سال سیزدهم،شماره‌های۴۷و۴۸،بهار و تابستان ۱۴۰۰
صص: ۱_۱۰

دو فصلنامه علمی
فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران

یک سیستم پشتیبانی تصمیم مبتنی بر نظریه مجموعه‌های ناهمواربرای برنامه ریزی بنگاه‌هادر شرایط عدم قطعیت

سید امیرهادی مینوفام*حسن رشیدی**

*دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه آزاد اسلامی نظرآباد
**دانشکده آمار، ریاضی و رایانه،دانشگاه علامه طباطبایی

تاریخ دریافت:۱۳۹۹/۰۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۲۷
نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

با رشد روز افزون تاثیر فناوری نوین در بازار جهانی، معیارهای تصمیم‌گیری برای برنامه ریزی بنگاه‌های اقتصادی درگیر چالش‌هایی می‌باشد. یکی از رویکردهای مناسب برای مقابله با این چالش‌ها، استفاده از سیستم‌های پشتیبانی تصمیم با بکارگیری نظریه مجموعه‌های ناهموار است. در این مقاله، یک سیستم پشتیبانی تصمیم به همراه الگوریتمی بر اساس نظریه مجموعه‌های ناهموار برای تصمیم‌گیری پیشنهاد می‌گردد. این الگوریتم برای یکی از خطوط تولید در یکی از بنگاه‌های تحت پوشش وزارت صمت، پیاده سازی و اثرات متغیرها بر اهداف آن بررسی شده است. برای تحلیل و ارزیابی نتایج، دو شاخص قدرت و پشتیبانی در قوانین موجود نظریه مجموعه‌های ناهموار، مورد استفاده قرار گرفت. این قوانین در سه دسته، مورد بررسی قرار گرفتند و از بین ۱۲ قانون، سه قانون دارای ارزشی متوسط در آن دو شاخص هستند که همیشه برقرار می باشند. بقیه قوانین توزیع ناهمگنی دارند و امکان نقض شدن ۳ مورد از قوانین نیز وجوددارد. مزایای ا ستفاده از سی ستم پی شنهادی، جلوگیری از اتلاف سرمایهبنگاه، پی شگیری از ا شتباهات نا شی از عدم قطعیت موجود در داده‌ها، دقت بالا در تصمیم گیری، افزایش سادگی و سرعت در انجام تصمیم گیری‌های حیاتی برای این بنگاه و بنگاه‌های اقتصادی مشابه می‌باشد که بر اساس نظرات تصمیم گیرندگان در این بنگاه، مورد تایید قرار گرفت.

واژگان کلیدی:برنامه ریزی بنگاه، سیستم پشتیبانی تصمیم، عدم قطعیت، کاهش داده‌ها، نظریه مجموعه‌های ناهموار.

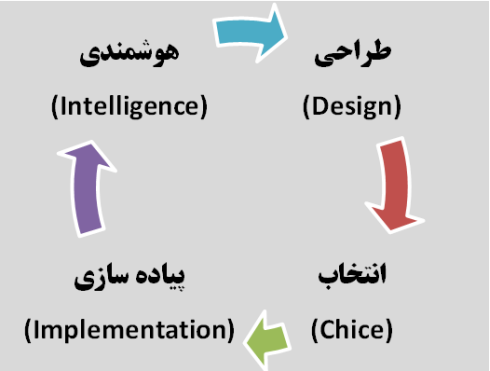
۱. مقدمه

فضای تجاری امروز، پیوسته در حال تغییر همراه با افزایش پچیدگیا ست و سازمان‌ها برای پا سخگویی سریع به این تحولات، نیازمند پردازش حجم عظیمی از داده‌ها توسط کامپیوتر هستند.
این پیچیدگی فزاینده در محیط تجارت جهانی، مولد فرصت‌ها و تهدیدهای بسیاری برای بنگاه‌های اقتصادی است. از سویی، فرصت‌های زیادی در راستای ظهور عرضه کنندگان بیشتر برای تهیه مواد اولیه ارزانتر و نیز مشتریان بیشتر برای افزایش میزان فروش وجود دارند. از سوی دیگر، تهدیدهای بیشماری در زمینه مساله جهانی شدن و ظهور رقبای متعدد و قویتر وجود دارند که بنگاه‌ها را در برنامه ریزی سر در گم می‌سازند. در این شرایط سازمان باید بر اساس نوع مساله، راهبرد موثری را برای تصمیم‌گیری در پیش بگیرد. طبق دسته بندی گری و اسکات مورتون، مسائل به سه دسته ساختیافته، نیمه ساختیافته و غیرساختیافته تقسیم بندی

نویسنده مسئول: حسن رشیدی hrashi@gmail.com

می‌شوند[۱]که سیستم‌های پشتیبانی تصمیم[۱] برای حل مسائل نوع دوم و سوم بکار می‌روند. سیستم‌های پشتیبانی تصمیم به عنوان یک دستیار برای اخذ تصمیمات سازمان استفاده می شوند و روند تصمیم گیری را در چهار فاز هوشمندی، طراحی، انتخاب و پیاده سازی انجام می‌دهند. فاز هوشمندی به معنای جستجوی شرط‌های لازم برای اخذ تصمیم است. سپس در فاز طراحی، ابداع، توسعه و تحلیل راه حل های ممکن صورت می گیرد. آنگاه در فاز انتخاب، یکی از راه حل‌ها انتخاب می‌گردد. سرانجام در فاز پیاده سازی، راه حل انتخابی با وضعیت تصمیم‌گیری تطبیق داده می‌شود. این چهار فاز در شکل (۱) نشان داده شده‌اند.

تصمیم گیری صحیح برای پیشگیری از اتلاف وقت و هدر رفتن سرمایه‌ها اهمیت به سزایی دارد. لذا با توجه به محدودیت‌های زمانی، نقص داده‌ها و توانایی محدود در پردازش آنها، در شرایط عدم قطعیت، تبدیل پارامترهای کیفی به پارامترهای کمّی بسیار حیاتی است. تفسیر اشتباه یا نمایش نتایج به صورت ناواضح و غیر قابل درک می‌تواند منجر به زیان مالی، تاخیر زمانی در سوددهی و هزینه‌های گزاف برای اصلاح امور گردد.



شکل ۱. فازهای تصمیم گیری در سیستم پشتیبانی تصمیم[۲]

تاکنون روش‌های متعددی برای تصمیم گیری مطرح شده‌اند که در اینجا به مهم‌ترین روش‌ها در سال‌های اخیر اشاره می‌شود.

مینگ لیانگ سو و همکاران[۳] در سال ۲۰۲۰ یک متدولوژی برای تعیین پارامترهای مجموعه‌های ناهموار نظریه-تصمیم[۲] ارائه دادند تا کاربردپذیری آنها را افزایش دهند. در این روش، یک تابع فقدان مبتنی بر داده‌ها براساس میزان کفایت و احتمالات نمونه محاسبه می‌شود. در این شیوه، در عوض دو الی شش پارمتر، فقط یک پارامتر نیاز به تنظیم دارد.

تانگ و همکاران[۴] از مجموعه‌های ناهموار در ارزیابی سرمایه‌گذاری در سهام بهره برده‌اند. در این مقاله با استفاده از مجموعه‌های فازی راه حلی برای مسائل تصمیم سه جانبه با نام Q-ROFI[۳] مطرح شده است.

زو و همکاران[۵] مجموعه های ناهموار فازی را با مجموعه های ناهموار چنددانه بندی تحت نام SIFS-TWD[۴] ترکیب کرده‌اند.همچنین پارامتری را برای مقیدسازی روابط عطفی و فصلی در پشتیبانی فازی شهودی وضع کرده‌اند.بعلاوه، معیارهای شباهت، راه حل های آرمانی مثبت و منفی و احتمال شرطی مربوطه را تعریف کرده‌اند.

سان و همکاران [۶] یک مدل بهبود یافته برای تحلیل تداخل پاولاک با نام TWD ارائه داده‌اند که از تصمیم سه جانبه مبتنی بر مجموعه های ناهموار احتمالاتی بهره می گیرد. همچنین مجموعه موضوعات موافق و مخالف را در هر عامل مورد بررسی قرار داده‌اند.

در[۷] یک ابزار پشتیبانی تصمیم تعاملی به نام پریست[۵] (PriEsT) ارائه شده است که اولویت‌ها را بر اساس مقایسه زوجی تخمین می‌زند. این سیستم به هنگام بروز ناسازگاری، تعداد زیادی راه حل بهینه پارتو بر اساس بهینه سازی چند هدفه ارائه می‌دهد.

کوماس و همکاران در[۸] سیستم پشتیبانی تصمیم بر مبنای فازی نوع دوم را پیشنهاد داده‌اند که با درجه عضویت‌های فازی سر و کار دارد و برای مقابله با عدم قطعیت مناسب است.

اسلوینسکی و همکاران[۹] یک معماری برای سیستم پشتیبانی تصمیم بر اساس نظریه مجموعه‌های ناهموار[۶] (DRST) را پیشنهاد داده‌اند.

همچنین زاوادسکاس و همکاران[۱۰] سه روش سنجش نسبی افزایشی، رویکرد سلسله مراتبی تحلیلی[۷](AHP) و نظر فرد خبره را ترکیب کرده‌اند و به یک ابزار موثر برای سیستم پشتیبانی تصمیم چند معیاره (MCDSS) دست یافته‌اند.

زهری و سارکاوت در[۱۱] یک سیستم پشتیبانی تصمیم مبتنی بر تحلیل سلسله مراتبی فازی (Fuzzy-AHP) و شبکه عصبی برای انتخاب ابزار ماشینی در یک تولیدی ساخته‌اند. در این مدل، وزن‌های اولویت دهی معیار ارزیابی و رده بندی جایگزین، محاسبه می‌شود.

لی و ونگ در [۱۲] یک سیستم خبره فازی برای بیماران دیابتی طراحی کرده‌اند. این سیستم بصورت پنج لایه فازی طراحی شده است که با یک عامل پشتیبانی تصمیم فازی کار می‌کند.

---

[۱] DSS

[۲] SPDTRS

[۳] Q-Rung Orth pair Fuzzy Information

[۴] Three-Way Decision Models Based On Multi Granulation - Support Intuitionistic Fuzzy Rough Sets

[۵] Priorities for Estimation

[۶] Rough Set Theory

[۷] Analytical Hierarchical Process

جدول ۱. مطالعه تطبیقی کارهای مرتبط

روش	تعداد پارامترها	معایب	مزایا	مرجع
SPDTRS	۱	انعطاف پذیری کم، توسعه پذیری کم	پارامتر اندک، هزینه تنظیم کم	[۳]
Q-ROFI	۶	پیچیدگی زیاد	ارائه محدوده وسیع‌تری از اطلاعات فازی، انعطاف پذیری بیشتر	[۴]
SIFS-TWD	۶	محاسبات زیاد	کاهش مخاطرات فقدان تصمیم ، حدود تقریب منطقی	[۵]
TWD	۶	وجود حالات تداخل	امکان پذیری اجماع	[۶]
PriEsT	۷	تعداد زیاد راه حل ها	شناسایی ناسازگاری	[۷]
RSA	۴	نیازمند داده های دارای ترجیحات	تصمیم گیری چندمعیاره	[۹]
MCDSS-WEAR	۶	محاسبات سلسله مراتبی معیارها	تصمیم گیری چندمعیاره	[۱۰]

جدول۱، نتایج مطالعه تطبیقی کارهای مرتبط را نشـان می‌دهد. در این جدول، روش‌های مختلف به همراه نقاط قوت و ضـعف آنها، به طور مختصر بیان شده است

روش این مقاله بر اسـاس انجام یک مطالعه موردی در یک بنگاه واقعی اسـت که با حذف پارامترهای زائد، الگوریتم کوتاهی برای تصـمیم گیری ارائه می‌دهد بطوری که قوانین تصـمیم گیری به سـادگی از آن قابل اسـتخراج اسـت. این الگوریتم برمبنای اصـول مجموعه‌های ناهموار اسـتوار می‌باشـد و از بکارگیری پارامترهای ا ضافی اجتناب می‌کند. ادامه این مقاله بدین صورت ساختار بندی شده ا ست. در بخش دوم ا صول نظریه مجموعه‌های ناهموار معرفی می‌شـود. در بخش سـوم روش شـناسـی تحقیق، بر پایه سـیسـتم پشتیبانی تصمیم با استفاده از مجموعه‌های ناهموار تشریح می‌شود. در بخش چ هارم ن تایج مورد تحل یل و ارز یابی قرار می گیر ند و سرانجام در بخش آخر، نتیجه گیری و کارهای آتی بیان می‌شوند.

۲. نظریه مجموعه‌های ناهموار

نظر یه مجمو عه های ناهموار در اوا یل د هه ۱۹۸۰ توسـط یک ریا ضیدان به نام پاولاک پایه گذاری شد [۱۳]. این نظریه یک ابزار ریاضـی قدرتمند در رویارویی با ابهام و عدم قطعیت به شـمار می‌آ ید[۱۴]. نظر یه مجمو عه های ناهموار به عنوان مکملی برای نظریه‌های پیشـین همچون نظریه احتمال، نظریه شـواهد و نظریه مجموعه‌های فازی است و نسبت به نظریه مجموعه‌های فازی دارای مزایای مهمی، شـامل (الف) اجتناب از غرض ورزی[1] در انتخاب توابع عضویت؛ (ب) جبران ضعف مجموعه‌های فازی در مقابله با اطلاعات ناسـازگار و (ج) پیچیدگی محاسـباتی کمتر نسـبت به مجموعه‌های فازی، می‌باشد[۱۵].

این نظریه با تقسیم فضای مساله، اشیا را به گروه‌هایی شامل اشیای مشابه دسته بندی می‌کند که اشیای هر دسته با توجه به دانش در دسـترس مسـاله قابل تمایز نیسـتند. این دسـته بندی برای تعیین قوانین و الگو های پن هان موجود در داده ها بکار می‌رود. در ادا مه، مفاهیم اصلی و تعاریف پایه این نظریه بیان می‌شود[۱۶].

۱،۲. سیستم اطلاعاتی

سیستم اطلاعاتی جدولی از داده‌ها است که هر سطر آن حاوی یک نمونه یا حالت از سیستم و هر ستون آن بیانگر یک متغیر یا ویژگی می‌با شد. بطور ر سمی این جدول داده‌ها بصورت $S = <U, A, V, F>$ ن مایش داده می‌شـود که در آن U مجمو عه مرجع (مت ناهی و غیرتهی)، $A=\{a_1, a_2, \ldots, a_m\}$ مجموعه ویژگی‌های (متناهی و غیرتهی)، Va دامنه ویژگی ها و $F: U\times A\rightarrow V$ تابع اطلا عات اسـت به طوری که برای هر $x\in U$ و $a\in A$مقدار$Desa(x)$بیانگر توصیف اطلاعاتی a طبق رابطه (۱) است:

$$Des_a(x) = [F(x, a_1), F(x, a_2), \ldots. F(x, a_m)] \qquad (۱)$$

[1] Bias

۲,۲. سیستم تصمیم گیری

اگر در یک سیستم اطلاعاتی، ویژگی‌هایA به دو گروه تقسیم شوند: یکی ویژگی‌های شرطی که آنرا با C نمایش می‌دهند و دیگری ویژگی‌های تصمیم‌گیری که با D نمایش داده می‌شود.

اگر $C \cap D = \emptyset$ و $CUD=A$ باشد، آنگاه به آن یک سیستم تصمیم گیری یا جدول تصمیم گیری می‌گویند. جدول (۲) نمونه‌ای از سیستم تصمیم گیری را نشان می‌دهد.

۳,۲. قواعد تصمیم

اگر در یک سیستم تصمیم گیری، مجموعه‌های $C=\{c_1, \ldots, cn\}$ و $D=\{d_1, \ldots, dm\}$ به ترتیب دارای n و m عضو باشند، به ازای هر $x \in U$ دنباله‌ای از متغیرهای شرطی و تصمیم به صورت زیر وجود دارد:

$$c_1(x), \ldots, cn(x), d_1(x), \ldots, dm(x)$$

به این دنباله‌ها، قواعد تصمیم ایجاد شده توسط x در S می‌گویند که بصورت زیر نمایش داده می‌شود:

$$c_1(x), \ldots, cn(x) \rightarrow d_1(x), \ldots, dm(x)$$

۴,۲. رابطه تشخیص ناپذیری

به ازای هر $P \in A$ یک رابطه هم ارزی $IND(P)$ وجود دارد که به صورت زیر است:

$$IND(P) = [x]p = \{(x,y) \in U \times U: a(x)=a(y) \text{ for every } a \in P\} \quad (۲)$$

$IND(P)$ رابطه تشخیص ناپذیری نام دارد و بیانگرآن است کهاگر $(x,y) IND(P) \in$ باشد آنگاه دو نمونه x و y به وسیله ویژگی‌های P نسبت به هم تشخیص ناپذیر هستند و در دسته هم ارزی $[x]p$ قرار می‌گیرند.

اگر در یک سیستم تصمیم گیری، مجموعه‌های $C=\{c_1, \ldots, cn\}$ و $D=\{d_1, \ldots, dm\}$ به ترتیب دارای n و m عضو باشند، به ازای هر $x \in U$ دنباله‌ای از متغیرهای شرطی و تصمیم به صورت زیر وجود دارد:

$$c_1(x), \ldots, cn(x), d_1(x), \ldots, dm(x)$$

۵,۲. تقریب مجموعه

اگر $I=(U,A)$ یک سیستم اطلاعاتی باشد و $P \in A$ و $X \in U$ باشند، آنگاه می‌توان به کمک اطلاعات موجود در P مجموعه X را تقریب زد (شکل ۲). تقریب بالای X را با P^*X نمایش می‌دهند و مجموعه عناصری است که با توجه به ویژگی P ، احتمالا به X تعلق دارند و تقریب پایینی X را با P^*X نمایش می‌دهند (رابطه ۳) و مجموعه عناصری است که با توجه به ویژگی P ، مطمئنا به X تعلق دارند (رابطه ۴).

$$P_*X = \{X \in U \mid [X]_p \in X\} \quad (۳)$$

$$P^*X = \{X \in U \mid [X]_p \cap X \neq \emptyset\} \quad (۴)$$

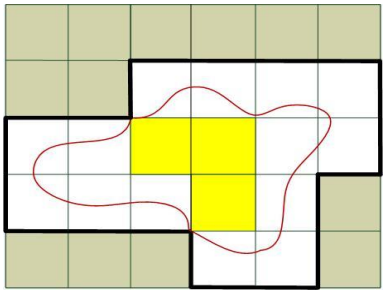
۶,۲. مجموعه‌های ناهموار

اگر نتوان به کمک استقرا یک توصیف قطعی از نمونه‌های موجود در سیستم اطلاعاتی ارائه داد آنگاه می‌توان گفت که ویژگی‌های یک نمونه از این سیستم بیانگر سه حالت ممکن می‌باشند: (الف) ناحیه مثبت یعنی تعلق مجموعه به یک پدیده خاص، (ب)ناحیه منفی یا عدم تعلق نمونه به آن پدیده و (ج) قرارگیری نمونه روی ناحیه مرزی. تعریف این سه ناحیه در روابط ۵ تا ۷ آمده است. در شکل (۲)، خط منحنی بیانگر مرز مجموعه X، ناحیه زرد رنگ درون این منحنی، تقریب پایین X و ناحیه سفید با مرز پر رنگ شده، ناحیه مرزی یعنی تفاضل تقریب بالا و پایین مجموعه X است.

$$POS(X) = P^*X \quad (۵)$$

$$NEG(X) = U - POS(X) \cup BND(X) = U - P^*X = (P^*X)^c \quad (۶)$$

$$BND = P^*X - P_*X \quad (۷)$$



شکل۲. نحوه تقسیم فضای مساله با نظریه مجموعه ناهموار [۱۷]

۳. روش شناسی

روش پیشنهادی در این مقاله بر پایه سیستم پشتیبانی تصمیم است.برای تبیین نحوه کاربرد نظریه مجموعه ناهموار در سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری، داده‌های خط تولید یک بنگاه واقعی را در نظر می‌گیریم. این بنگاه یکی از شرکت‌های تحت پوشش سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران است که در زمینه صنایع ریخته‌گری فعالیت دارد. آمار و اطلاعات این بنگاه از مرجع [۱] اخذ شده است. روش جمع آوری داده‌ها در این مرجع، استفاده از اطلاعات و مدارک موجود در این شرکت است.

جدول۲. سیستم تصمیم گیری شامل متغیرهای شرطی و متغیر تصمیم [۳]

	متغیرهای شرطی					
ویژگی اشیا	ویژگی ۱	ویژگی ۲	ویژگی ۳	...	ویژگی n	متغیر تصمیم
شئ ۱	a_{11}	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}	d۱
.	.	.	.		.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
شئ m	a_{m1}	a_{m2}	a_{m3}	...	a_{mn}	dm

جدول۳. مقادیر ویژگی‌های شرطی خط تولید شماره یک

YEAR	M۱	W۱	C۱	K۱	L۱	D۱	Y۱	PY۱
۸۶Y	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	L
۸۷Y	۱	۱	۱	۱	۱	۳	۱	L
۸۸Y	۱	۱	۱	۱	۱	۳	۱	L
۸۹Y	۱	۱	۲	۱	۲	۳	۱	L
۹۰Y	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۱	L
۹۱Y	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۲	H
۹۲Y	۲	۲	۳	۲	۳	۲	۲	H
۹۳Y	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۳	H
۹۴Y	۳	۳	۳	۳	۲	۱	۳	H
۹۵Y	۳	۳	۳	۳	۲	۱	۳	H
۹۶Y	۲	۳	۳	۲	۲	۱	۲	H
۹۷Y	۲	۳	۳	۲	۲	۱	۲	H
۹۸Y	۲	۳	۳	۲	۲	۱	۲	H
۹۹Y	۲	۳	۳	۲	۲	۱	۲	H

جدول۴. ماتریس تشخیص پذیری

	۸۶Y	۸۷Y	۸۸Y	۸۹Y	.....	۹۸Y	۹۹Y
۸۶Y							
۸۷Y	D۱						
۸۸Y	D۱						
۸۹Y	L۱	C۱,L۱					
۹۰Y	M۱,W۱,C۱,K۱,L۱,D۱	M۱,W۱,C۱,K۱,L۱					
۹۱Y	M۱,W۱,C۱,K۱,L۱,D۱,Y۱	M۱,W۱,C۱,K۱,L۱,D۱,Y۱					
۹۲Y	M۱,W۱,C۱,K۱,L۱,D۱,Y۱	M۱,W۱,C۱,K۱,L۱,D۱,Y۱					
۹۳Y	M۱,W۱,C۱,K۱,L۱,D۱,Y۱	M۱,W۱,C۱,K۱,L۱,D۱,Y۱					
۹۴Y	M۱,W۱,C۱,K۱,L۱,Y۱	M۱,W۱,C۱,K۱,L۱,Y۱					
۹۵Y	M۱,W۱,C۱,K۱,L۱,Y۱	M۱,W۱,C۱,K۱,L۱,D۱,Y۱					
۹۶Y	M۱,W۱,C۱,K۱,L۱,Y۱	M۱,W۱,C۱,K۱,L۱,D۱,Y۱					
۹۷Y	M۱,W۱,C۱,K۱,L۱,Y۱	M۱,W۱,C۱,K۱,L۱,D۱,Y۱					
۹۸Y	M۱,W۱,C۱,K۱,L۱,Y۱	M۱,W۱,C۱,K۱,L۱,D۱,Y۱					
۹۹Y	M۱,W۱,C۱,K۱,L۱,Y۱	M۱,W۱,C۱,K۱,L۱,D۱,Y۱					

این موارد با بررسی اسناد موجود در بخش آمار و اطلاعات شرکت و مصاحبه با مدیران بخش یکپارچه شده و بخشی از آن در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است.

این مقاله به بررسی داده‌های خط تولید شماره یک دراین بنگاه می‌پردازد و قواعدی برای افزایش قیمت فروش استنتاج می‌کند. همچنین ویژگی‌های شرطی موثر در افزایش قیمت را مورد واکاوی قرار می‌دهد. بر اساس چهار فاز بیان شده در شکل (۱) روند انجام کار در الگوریتم (۱) (شکل ۳) با عنوان DSS-RS آمده است.

Algorithm (۱): DSS-RS
Begin ۱ Extract conditional variables ۲ Describe decision system as a tableand code the various states ۳ Reduce features based on the core ٤ Produce decision rules for classification **End**

شکل۳. الگوریتم پیشنهادی برای استخراج قواعد

این الگوریتم برمبنای اصول مجموعه های ناهموار با حذف پارامترهای زائد، قوانین تصمیم گیری را به سادگی قابل استخراج می‌کند. گرچه سادگی الگوریتم آنرا برای تصمیم گیری های چندمعیاره ناکارآمد می‌سازد ولی برای تصمیم گیری‌های متداول دربنگاه کفایت می‌کند.در فاز اول، سیستم پشتیبانی تصمیم به بررسی متغیرهای شرطی می‌پردازد. جدول (۳) ویژگی‌های شرطی موجود در این خط تولید را جهت تعیین قیمت فروش (PY۱) به صورت L : پایین و H: بالا، به عنوان متغیر تصمیم گیری، نشان می‌دهد.لازم به ذکر است که تعداد این ویژگی‌ها به میزان اطلاعات اولیه بستگی دارد و بدیهی است که هرچه این ویژگی‌ها بیشتر باشند، تصمیم گیری به صورت دقیق‌تری انجام خواهد شد، البته فقط ویژگی‌های مرتبط با تصمیم مورد نظر، ذکر می‌شوند. جدول (۵) توصیف پارامترهای مذکور در جدول (۳) را شرح می‌دهد.

جدول ۵. ویژگی های شرطی خط تولید شماره یک

ویژگیهای شرطی	
ماشین آلات (K۱)	مواد اولیه (M۱)
تعداد کارگر (L۱)	دستمزد (W۱)
استهلاک (D۱)	هزینه‌های ثابت (C۱)
میزان تولید (Y۱)	

در فاز دوم، سیستم تصمیم گیری را طبق جدول (۲) بیان می‌کنیم و تصمیم اخذ شده را برای هر سال، در یک ستون به نام ستون تصمیم گیری وارد می‌کنیم. در این جدول، هر سطر بیانگر مشخصات یک سال و هر ستون بیانگر یکی از ویژگی‌ها است. ضمنا با توجه به داده‌های در دسترس، حالات مختلف برای هر یک از این ویژگی‌ها را به صورت: کم (۱)، متوسط (۲)، زیاد (۳) کدگذاری می‌کنیم.

جدول (۴) بیانگر اطلاعات چهارده سال فعالیت این شرکت است که در آن PY۱ متغیر تصمیم گیری می‌باشد.

جدول (۵) ماتریس تشخیص پذیری را بر اساس جدول (۴) نشان می‌دهد. این ماتریس وجوه تمایز دهنده میان هر سطر از جدول (۴) را نشان می‌دهد. برای نمونه، مقادیر دو ستون از این ماتریس نمایش داده شده‌اند.با استفاده از اطلاعات جدول (۴)، کلاس‌های هم ارزی حاصل از این فاز بدست می‌آیند که عبارتند از:

$C_1=\{Y_{86}\}$, $C_2=\{Y_{87}, Y_{88}\}$, $C_3=\{Y_{89}\}$, $C_4=\{Y_{90}\}$, $C_5=\{Y_{91}\}$

$C_6=\{Y_{92}\}$, $C_7=\{Y_{93}\}$, $C_8=\{Y_{94}, Y_{95}\}$,

$C_9=\{Y_{96}, Y_{97}, Y_{98}, Y_{99}\}$

در فاز سوم، برای انجام انتخاب، مشاهده می شود تمام ویژگی‌ها به یک اندازه اهمیت ندارند و لذا می‌توان بدون کاستن از کیفیت دسته بندی، برخی از ویژگی‌ها را از جدول (۴) حذف نمود. فرایند بدست آوردن کوچکترین مجموعه از ویژگی ها به طوری که بتواند همان نتایج را بدست دهد، کاهش ویژگی نام دارد. یک کاهش، متناظر با مجموعه‌ای از ویژگی‌ها است که می‌تواند تمام اشیای قابل تمایز بوسیله سیستم اصلی را مشخص نماید. برخی ویژگی‌ها ممکن است به هم وابسته باشند به گونه‌ای که وقوع تغییری در یک ویژگی، منجر به وقوع تغییر در سایر ویژگی‌ها به صورت غیرخطی گردد. بخش مشترک میان تمام کاهش‌ها، هسته[1]نام دارد. با تحلیل داده‌های جدول (۳) سه کاهش به صورت $R_1=\{W_1,L_1\}$ ، $R_2=\{C_1,L_1\}$ و $R_3=\{Y_1\}$ بدست می‌آیند. هسته مجموعه ویژگیهای R_1 و R_2 از مجموعه ویژگی‌های شرطی $C=\{M_1, Y_1\}$,.... مرتبط با ویژگی تصمیم $D=\{PY_1\}$ با رابطه (۹) محاسبه می‌شود.

$$CORED(C)=R_1\cap R_2=\{L_1\} \qquad (۹)$$

بنابراین ویژگی‌های L_1 و Y_1 مهم‌ترین ویژگی‌ها در این تصمیم‌گیری هستند و R_1 ، R_2 و R_3 مجموعه‌هایی هستند که ویژگی تصمیم گیری را مشخص می‌کنند.

در فاز چهارم، مهم‌ترین کاربرد نظریه مجموعه‌های ناهموار اعمال می شود که تولید قوانین تصمیم گیری برای یک سیستم اطلاعات به منظور دسته بندی اشیای حاضر یا پیشگویی دسته بندی اشیای

[1]Core

جدید است. از سیستم تصمیم گیری مورد مطالعه، سه دسته قوانین تصمیم مطابق جدول (۶)، استخراج می‌شوند.

پیاده سازی سیستم پیشنهادی با استفاده از نرم افزار Rosetta[۱]، که یکی از ابزار های مهم برای اجرای نظر یه محمو عه ناهموار می‌باشد، صورت گرفته است.

جدول ۶. قوانین تصمیم گیری

Category	Rule	Condition	Decision
۱	Rule۱	IF (Y۱=۱)	→ PY۱=L
	Rule۲	IF(Y۱=۲)	→ PY۱=H
	Rule۳	IF (Y۱=۳)	→ PY۱=H
۲	Rule۴	IF (C۱=۱)	→ PY۱=L
	Rule۵	IF(C۱=۲)	→ PY۱=L
	Rule۶	IF (C۱=۳)	→ PY۱=H
	Rule۷	IF (L۱=۳)	→ PY۱=H
۳	Rule۸	IF(W۱=۱)	→ PY۱=L
	Rule۹	IF (W۱=۲)	→ PY۱=L
	Rule۱۰	IF (W۱=۳)	→ PY۱=H
	Rule۱۱	IF (L۱=۱)	→ PY۱=L
	Rule۱۲	IF (L۱=۲)	→ PY۱=L

۴. تحلیل و ارزیابی

با تحلیل و ارزیابی قوانین، مشـــاهدات و نتایج زیر را درباره بنگاه اقتصادی مورد مطالعه بدست می‌آید:

مشـــاهده-۱: میزان تولید، اثر مســـتقیم بر قیمت فروش دارد و با افزایش میزان تولید، قیمت فروش افزایش می‌یابد.

مـ شاهده-۲: میزان د ستمزد، اثر مـ ستقیم بر قیمت فروش دارد و با افزایش میزان دستمزد، قیمت فروش افزایش می‌یابد.

مشـــاهده-۳: تعداد کارگر، اثر مســـتقیم بر قیمت فروش دارد و با افزایش تعداد کارگر، قیمت فروش افزایش می‌یابد.

مـ شاهده-۴: هزینه‌های ثابت، اثر مـ ستقیم بر قیمت فروش دارد و با افزایش هزینه‌های ثابت، قیمت فروش افزایش می‌یابد.

مشاهده-۵: علاوه بر این، مهم‌ترین ویژگی‌های شرطی این سیستم، میزان تولید و تعداد کارگر می‌باشـــند. همچنین، با دقت بیشـــتر در جدول (۳) می‌توان دریافت که افزایش تعداد کارگر و نیز افزایش میزان دستمزد، اثر تقویتی بر میزان تولید دارند.

برای تحلیل و ارزیابی نتایج، شـــاخص‌هایی وجود دارند [۱۳] که به سنجش قواعد ا ستنتاجی بر ا ساس این شاخص‌ها می‌پردازیم. این شـــاخص‌ها بر اســـاس مجموعه‌های ویژگی‌هایشـــرطی C و ویژگی تصمیم گیری D معرفی شده در بخش ۲ تعریف می‌شوند.

(الف) شاخص پ شتیبان:این شاخ ص شامل تعداد دفعات تکرار یک قانون تصمیم می‌باشد و محاسبه آن به صورت رابطه (۱۰) است.

$$Supportx(C,D) = |C(x) \cap D(x)| \qquad (۱۰)$$

(ب) شاخص قدرت:این شاخصنسبت تعداد دفعات تکرار یک تصمیم به کل تصمیم‌ها می‌باشدو محاسبه آن طبقرابطه (۱۱) است.

$$Strengthx\ (C,D) = Supportx(C,D)/|U| \qquad (۱۱)$$

جدول (۷) نتیجه محا سبه این شاخص‌ها را در سیستم پ شتیبانی تصمیم پیشنهادی نشان می‌دهد.

جدول۷. رزیابی شاخص‌های قواعد تصمیم گیری

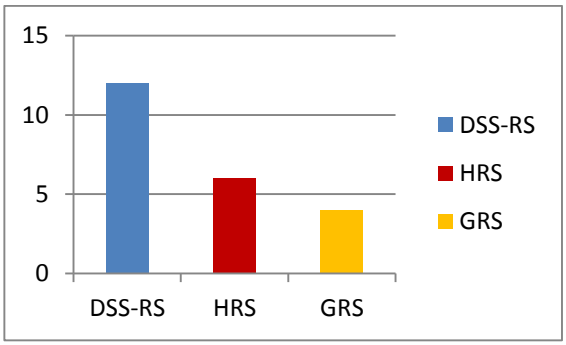
قدرت	پشتیبان	قانون	قدرت	پشتیبان	قانون
۴/۱۴	۴	Rule ۸	۵/۱۴	۵	Rule ۱
۱/۱۴	۱	Rule ۹*	۶/۱۴	۶	Rule ۲
۷/۱۴	۷	Rule ۱۰	۳/۱۴	۳	Rule ۳
۳/۱۴	۳	Rule ۱۱	۳/۱۴	۳	Rule ۴
۲/۱۴	۲	Rule ۱۲*	۳/۱۴	۳	Rule ۵*
			۸/۱۴	۸	Rule ۶
			۲/۱۴	۳	Rule ۷

ارزش‌های بدست آمده در جدول (۷)، حاکی از میزان بالای موفقیت روش پیشنهادی در برنامه ریزی بنگاه اقتصادی مورد مطالعه ا ست. از آنجایی که شاخص‌های مورد ارزیابی، میزان صحت و کلیت قوانین را مورد بررسی قرار می‌دهند، نتیجه می‌شود که از یک سو، در گروه اول، قوانین ۱ تا ۳ با میزان شـــاخص‌های متوســـط، همواره صـــادق می‌باشند. از سوی دیگر، قوانین دو گروه دیگر، توزیع ناهمگنی دارند و در جه برقراری آنها صـــد در صـــد نیســـت. با تو جه به نظر تصمیم‌گیرندگان در این شرکت، امکان نقض شدن قوانین ستاره دار (*) شامل قوانین ۵ ، ۹ و ۱۲، با توجه وجود عوامل مرتبط با نیروی کار و دستمزد در این قوانین وجود دارد. علاوه بر آن، میزان خطا در قوانین گروه سوم یعنی قانون ۸ تا ۱۲ بیشتر ا ست. بنابر این، روش پیشنهادی قادر است حداقل یک گروه از قوانین را بیابد که عملیات دســـته‌بندی را همواره به صـــورت درســـت انجام دهند و نیز دو گروه دیگر از قوانین را بیابد که دســـته بندی را با درجه قابل قبولی از صحت، و نه لزوماً همواره صحیح، انجام دهند.

برای ارزیابی کارایی روش پیشـــنهادی، این روش (DSS-RS) با روش تحلیل ســـلســـله مراتبی ناهموار (HRS)[۱۸] و همچنین ترکیب مجموعه ناهموار و الگوریتم ژنتیک (GRS)[۱۹] مورد مقایســـه قرار می‌گیرد.شـــکل (۴)، نتایج این مقایســـه از نظر تعداد

[۱] http://bioinf.icm.uu.se/rosetta/index.php

قوانین استخراج شده، با دو روش مذکور را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود تعداد قواعد استخراجی در روش پیشنهادی نسبت به نتایج بدست آمده از دو روش دیگر بیشتر است. بدین ترتیب امکان تصمیم گیری برای تنظیم راهبردهای مدیریتی در بنگاه اقتصادی مورد مطالعه، با وسعت دید بیشتری صورت خواهد گرفت.



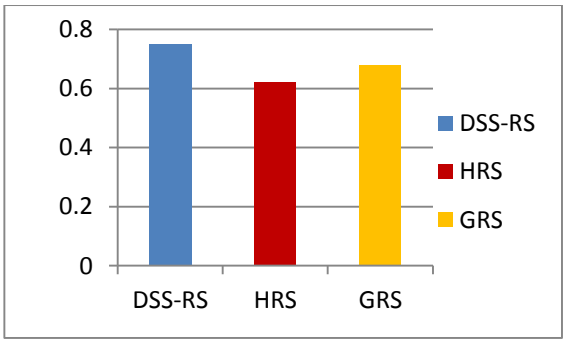
شکل ۴. تعداد قوانین استخراج شده توسط الگوریتم DSS-RSدر مقایسه با روشهای دیگر

معیار درجه امکان مجموعه های ناهموار به صورت رابطه (۱۲) تعریف می‌شود که در آن RN۱ و RN۲ دو عدد ناهموار می‌باشند.

$$P(RN_1 \le RN_2) = \frac{\max(0, (l(RN_1) - l(RN_2)) - \max(0, l(RN_1)))}{l(RN_1) - l(RN_2)} \quad (12)$$

در این رابطه، $l(RN_1)$ و $l(RN_2)$ بیانگر طول عدد ناهموار است که از تفریق رابطه (۴) از رابطه (۳) حاصل می‌شود.

شکل (۵) میانگین درجه امکان ناهمواری برای روش پیشنهادی را در مقایسه با روش‌های دیگر نشان می‌دهد.



شکل۵. درجه امکان ناهمواری بدست آمده از الگوریتم DSS-RS در مقایسه با روش‌های دیگر

شکل (۵) نشان می‌دهد که الگوریتم DSS-RS بطور میانگین دارای درجه امکان ناهمواری بالاتری نسبت به نتایج بدست آمده از دو الگوریتم دیگر است. بنابراین، قواعد استخراج شده در الگوریتم DSS-RS در مقایسه با حد ایده آل دارای درجه نزدیکتری می‌باشند. این معیار نشانگر آن است که قواعد استخراج شده را می‌توان به صورت عملیاتی در بنگاه اقتصادی مورد بهره برداری قرار داد.

۵. نتیجه گیری

بکارگیری روش‌های کم هزینه و سریع در ساخت سیستم‌های پشتیبانی تصمیم یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در عصر حاضر است. نظریه مجموعه‌های ناهموار، یک رویکرد بسیار مناسب و جدید در مباحث یادگیری ماشین است که توانایی مقابله با این چالش را دارد.

در این مقاله، روش مجموعه‌های ناهموار برای ایجاد یک سیستم پشتیبانی تصمیم به همراه یک مطالعه موردی تشریح شد. بکارگیری روش پیشنهادی در این مقاله یک جدول کاهش یافته در سیستم پشتیبانی تصمیم را در اختیار تصمیم گیرندگان قرار می‌دهد به گونه‌ای که قوانین تصمیم گیری به سادگی از آن قابل استنتاج است. همچنین روش مجموعه‌های ناهموار برای مقابله با عدم قطعیت، یک رویکرد مناسب به شمار می‌آید و تصمیم‌گیری را به صورت واضح و بدون محدودیت انجام می‌دهد. نتایج بدست آمده، بیانگر موفقیت این روش در برنامه ریزی بنگاه مورد بررسی در مطالعه موردی است. بر اساس نظرات تصمیم گیرندگان در این بنگاه، مزایای استفاده از سیستم پیشنهادی آن است که علاوه بر کاهش حجم داده‌ها و سربار پرداز شی، جلوگیری از اتلاف سرمایه بنگاه، پیشگیری از اشتباهات ناشی از عدم قطعیت موجود در داده‌ها، دقت بالا در تصمیم گیری، افزایش سادگی و سرعت در انجام تصمیم‌گیری‌های حیاتی برای این بنگاه و بنگاه‌های اقتصادی مشابه می‌باشد.

در راستای ادامه این تحقیق، می‌توان به کاربرد مجموعه‌های ناهموار در قالب یک سیستم پشتیانی تصمیم جهت استخراج قوانین انجمنی برای داده کاوی سیستم‌های تجاری، توسعه روش برای توانایی رویارویی با داده های حاوی نویز یا مقادیر داده‌ای مفقود و نیز تحلیل و ارزیابی آن نسبت به روش‌های مشابه و متداول اشاره نمود.

مراجع

[۱] H. Rashidi, Corporate Planning: Using Object Oriented Principles with Looking at Big Data, Allameh Tabatabai University Press (in Persian), ۲۰۱۶.

[۲] T.E. Sharda R., Aronson J., Analytics, Data Science and Artificial Intelligence, ۱۱th ed., Pearson Prentice Hall, ۲۰۲۰.

[۳] M. Suo, L. Tao, B. Zhu, X. Miao, Z. Liang, Y. Ding, X. Zhang, T. Zhang, Single-parameter decision-theoretic rough set, Inf. Sci. (Ny). (۲۰۲۰).

[٤] G. Tang, F. Chiclana, P. Liu, A decision-theoretic rough set model with q-rung orthopair fuzzy information and its application in stock investment evaluation, Appl. Soft Comput. (۲۰۲۰) ۱۰٦۲۱۲.

[٥] Z. Xue, L. Zhao, L. Sun, M. Zhang, T. Xue, Three-way decision models based on multigranulation support intuitionistic fuzzy rough sets, Int. J. Approx. Reason. ۱۲٤ (۲۰۲۰) ۱٤۷–۱۷۲.

[٦] B. Sun, X. Chen, L. Zhang, W. Ma, Three-way decision making approach to conflict analysis and resolution using probabilistic rough set over two universes, Inf. Sci. (Ny). ٥۰۷ (۲۰۲۰) ۸۰۹–۸۲۲.

[۷] S. Siraj, L. Mikhailov, J.A. Keane, PriEsT: an interactive decision support tool to estimate priorities from pairwise comparison judgments, Int. Trans. Oper. Res. ۲۲ (۲۰۱٥) ۲۱۷–۲۳٥.

[۸] D.S. Comas, J.I. Pastore, A. Bouchet, V.L. Ballarin, G.J. Meschino, Type-۲ fuzzy logic in decision support systems, in: Soft Comput. Bus. Intell., Springer, ۲۰۱٤: pp. ۲٦۷–۲۸۰.

[۹] R. Słowiński, S. Greco, B. Matarazzo, Rough-set-based decision support, in: Search Methodol., Springer, ۲۰۱٤: pp. ٥٥۷–٦۰۹.

[۱۰] E.K. Zavadskas, P. Vainiūnas, Z. Turskis, J. Tamošaitienė, Multiple criteria decision support system for assessment of projects managers in construction, Int. J. Inf. Technol. Decis. Mak. ۱۱ (۲۰۱۲) ٥۰۱–٥۲۰.

[۱۱] Z. Taha, S. Rostam, A fuzzy AHP–ANN-based decision support system for machine tool selection in a flexible manufacturing cell, Int. J. Adv. Manuf. Technol. ٥۷ (۲۰۱۱) ۷۱۹.

[۱۲] C.-S. Lee, M.-H. Wang, A fuzzy expert system for diabetes decision support application, IEEE Trans. Syst. Man, Cybern. Part B. ٤۱ (۲۰۱۰) ۱۳۹–۱٥۳.

[۱۳] Z. Pawlak, Rough sets, Int. J. Comput. Inf. Sci. ۱۱ (۱۹۸۲) ۳٤۱–۳٥٦.

[۱٤] D. Chen, X. Zhang, X. Wang, Y. Liu, Uncertainty learning of rough set-based prediction under a holistic framework, Inf. Sci. (Ny). ٤٦۳ (۲۰۱۸) ۱۲۹–۱٥۱.

[۱٥] E. MohammadiSheikh, Halo Error Analysis of Customer Behavior Using Net Promoters Index (NPS) and Ruff Collection Theory (RST) (Case Study: Sony Ericsson Mobile Phone), Business Management, (in Persian). ٥ (۲۰۱۳), pp ۱۱۹–۱٤۲.

[۱٦] B. Nasiri, F. Mahmoudi, M.R Meybodi, , Selection of Features from Web Pages Based on Rough Set Theory and Distributed Learning Automation (In Persian), ۳rd Data Mining Conference, Tehran, ۲۰۱۰.

[۱۷] Q. Zhang, Q. Xie, G. Wang, A survey on rough set theory and its applications, CAAI Trans. Intell. Technol. ۱ (۲۰۱٦) ۳۲۳–۳۳۳.

[۱۸] M. Sabet Motlagh, Applying the concept of rough set theory in multi-criteria decision making methods to evaluate and select the most appropriate maintenance strategy, Quarterly Journal of Strategic Management Research (in Persian). ۲٤ (۲۰۱۸), pp. ٦٥–۸۹, http://smr.journals.iau.ir/article_٥٤٥٤٤٤.html.

[۱۹] M. Vatanparast, A. Babaei, S. Mohammadi, Rough Set Methods and Genetic Algorithms in Intelligent Combined Trading System to Discover Future Market Trading Laws, Financial Knowledge of Securities Analysis (In Persian), ۱۳ (۲۰۲۰) ۱٥۱-۱٦۸, http://jfksa.srbiau.ac.ir/article_۱٦۳۸۷.html.