ارتباط بين انعطاف‌پذيري عملياتي، عدم قطعيت و عملكرد شركت را آزمايش كردند. تحليل كارايي فعاليت‌ها، محصولات يا واحدهاي سازماني يک مسأله بنيادي در تحقيقات اقتصادي است [۱۱]. كارايي بوسيله روش‌هاي مختلفي ارزيابي مي شود كه يكي از آنها تحليل پوششي داده[۱] (DEA) مي‌باشد. DEA يک روش داده‌گرا براي مقياس‌گذاري و سنجه گذاري كارايي مربوط به واحدهاي تصميم‌گيري هم رتبه با چندين ورودي و چندين خروجي مي‌باشد [۱۲]. ارزيابي عملكرد فعاليت‌ها يا سازمان‌ها بوسيله مدل‌هاي DEA مرسوم نيازمند داده‌هاي ورودي و خروجي دقيق است. ليكن در مسائل جهان واقعي ورودي‌ها و خروجي‌ها اغلب غير دقيق هستند [۱۳]. زمانيكه توزيع مناسبي از خروجي‌هاي ممكن شناخته نشده است، تصميم‌گيران اغلب در مدلسازي جريانات نقدي در مرحله ارزيابي مدل, از دانش خبره استفاده مي‌كنند [۱۴]. سهم مهم تئوري مجموعه فازي، قابليت آن در نشان دادن دانش نامعلوم است. محققان مرجع [۱۵], اولين محققاني هستند كه از يک چهارچوب منطق فازي براي اندازه گيري انعطاف‌پذيري توليد استفاده كرده‌اند. تئوري مجموعه‌هاي فازي همچنين اجازه مي‌دهد داده‌هاي زباني بطور مستقيم در مدل‌هاي DEA استفاده شود [۱۳].

با مرور مطالعات پيشين مي‌توان گفت كه تا كنون مقاله‌اي با هدف استفاده از چهارچوب منطق فازي براي

* نويسنده مسئول : تلفن : ۶۱۱۱۴۲۷۷ , فاكس : ۸۸۰۱۳۱۰۲ , Email: mrabani@ut.ac.ir

اندازه‌گيري انعطاف‌پذيري سازماني منتشر نشده است. در اين مقاله سعي شده است يک مدل عمومي پيشنهاد شده از بين مدل‌هاي DEA, با در نظر گرفتن همزمان انعطاف‌پذيري سازماني توسعه داده شود و در يک محيط فازي بررسي گردد. با توجه به اينکه در مقاله [۱], تاثير انعطاف‌پذيري و کارايي سازماني در شرايط قطعي به صورت توام بررسي شده است، در اين مقاله به توسعه مدل و بررسي آن در شرايط فازي پرداخته‌ايم.

ساير بخشهاي مقاله به ترتيب زير دنبال شده است:

در بخش ۲ انعطاف‌پذيري و کارايي در سازمان شرح داده شده است. در بخش ۳ يك مدل انعطاف‌پذيري با ورودي‌هاي DEA معرفي شده است که در بخش ۴ توسعه داده شده است. در فصل ۵ مدل در شرايط فازي بررسي شده است و مثال‌هايي از حل مدل در شرايط قطعي و فازي در فصل ۶ گنجانده شده است. در بخش۷ به بررسي نتايج حاصل از اين مطالعه پرداخته شده است.

انعطاف‌پذيري و کارايي در سازمان

تحقيقات اوليه نشان مي‌دهد که هر بُعد انعطاف‌پذيري از چهار عنصر تشکيل مي‌شود: دامنه - عدد[۲]، دامنه - تنوع[۳]، پويايي[۴] و يکنواختي[۵] [۲]. عنصر دامنه - عدد انعطاف‌پذيري، يک شمارش عددي مشخص از تعداد گزينه هاي ممکن است که يک سيستم يا منبع مي‌تواند اجرا کند. عنصر دامنه - تنوع درجه تفاوت بين گزينه‌هاي مختلف را نشان مي‌دهد. عنصر پويايي ميزان آساني را نشان مي‌دهد که سازمان از يک حالت به حالت ديگر برود. براي هر تغيير حالت داخل دامنه، تغيير پذيري از طريق جريمه‌هاي انتقال بررسي مي‌شود. عنصر يکنواختي انعطاف‌پذيري هرگونه تغيير يا خراب شدگي سيستم مربوط به درخواست يک پاسخ انعطاف‌پذير را در بر مي‌گيرد. تعداد زيادي از مقياس‌هاي عملکرد را مي توان براي بررسي شباهت عملکرد خروجي داخل محدوده پوشش داده شده استفاده نمود.

حال مي‌خواهيم انعطاف‌پذيري را از ديد سازماني بررسي کنيم. انعطاف‌پذيري بعنوان کل تنوع پاسخ‌هاي ابراز شده شرکت به محيط کسب و کار آن است [۱]. از آنجا که متغيرهاي ورودي / خروجي از مقياس نسبت هستند و نه اسمي (ظاهري)، ما دامنه هر متغير را براي اندازه‌گيري قابليت شرکت براي پاسخ‌هايش بکار مي‌بريم.

يک سازمان زماني انعطاف‌پذير است که قادر به پاسخگوئي‌هاي چندگانه به محيط خودش باشد. نرخ کارائي تصوير کلي از عملکرد شرکت را توصيف نمي‌کند. مشاهدات مختلف در مديريت شرکت‌ها نشان مي‌دهد که چقدر غير کار آمد بودن يک شرکت مي‌تواند مؤثر باشد يا اينکه يک شرکت چقدر بايستي انعطاف پذير باشد تا رشد(کارايي) خود را بدست آورده و حفظ کند. به منظور پاسخگوئي به بازار پيچيده و در حال تغيير، شرکت‌ها بايستي منابع مختلف، مسيرها و فرآيندهاي فکري توانمند را حفظ کنند. کارائي بوسيله چندين روش مي تواند اندازه گيري شود، که يکي از اين روشها, آنالیز داده‌هاي در لفافه (DEA) مي‌باشد. تجزيه و تحليل پوششي داده‌ها (DEA) يک متد گرايش يافته بسوي داده‌هاست تا اندازه گيري و سنجش کارائي نسبي واحدهاي تصميم گيرنده[۶] (DMU) را که داراي چندين ورودي و چندين خروجي هستند، انجام دهد. DEA مقدار کارائي يک شرکت را در تبديل منابع ورودي به خروجي توليدي, تعيين مي‌کند. بحثها مشخص مي‌نمايد که چگونه مدل قابليت انعطاف‌پذيري مي تواند مطالعات DEA را تکميل کند تا مشخصات يک عملکرد شرکتي را کامل نمايد [۱].

ورودي ها:

COGS	قيمت کالاهاي فروخته شده
XCAP	هزينه هاي سرمايه
XRD	هزينه هاي R&D
XSGA	فروش، مخارج اداري و کلي
EMP	نيروي کار در هزاران کارگر در پايان سال
PPEGT	نگهداري تجهيزات و تأسيسات و دارائي ناخالص در شروع سال

خروجي ها:

SALE	درآمد ناخالص فروش
IB	درآمد قبل از ماليات
MKVALF	سرمايه گذاري بازار در پايان سال

بنابراين اندازه‌گيري به نحوي توسعه داده مي‌شود که بتواند هم انعطاف‌پذيري کارهاي جزئي تر (مانند فروشگاه ماشين‌ها، ارز خارجي، تجارت و غيره) سازمان را بيان نمايد و در صورتي که داده‌ها در دسترس باشند، مستقيماً

آنها را مُدل نماید. آنالیز انعطاف‌پذیري اکتشافي که در این مقاله توضیح داده شده است از همان داده‌هاي آنالیز شده براي اهداف کارائي استفاده مي‌کند. نتایج نشان مي دهد که شرکت‌هایي که در اندازه گیري قابلیت انعطاف امتیاز بالائي کسب مي‌کنند کارائي DEA ثابت‌تري را در پهناي زماني قابل مطالعه کسب مي‌کنند [۱].

در اصطلاح DEA, هر شرکت یک واحد تصمیم‌گیري یا DMU نامیده مي‌شود. $[y_{rj}]$ ماتریسي مي‌باشد که مقدار هر خروجي موثر r تولید شده بوسیله DMU_j را نشان مي‌دهد. بطور مشابه $[x_{ij}]$ ماتریس ورودي هاي منابع i مورد استفاده DMU هاي j است. ضرایب u_r و v_i که نشانگر اهمیت هر ورودي و هر خروجي در تعیین کارائي است, در بهینه سازي زیر ناشناخته هستند. کارائي DMU نسبت یک جمع وزني از خروجي خود به یک جمع وزني از ورودي‌هاي آن است با مقدار دقیق نسبت تعیین شده بوسیله مقادیر بهینه u_r و v_i. مدل پیشنهاد شده براي DEA در حالت عمومي به صورت زیر است [۱۶]:

مدل (۱) :

$$\text{Max} \quad \frac{\sum_r u_r y_{ro}}{\sum_i v_i x_{io}} \qquad (۱)$$

s.t.

$$\frac{\sum_r u_r y_{ro}}{\sum_i v_i x_{io}} \le 0 \quad ; \quad \text{به ازاي هر } DMU_j \qquad (۲)$$

$$u_r \ , \ v_i > 0 \qquad (۳)$$

DEA با توجه به نکات زیر بهتر درک مي‌شود:

- DEA یک امتیاز کارائي نسبي بجاي امتیاز مطلق مي‌دهد.
- برخلاف رگرسیون آماري که فقط یك بهینه سازي حداقل مربعات براي کل مجموعه داده‌ها مورد استفاده قرار مي‌دهد، DEA احتیاج به یک بهینه‌سازي مجزا براي هر DMU دارد.
- همچنین برخلاف رگرسیون که امکان چندین متغیر مستقل را دارد ولي احتیاج به یک متغیر وابسته دارد DEA اجازه چندین ورودي و چندین خروجي را مي‌دهد.
- غیر کارا بودن یک شرکت مي‌تواند نوسان داشته باشد، به این معنا که یک شرکت چقدر بایستي انعطاف‌پذیري داشته باشد که رشد (کارایي) خود را بدست آورده و آنرا نگهداري کند.
- تبدیلات استاندارد اجازه مي‌دهد بهینه‌سازي به صورت یك مساله برنامه‌ریزي خطي حل شود.

قانون Ashby [۱۶], تعداد خروجي‌ها را به انواع محرک‌ها و پاسخ‌ها مربوط مي‌سازد با توجه به اینکه تعداد خروجي‌ها نمي‌تواند کمتر از نسبت تعداد محرک‌هاي مجزا به تعداد پاسخ‌هاي مجزا, باشد. به عبارت دیگر هر چه تنوع رفتارهاي در دسترس براي یك سیستم کنترلي بیشتر باشد, تنوع اختلالاتي که قادر به جبران آن است بیشتر مي‌باشد.

برخي از نکاتي که در مورد مقیاس انعطاف‌پذیري باید مورد توجه قرار داد, به شرح زیر مي‌باشد [۱]:

- انعطاف‌پذیري باید از مقیاس‌هاي عدم کارایي مجزا باشد. عدم کارایي به معناي اتلاف است و تاوان انعطاف‌پذیري نمي‌باشد.
- Ashby [۱۶] بیان مي‌کند که انعطاف‌پذیري ارگانیسم از لحاظ رفتاري تنها مي‌تواند با مشاهده دامنه پاسخ‌هاي آن در سرتاسر محدوده شامل تغییرات محیطي بسیار، اندازه‌گیري شود بجاي آنکه از طریق مشاهده مقدار یك تغییر واحد در پاسخ به یك تغییر محیطي واحد اندازه‌گیري شود.
- انعطاف‌پذیري و کارایي باید با یکدیگر مقایسه شوند تا به یك مقیاس کلي با معني از عملکرد سازمان برسند. بنابراین باید به صورتي اندازه گیري شوند که بطور عددي قابل مقایسه باشند.
- در حالت ایده آل یك شرکت مي تواند هم انعطاف پذیر باشد و هم ۱۰۰% کارایي داشته باشد. اما با دنبال کردن توضیحات کامو و فلیپس [۱۷] در مورد شرکت‌هاي رو به تکامل، حدس این است که هیچ الگویي ۱۰۰% براي انعطاف‌پذیري یا در واقع سطح بهینه وجود ندارد.

مدل انعطاف‌پذیري با ورودي‌هاي DEA

مدل کلي انعطاف‌پذیري, براي هر شرکت در یك مجموعه مقایسه, یك بردار پارامتري تخصیص مي‌دهد که به شرکت حداکثر انعطاف‌پذیري ممکن را مي‌دهد. با این

شرایط که نامساوي Ashby بـراي همـه شـرکت‌هـا وقتـي مقادیر پارامتري یکسان بکار مي‌رود, نگه داشته شود [۱].

بـه منظـور غلبـه بـر کمبودهـایي کـه مفهـوم انعطاف‌پذیري مي‌تواند داشته باشد، یـك مـدل عمـومي از انعطاف‌پذیري نسبي ایجاد شده است. بیشـینه‌سـازي زیـر یک مدل تقریبي براي حالتي که ورودي‌هـاي DEA بکـار برده شود، شرح مي‌دهد و تنوع پاسخ‌هاي شرکت بصـورت دامنه پاسخ‌ها نشان داده شـده اسـت و مبتنـي بـر درآمـد خـالص فـروش، درآمـد قبـل از مالیـات و میـزان سـرمایه گذاري در هر سال است [۱].

از آنجـا کـه متغیرهـاي ورودي / خروجـي از مقیـاس نسبت هستند، ما دامنه هـر متغیـر را بـراي انـدازه‌گیـري قابلیت شرکت نسبت به تغییر دادن پاسخ‌هـا انـدازه‌گیـري مي‌کنیم تا قابلیت شرکت را بر اساس میزان متفاوت کردن پاسخ‌هایش بسنجیم. براي مثال دامنـه فـروش بـه معنـاي تفاضل حداقل فروش سـالانه بـراي داده‌هـاي در دسـت از حداکثر فروش سالانه است. با داشتن حاصلضرب دامنه‌هـا, مي‌توان به صورت همزمان چنـد فـاکتور مـوثر را بیشـینه کرد.

مدل (II) :

$$\text{Max} \prod_{i\in\{I\}} (R_{ij})^{ci} \qquad (۴)$$

s.t.

$$\prod_{i\in\{I\}} (R_{ij})^{ci} \le \left[\max\ \{R_{ij}\}N\right]$$

$$j\epsilon\{\text{مجموعه شرکتها}\} \qquad (۵)$$

$$\sum_{i\in\{I\}} c_i = 1 \quad ; \quad c_i \ge 0 \qquad (۶)$$

I = {سرمایه گذاري در هر سال، درآمد فروش خالص، درآمد قبل از مالیات}

J = {۴۱ شرکت}

R_{ij} = محدوده پاسخ شرکت j به ورودي i

c_i = وزن پاسخ i

N = تعداد پاسخ‌ها

در مطالعه انجام شده [۱]، چارچوب‌هـاي تئـوریکي از اقتصاد خرد، تکامل و سیستم‌هاي کلي به عنوان محل‌هاي ممکن براي بحث انعطاف‌پذیري سازماني، انتخـاب تئـوري سیستم‌ها و خصوصاً قانون ضـرورت گونـاگوني Ashby، در نظر گرفته شده است. یك فهرست از معیارهـا بـراي یـك مدل قابل دفاع تئـوریکي و کـاربردي از انعطـاف‌پـذیري و توسعه آن پیشنهاد شده است. یك تخمـین از مـدل کلـي محاسبه و نتایج حاصل ارائه شده است. بررسي انجام شـده برخي پیامدهاي کارایي و انعطاف‌پذیري را روشن ساخته و نشان داده است که چطور مدل انعطـاف‌پـذیري همـراه بـا مدل‌هاي کارایي بخصوص مـدل‌هـاي DEA، بـراي کامـل کردن توصیف عملکرد شرکت عمل مـي‌کنـد. ایـن چشـم انداز وسیع‌تر همچنین مـي توانـد بـه انتخـاب متغیرهـاي ورودي / خروجي در مطالعات DEA کمك کند.

حل مدل تقریبي نشان مي‌دهـد کـه انعطـاف‌پـذیري مشابه کارائي نیست ولي بطور مثبتي بـراي ایـن مجموعـه شرکت‌ها با آن در ارتباط است، زمانیکه کارائي بـه صـورت تعـداد سـال‌هـاي بـا کـارائي ۱۰۰% " در عبارتهـاي DEA اندازه‌گیري مي‌شود [۱].

مدل انعطاف‌پذیري توسعه یافته

با توجه به انواع مختلف شاخص‌هاي تعریف شده براي انعطاف‌پذیري در [۱۸]، مي توان شـاخص کنتـرل نیـروي کار را نیز از آنجا که تنها مختص به انعطاف‌پذیري تولیدي نمي‌باشد. در انعطـاف‌پـذیري سـازمان در نظـر گرفـت. بـا ترکیب این شاخص و افزودن محدودیت مربوط به جریـان نقدي, مدل پیشنهاد شده به صورت زیر مي‌باشد:

مدل (III) :

$$\text{Max} \prod_{i\in\{I\}} (R_{ij})^{ci} + (1-t)\sum_{n=1}^{N} \frac{\phi J_n W_n}{\prod_{n'=1}^{n}(1+r_{n'j})} \qquad (۷)$$

s.t.

$$\prod_{i\in\{I\}} (R_{ij})^{ci} \le \left[\max\ \{R_{ij}\}N\right] \quad j\epsilon\{\text{مجموعه شرکتها}\} \qquad (۸)$$

$$\frac{\phi J_n W_n}{\prod_{n'=1}^{n}(1+r_{n'j})} \le y_{nj} \qquad (۹)$$

$$\sum_{i\in\{I\}} c_i = 1 \quad ; \quad c_i \ge 0 \qquad (۱۰)$$

ϕ = سود متوسط هر کار

J_n = متوسط تعداد کارهاي مختلف در سال n

W_n = تعداد متوسط کارمندان در سال n

$r_{\acute{n}j}$ = نرخ بهره در سال $\acute{n}$ براي شرکت j

y_{nj} = جریان نقدي سال n براي شرکت j

با توجه به اینکه به ازاي $x>1$ داریم : $\ln x>0$ و $\ln x$ یک تابع صعودي یکنوا مي‌باشد، مي توان به جاي x در جـایي

که متغیرها به صورت توانی هستند، از $\ln x$ استفاده نمود. بنابراین در اینجا مساله را در مدل (IV) به صورت لگاریتمی در می‌آوریم تا محاسبات ساده شود.

مدل **(IV)** :

$$\text{Max} \sum_{i\in\{I\}} c_i \ln R_{ij} + \ln(1-t)\left[\sum_{n=1}^{N}(\ln \phi_j J_{nj} W_{nj} - \sum_{n'=1}^{n}\ln(1+r_{n'j}))\right] \quad (۱۱)$$

s.t.

$$\sum_{i\in\{I\}} c_i \ln R_{ij} \le N \ln(\max R_{ij}) \quad (۱۲)$$

$$\sum_{i\in\{I\}} c_i = 1 \quad (۱۳)$$

$$\ln\left(\phi_j J_{nt} W_{nj}\right) - \ln\left(\sum_{n'=1}^{n}\ln(1+r_{n'j})\right) \le \ln y_{nj} \quad (۱۴)$$

مدلسازي مساله در محيط فازي

با توجه به محيط فازي مي توان علاوه بر اينكه انعطاف‌پذيري را فازي تعريف كرد و محدوده‌اي براي آن در نظر گرفت همچنين اجزاء تشكيل دهنده مفهوم انعطاف‌پذيري را نيز در محيط فازي در نظر گرفت. به اين معنا كه درآمد و سرمايه گذاري در تعريف انعطاف‌پذيري نقش دارند و مي‌توان در شرايط واقعي كه محاسبه و پيش بيني دقيق اين مقادير بسيار مشكل است تصميم‌گيري در مورد آنها را در محيط فازي انجام داد و براي مثال براي درآمد فروش خالص، درآمد قبل از ماليات و ميزان سرمايه گذاري در هر سال، تابع مثلثي فازي قائل شويم (تابع مثلثي متداول و ساده است [۱۹]) و به همين ترتيب متغيرهاي نرخ بهره، جريان نقدي، متوسط تعداد كارها و تعداد كارمندان را نيز در يک محيط فازي در نظر مي‌گيريم [۲۰].

$$\mu_I(y_{ij}) = \begin{cases} \dfrac{y_{ij}-a_1}{a_2-a_1} & a_1 \le y_{ij} \le 5a_2 \\ \dfrac{a_3-y_{ij}}{a_3-a_2} & a_m \le y_{ij} \le a_3 \\ 0 & \text{سایر نقاط} \end{cases} \quad (۱۵)$$

از آنجا كه Max و Min متغيرهاي فازي نيز فازي مي‌باشد، بنابراين طبق مرجع [۲۰]، R_{ij} نيز فازي مي‌باشد.

$$R_{ij} = \max y_{ij} - \min y_{ij} \quad (۱۶)$$

حال با برگشت به مدل (II) در شرايط قطعي، مي‌توان ديد كه تابع هدف حاصلضرب R_{ij} ها با توان وزني است كه

$\hat{R}_j$ حد پايين ، $\overline{R}_j$ حد بالا $\longrightarrow$ حد بالا و حد پايين تابع هدف

b_j حد پايين ، $b_j + p_j$ حد بالا $\longrightarrow$ حد بالا و حد پايين محدوديت اول

انعطاف‌پذيري را تشكيل مي‌دهد و با توجه به آنچه كه گفته شد مي‌توان توابع عضويت را به صورت زير تعريف نمود:

تابع عضويت مربوط به تابع هدف :

$$\mu_{G_i}(R_{ij}) = \begin{cases} 0 & \text{if } \prod_{i\in\{I\}}(R_{ij})^{ci} \le \hat{R}_j \\ \dfrac{\prod_{i\in\{I\}}(R_{ij})^{ci} - \hat{R}_j}{\overline{R}_j - \hat{R}_j} & \text{if } \hat{R}_j \le \prod_{i\in\{I\}}(R_{ij})^{ci} \le \overline{R}_j \\ 1 & \text{if } \prod_{i\in\{I\}}(R_{ij})^{ci} \ge \overline{R}_j \end{cases} \quad (۱۷)$$

$$\mu_{c_i}(R_{ij}) = \begin{cases} 0 & if \prod_{i\in\{I\}}(R_{ij})^{ci} \le b_j \\ 1 - \dfrac{\prod_{i\in\{I\}}(R_{ij})^{ci} - b_j}{p_j} & if\ b_j < \prod_{i\in\{I\}}(R_{ij})^{ci} \le b_j + p_j \\ 1 & if \prod_{i\in\{I\}}(R_{ij})^{ci} > b_i + p_i \end{cases}$$

(۱۸)

تابع عضویت مربوط به محدودیت‌ها :

$$p_j = [\ \ \mathrm{Max}\{R_{ij}\}\ \ ]^N \qquad (۱۹)$$

مدل فازي به صورت زير مي‌باشد :

مدل **(V)** :

$$\lambda_j = \left(\frac{\prod_{i\in\{I\}}(R_{ij})^{ci} - \hat{R}_j}{\overline{R}_j - \hat{R}_j} \text{ و } \frac{p_j - \prod_{i\in\{I\}}(p_{ij})^{ci} + b_j}{P_j} \right) \qquad (۲۰)$$

$$\mathrm{MAX}\ \ \lambda_j \qquad (۲۱)$$

s.t.

$$\frac{\prod_{i\in\{I\}}(R_{ij})^{ci} - \hat{R}_j}{\overline{R}_j - \hat{R}_j} \ge \lambda_j \qquad (۲۲)$$

$$\frac{p_j - \prod_{i\in\{I\}}(R_{ij})^{ci}}{p_j} \ge \lambda_j \qquad (۲۳)$$

$$\sum_{i\in\{I\}} c_i = 1 \qquad (۲۴)$$

$$c_i \ge 0 \qquad (۲۵)$$

I= {SALE, IB, MKVALF}

اما از آنجا كه تصميم‌گيران مي‌خواهند يک نتيجه قطعي داشته باشند، يک مقدار از بين عناصر مجموعه كه به بهترين وجه مجموعه فازي D (D = G∩C) را مي‌نمايد، بدست مي‌آورند:

$$X_{max}=\{x \mid \max \mu_D(x) = \max \min [\ \mu_G(x)\ ,\ \mu_C(x)]\} \qquad (۲۶)$$

$$\downarrow$$

$$\prod(R_{ij})^{ci}$$

$$\mu_D(R_{ij}) = \min_j \{\ \mu_G(R_{ij}), \mu_c(R_{ij})\ \} \qquad (۲۷)$$

$$\mu_D(R_{\max}) = \max \min \{\ \mu_{G_j}(R_{ij}), \mu_{cj}(R_{ij})\ \} \qquad (۲۸)$$

$$\frac{\prod_{i\in\{I\}}(R_{ij})^{ci} - \hat{R}_j}{\overline{R}_j - \hat{R}_j} = \frac{p_j - \prod_{i\in\{I\}}(p_{ij})^{ci} + b_j}{P_j} \qquad (۲۹)$$

$$\prod_{i\in\{I\}}(R_{ij})^{ci} = \frac{-\hat{R}_j b_j + \overline{R}(b_j + p_j)}{p_j + \overline{R}_j - \hat{R}_j} \quad (۳۰)$$

حال با بررسي مدل (IV) در محيط فازي، توابع عضويت به صورت زير تعريف مي‌شوند:

$$\mu_{c_1}(R_{ij}) = \begin{cases} 0 & if \ \sum_{i\in\{I\}} c_i \ln R_{ij} \le b_j \\ 1 - \dfrac{\sum_{i\in\{I\}} c_i \ln R_{ij}}{p_j} & if \ b_j < \sum_{i\in\{I\}} c_i \ln R_{ij} \le b_j + p_j \\ 1 & if \ \sum_{i\in\{I\}} c_i \ln R_{ij} > b_j + p_j \end{cases} \quad (۳۱)$$

$$\mu_{c_2}(R_{ij}) = \begin{cases} 0 & if \ B_j \le d_j \\ 1 - \dfrac{B_j - d_j}{U_j} & if \ d_j \prec B_j \le U_j + d_j \\ 1 & if \ B_j \succ U_j + d_j \end{cases} \quad (۳۲)$$

$$p_j = N \ln(\max R_{ij}) \quad (۳۳)$$

$$B_j = \ln(1-t)\left[\sum_{n=1}^{N}(\ln \phi_j J_{nj} W_{nj} - \sum_{n'=1}^{n}\ln(1+r_{n'j}))\right] \quad (۳۴)$$

$$\text{MAX } \lambda_j \quad (۳۵)$$

s.t.

$$\frac{\sum_i c_i \ln R_{ij} + B_j - \hat{R}_j}{\overline{R}_j - \hat{R}_j} \ge \lambda_j \quad (۳۶)$$

$$\frac{U_j - B_j + d_j}{U_j} \ge \lambda_j \quad (۳۷)$$

$$\frac{P_j - \sum_i c_i \ln R_{ij} + b_j}{P_j} \ge \lambda_j \quad (۳۸)$$

$$\sum_{i\in\{I\}} c_i = ۱ \quad (۳۹)$$

بررسي‌هاي محاسباتي

در بررسي انعطاف‌پذيري سازماني داده‌هاي مربوط به پنج سال متوالي يک سازمان و سه سال متوالي از دو سازمان ديگر از جمع‌آوري گرديده است. اين داده‌ها شامل (حداکثر، متوسط، حداقل) درآمد خالص فروش و (حداکثر، متوسط، حداقل) سرمايه‌گذاري در هر سال مي‌باشد و با توجه به اينکه هر سه شرکت تحت قوانين تجارتي يکسان عمل مي‌کنند مقدار نرخ ماليات در هر سال طبق مرجع [۱۹] برابر ۴۰% فرض شده است.

داده‌ها در جدول (۱)، (۴) و (۶) آورده شده است و در جدول (۲) به ترتيب داده‌هاي مربوط به متوسط تعداد کارهاي مختلف و متوسط تعداد کارمندان آورده شده است که براي هر سه شرکت از جدول (۲) استفاده مي‌شود.

اين مساله يک بار در حالت قطعي و يکبار در حالت فازي حل شده است. در حالت فازي R_{ij} (دامنه در آمد فروش خالص، دامنه درآمد قبل از ماليات و دامنه سرمايه

گذاري)و y_{nj} (جريان نقدي) و همچنين r_j فـازي در نظـر گرفته مي‌شود. مقدار r مقادير (۱۲%و ۱۰% و ۸%) در نظـر گرفته مي‌شود و ۸=$\varnothing$ در نظر گرفته مي‌شود. نتايج حل در هر دو حالت در جداول (۳)، (۵) و (۷) آمده است.

$$R_{ij} : y_{ij}^{\max} - y_{ij}^{\min}$$

جدول ۱: داده‌هاي مربوط به ۵ سال متوالي شركت اول (بر حسب ميليون ريال).

سال t	درآمد قبل از ماليات	سرمايه گذاري	جريان نقدي بعد ماليات	درآمد فروش خالص
1	(200,210,220)	(7,8,9)	(121,150,178)	(108,205,212)
2	(220,230,240)	(7,8,9)	(135,162,173)	(209,215,225)
3	(320,330,340)	(25,30,40)	(204,218,234)	(300,312,338)
4	(350,360,370)	(10,15,20)	(227,243,261)	(339,357,362)
5	(425,430,435)	(20,25,30)	(235,241,248)	(416,428,431)

جدول ۲ : داده‌هاي مربوط به تعداد كارمندان و تعداد كارهاي مختلف.

سال t	متوسط تعداد كارهاي مختلف (J)	متوسط تعداد كارمندان (W)
1	(15,26,37)	(38,50,63)
2	(18,28,39)	(39,52,65)
3	(18,28,38)	(45,59,73)
4	(20,27,35)	(48,61,75)
5	(22,32,42)	(52,65,77)

جدول۳ : مقادير به دست آمده براي تابع هدف شركت اول در حالت قطعي و فازي.

سال t	مقدار تابع هدف در حالت قطعي	مقدار تابع هدف در حالت فازي
1	14, 903	14, 688
2	19, 1	18, 381
3	24, 399	24, 125
4	28, 854	29, 45
5	33, 56	34, 17

جدول ۴ : داده‌هاي مربوط به شركت دوم (بر حسب ميليون ريال).

سال t	درآمد قبل از ماليات	سرمايه گذاري	جريان نقدي بعد ماليات	درآمد فروش خالص
1	(123,252,556)	(112,129,141)	(78,93,108)	(76,201,414)
2	(115,242,500)	(94,106,129)	(83,98,113)	(73,212,394)
3	(105,253,369)	(88,112,118)	(91,115,134)	(92,232,340)

جدول ۵ : مقادير به دست آمده براي تابع هدف شركت دوم در حالت قطعي و فازي.

سال t	مقدار تابع هدف در حالت قطعي	مقدار تابع هدف در حالت فازي
1	17, 508	16, 34
2	21, 97	21, 2
3	26, 334	25, 87

جدول ۶ : داده‌هاي مربوط به شركت سوم (بر حسب ميليون ريال)

سال t	درآمد قبل از ماليات	سرمايه گذاري	جريان نقدي بعد ماليات	درآمد فروش خالص
1	(169,215,249)	(235,294,353)	(124,133,148)	(148,154,182)
2	(162,170,203)	(235,353,412)	(103,108,113)	(141,155,162)
3	(155,222,313)	(176,235,294)	(93,118,132)	(122,199,273)

جدول ۷ : مقادير به دست آمده براي تابع هدف شركت سوم در حالت قطعي و فازي.

سال t	مقدار تابع هدف در حالت قطعي	مقدار تابع هدف در حالت فازي
1	16, 208	15, 56
2	21, 194	20, 859
3	25, 824	25, 215

با استفاده از داده‌هاي هر شركت و جايگزيني در روابط (۱۱)، (۱۲)، (۱۳) و (۱۴) مقادير تابع هدف در شرايط قطعي, با جايگزيني در روابط (۳۴)، (۳۵)، (۳۶)، (۳۷), (۳۸) و (۳۹) مقادير تابع هدف در شرايط فازي در هر سال و به ازاي هر شركت حاصل مي‌گردد. با توجه به شرايط سازمان, مي‌توان از مدل مورد نياز استفاده نمود. در اينجا مقادير تابع هدف قابل قياس نمي‌باشد زيرا شرايط متفاوت است (در حالت قطعي و در حالت فازي)، لذا با توجه به شرايط مساله بايد تصميم‌گيري شود كه كدام مدل براي مساله كارايي بيشتري دارد.

نتيجه‌گيري

انعطاف‌پذيري در يک سازمان تنوع در پاسخگويي به محرک‌هاي محيطي مختلف است. امور مالي و مديريتي كه شامل تعداد زياد عوامل متعامل با كمي ماهيت روانشناسي اجتماعي هستند، مدل‌هاي منطق فازي، مجموعه‌هاي فازي را براي بررسي و توصيف پديده هاي پيچيده و نادقيق به كار مي‌گيرند و از عمليات منطقي براي نتيجه‌گيري استفاده مي‌كنند.

براي بدست آمدن يک مدل واقعي از انعطاف‌پذيري يک سازمان, اين مقاله يک مدل انعطاف‌پذيري در محيط فازي پيشنهاد مي‌كند كه هدف به توسعه يك مدل انعطاف‌پذيري سازماني تحت شرايط غير قطعي جهان واقعي است. اين مدل شاخص كنترل نيروي كار را نيز از آنجا كه تنها مختص به انعطاف‌پذيري توليدي نمي‌باشد, در نظر مي‌گيرد و با افزودن اين شاخص و محدوديت مربوط به آن به مدل مورد نظر، يک مدل جديد ايجاد مي‌كند. مدل توسعه يافته, يك مدل جامع براي انعطاف‌پذيري سازمان است كه كارايي سازمان را نيز در نظر مي‌گيرد. مدل انعطاف‌پذيري توسعه داده شده در دو حالت قطعي و فازي حل شده است كه بنا به نوع كاربرد مي‌توان از آنها استفاده نمود. نيز مي‌توان گفت با استفاده از متغيرهاي زباني پيش بيني نزديكتر به واقعيت خواهد بود. از آنجا كه مدل اوليه [۱], انعطاف‌پذيري را با توجه به كارايي در سازمان در نظر مي‌گيرد, مدل توسعه يافته نيز از آنجا كه جامع تر از مدل اوليه است, در برگيرنده انعطاف‌پذيري و كارايي سازمان مي‌باشد.

در اين مطالعه يک مدل عمومي براي انعطاف‌پذيري توسعه داده شده است، لكن بررسي مدل‌هاي انعطاف‌پذيري در شرايط خاص مي‌تواند حائز اهميت باشد. همچنين مي‌توان فاكتورهاي اقتصادي (مانند نرخ بهره و استهلاك) با توزيع‌هاي احتمالي مختلف, براي سازمان‌هايي كه داراي شرايط اقتصادي غير قطعي مي‌باشند, بررسي نمود.

مراجع

1 - Phillips, F. and Tuladhar, S. D. (2000). "Measuring organizational flexibility: An exploration and general model." *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 64, PP. 23-28.

2 - Koste, L. L., Malhotra, M. K. and Sharma, S. (2004). "Measuring dimensions of manufacturing flexibility." *Journal of Operation Management,* Vol. 22, PP. 171-196.

3 - Cox, T. Jr. (1989). "Toward the measurement of manufacturing flexibility." *Production & Inventory Management Journal,* Firs quarter, PP. 68-72.

4 - De Heyer, A., Nakane, J., Miller, J. G. and Ferdows, K. (1989). "Flexibility: the next completive battle." *Strategic Management Journal,* Vol. 10, PP.135-144.

5 - De Toni, A. and Tonchia, S. (1998). "Manufacturing flexibility: a literature review." *International Journal of Production Research*, Vol. 36, No. 6, PP. 1587-1617.

6 - Parker, R. P. and Wirth, A. (1999). "Manufacturing flexibility: measures and relationships." *European Journal of Operational Research,* Vol. 118, No. 3, PP. 429-449.

7 - Koste, L. L. and Malhotra, M. (1999). "A theoretical framework for analyzing the dimensions of Manufacturing flexibility." *Journal of Operational Management*, Vol. 18, PP. 75-93.

8 - Beach, R., Muhlemann, A.P., Price, D. H. R., Paterson, A. and Sharp, J. A. (2000). "A review of manufacturing flexibility." *European Journal of Operational Research*, Vol. 122, No. 1, PP. 41-57.

9 - Mandelbaum, M. and Brill, P. H. (1989). "Examples of measurement of flexibility & adaptivity in manufacturing systems." *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 40, No. 6, PP. 603-609.

10 - Pegall, M. and Kravse, D. R. (1999). "A multiple-method study of environmental uncertainty & manufacturing flexibility." *Journal of Operation Management*, Vol. 17, No. 3, PP.307-325.

11 - Kline, A. (2004). "A general framework for DEA." *The International Journal of Management Science, Omega,* Vol. 32, PP.17-23.

12 - Zhu Joe. (2002). *Quantitative models for performance evaluation and benchmarking: data envelopment analysis with spreadsheets*, Boston: Kluwer Academic publishes.

13 - Lertworasirikul, S., Fang, S., Joines, J. A. and Nuttle, H. L. W. (2003). "Fuzzy data envelopment analysis (DEA): a possibility approach." *Fuzzy Sets and Systems,* Vol. 139, PP.379-394.

14 - Chiu, C. Y. and Park, C. S. (1994). "Fuzzy cash flow analysis using present worth criterion." *The Engineering Economist*, Vol. 39, No. 2, PP. 113-138.

15 - Tsourvelovdis, N. C. and Phillips, Y. A. (1998). "Manufacturing flexibility measurement a fizzy logic frameworks." *IEEE transactions on Robotics 7 Automation,* Vol. 4, PP. 513-524.

16 - Ashby, R. (1964). *An introduction to Cybernetics*. Chapman & Hall Ltd. And University Paperbacks, London, UK.

17 - Kamo, J. and Phillips, F. (1997). "The Evolutionary Organization as a Complex Adaptive System, PICMET '97." *Proceedings of the Portland International Conference on Management of Engineering and Technology,* July.

18 - Kahraman, C., Beskese, A. and Ruan, D. (2004). "Measuring flexibility of computer integrated manufacturing systems using fuzzy cash flow analysis." *Information Science,* Article in press.

19 - Ertugrul Karsak, E. and Tolga, E. (2001). "Fuzzy multi-criteria decision- making procedure for evaluating advanced manufacturing system investment." *International Journal of Production Economics*, Vol. 69, PP. 49-64.

20 - Kahraman, C., Tolga, E. and Ulukan, Z. (2000). "Justification of manufacturing technologies using fuzzy benefit/cost ratio analysis." *International Journal of Production Economics,* Vol. 66, PP. 45-52.

واژه‌هاي انگليسي به ترتيب استفاده در متن

1 - Data Envelopment Analysis
2 - Range-Number
3 - Range-Heterogeneity
4 - Mobility
5 - Uniformity
6 - Decision Making Unit