

رتبه‌بندی ربات‌ها و انتخاب ربات برتر با استفاده از خوشه‌بندی در داده‌کاوی

محمد رضا دهقانی محمودآبادی^۱، جلیل استادعلی اکبری^۲، کمال میرزایی بدرآبادی^۳

^۱ دانشجوی دکتری، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد، میبد، ایران

^۲ دانشجوی دکتری، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد، میبد، ایران

^۳ استادیار گروه کامپیوتر دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد

چکیده

ربات در زندگی روزمره ی کنونی انسان دارای نقش مهم و اساسی می باشد. هر ربات دارای پارامترهایی می باشد که این پارامترها در انتخاب آن توسط کاربرد نقش به سزایی دارد. بنابراین با توجه به تنوع پارامترهای ربات، انتخاب ربات مناسب در هر کاربرد از مسائل مهم می باشد. امروزه ارزیابی هر ربات توسط ترکیب خطی از پارامترهای ربات توسط ضرایب ثابت انجام می شود اما انتخاب ضریب تأثیر هر پارامتر در رتبه بندی ربات باید به صورت پویا و براساس داده‌ی موجود محاسبه شود. در این مقاله ضمن معرفی پارامترهای مختلف تأثیرگذار در رتبه بندی ربات، ضریب هر پارامتر در رتبه بندی با استفاده از داده کاوی به صورت پویا محاسبه می شود و در پایان رتبه ی هر ربات با استفاده از خوشه بندی در داده کاوی محاسبه می شود. نتایج آزمایش ها نشان می دهد، روش پیشنهادی از کارایی شایسته ای نسبت به روش های موجود برخوردار می باشد.

واژه‌های کلیدی: رتبه بندی، ربات، خوشه بندی، پویا.

۱. مقدمه

ربات وسیله‌ای است که در عصر حاضر در کاربردهای متفاوت به انسان کمک می‌کند. هر ربات با توجه به کاربرد دارای یکسری ویژگی‌هایی می‌باشد که در مرحله‌ی ساخت آن باید مورد توجه قرار گیرد. به عنوان نمونه در بعضی از کاربردها، ربات باید کم حجم و در بعضی کاربردهای دیگر برای داشتن نقطه‌ی ثقل ثابت، ربات باید حجیم باشد. همچنین در بین ویژگی‌های موجود، ویژگی‌هایی مانند مصرف کم انرژی، کارایی بالا وجود دارند که داشتن این ویژگی‌ها در همه‌ی کاربردها مهم و ضروری است. بنابراین برای یک کاربرد خاص با توجه به پارامترهای ربات‌ها می‌توان آن‌ها را رتبه‌بندی کرد و ربات بهینه را برای کاربرد خاص انتخاب نمود [۱، ۲].

در بعضی کاربردها، اثر متقابل پارامترها بر یکدیگر متفاوت می‌باشد. به طوری که برای داشتن انرژی بیش‌تر، احتیاج به سلول‌های باتری بیش‌تر می‌باشد این افزایش انرژی، باعث افزایش وزن ربات می‌شود. افزایش وزن یک ویژگی منفی برای انتخاب ربات محسوب می‌شود.

نقش پارامترها در انتخاب ربات‌ها انکار ناپذیر است. سال‌های اخیر افزایش پیچیدگی ویژگی‌های ربات و امکانات ارائه شده توسط سازندگان ربات‌ها در انتخاب ربات برای یک منظور خاص مشکل شده است.

عوامل زیادی در ساخت و تولید ربات‌ها نقش دارند. درجه آزادی، تعداد مفاصل، نوع مفاصل، حجم، فضای کار، سهولت، سرعت عمل و قیمت از جمله پارامترهایی هستند که در کارایی ربات نقش اساسی دارند [۳]. بدیهی است ویژگی ربات‌ها براساس درخواست کاربر تعیین می‌شود و روش ارائه شده در این مقاله بر مبنای اهمیت عوامل موثر در هر ربات می‌باشد. در این راستا می‌توان روش مناسبی برای شناسایی ویژگی‌ها و ارزش گذاری ربات‌ها ارائه کرد.

خواسته‌ها و محدودیت‌ها در تصمیم‌گیری اطلاعاتی و ارزشی ربات‌ها نقش اساسی دارد. در اکثر کاربردها یک دسته پارامترهای عمومی وجود دارد که طراحان با برنامه‌ریزی مناسب سعی در بهبود و افزایش کارایی ربات می‌نمایند. تنوع پارامترهای انتخاب ربات و هم‌چنین داشتن یک مصالحه بین ویژگی‌های ربات، انتخاب ربات برتر را با مشکل مواجه کرده است. [۴].

تاکنون روش‌های مختلفی برای رتبه‌بندی پیشنهاد شده است. که یکی از روش‌های رتبه‌بندی توسط Choudhury برای رتبه‌بندی ربات استفاده شده است [۵]. در این روش برای هر پارامتر ربات ضریب ثابتی در نظر گرفته شده است.

روش پیشنهادی این مقاله، برای رسیدن به ارزش جهت تصمیم‌گیری از خوشه‌بندی در داده‌کاوی استفاده می‌شود. این الگوریتم می‌تواند نقش اساسی در ارزش‌گذاری و شناسایی عوامل ارزشی، کارآمد و موثر داشته باشد [۶].

ساختار مقاله به شرح ذیل می‌باشد در بخش دوم داده‌کاوی به صورت مختصر معرفی می‌گردد. در بخش سوم الگوریتم ارائه شده به منظور خوشه‌بندی در ربات توضیح داده می‌شود و سپس عوامل موثر به همراه پارامترهای قابل ارزیابی و روش چگونگی انجام کار توضیح داده می‌شود و آزمایش‌ها و نتایج کار و مقایسه با نتایج روش قبلی برای نشان دادن بهبود روش ارائه شده در بخش چهارم شرح داده می‌شود. در پایان در بخش پنجم نتیجه‌گیری لازم ارائه می‌گردد.

۲. داده کاوی

داده کاوی یکی از دانش‌های در حال توسعه می‌باشد که استفاده از این دانش، انقلاب بزرگی را در مسائل مختلف به وجود آورده است. هم اکنون این دانش در دنیا در حال گسترش بوده و گروه‌های تحقیقاتی فراوانی بر روی آن کار می‌کنند [۷].

مفهوم داده‌کاوی، فرآیند کشف دانش پنهان داده می‌باشد که با مشاهده مستقیم داده، این دانش استنتاج نمی‌شود. داده‌کاوی علاوه بر کشف اطلاعات پنهان و روابط موجود بین داده، به پیش‌بینی موارد نامعلوم و مشاهده نشده نیز می‌پردازد. بدیهی است ارتباط مخفی بین داده هنگامی که حجم داده زیاد باشد به سادگی دیده نمی‌شود. داده‌کاوی، کشف ارتباط‌های مخفی با استفاده از مدل‌های تحلیلی، کلاس‌بندی و تخمین را انجام می‌دهد.

قبل از عملیات داده‌کاوی لازم است پیش‌پردازش‌هایی بر روی داده انجام شود به طوری که داده‌ی تصفیه شده در اختیار تکنیک داده‌کاوی قرار گیرد [۸، ۹].

عمل پیش پردازش در سه بخش کاهش اطلاعات، خلاصه سازی و کلی سازی داده انجام می شود. در بخش کاهش اطلاعات، داده به مجموعه های کوچک تر تقسیم می شود و عملیات داده کاوی بر روی هر مجموعه به صورت چندگانه انجام می گیرد. پس از انجام عملیات کاهش اطلاعات، حذف خصایص غیرمرتبط خلاصه سازی می شود. کلی سازی اطلاعات، فرآیندی است که تعداد زیادی از رکوردهای یک بانک اطلاعاتی به صورت یک مفهوم در سطح بالاتر ارائه می نماید [۱۰-۱۲].

خوشه بندی اطلاعات یکی از وظایف مهم داده کاوی می باشد. فرآیند خوشه بندی سعی دارد که یک مجموعه داده را به چندین خوشه تقسیم نماید به طوری که مجموعه داده ای قرار گرفته در یک خوشه حتی امکان به یکدیگر نزدیک باشند. در حال حاضر روش های متعددی برای خوشه بندی داده پیشنهاد شده است. در این روش ها براساس نوع داده، شکل خوشه ها، فاصله داده و غیره عمل خوشه بندی انجام می شود.

مهم ترین روش های خوشه بندی را می توان به صورت زیر نام برد [۱۳-۱۵]. روش تقسیم بندی، سلسله مراتبی، مبتنی بر چگالی، تجزیه و تحلیل خوشه ای^۱، تجزیه و تحلیل خوشه بندی سلسله مراتبی^۲، مقدار متوسط^۳، نزدیک ترین همسایگی^۴، دورترین همسایگی^۵، متوسط فاصله دسته ها^۶، فاصله بین دسته های ادغام شده در حل جدید^۷ و تجزیه و تحلیل خوشه ای غیرسلسله مراتبی^۸ وجود دارند [۱۶-۱۸].

خوشه بندی فعالیتی است که از هفت مرحله تشکیل شده است [۱۹]:

۱. تعریف نمای شیء^۹
۲. انتخاب صفات های مرتبط^{۱۰}
۳. تولید قالب ورودی مناسب برای ابزار خوشه بندی
۴. تعریف مقیاس شباهت^{۱۱}
۵. انتخاب مجموعه پارامترها برای خوشه بندی به کار گرفته شده
۶. اجرای الگوریتم خوشه بندی
۷. توصیف خوشه های محاسبه شده

در سه مرحله اول برای خوشه بندی در دسته ی پیش پردازنده ها و به منظور تولید مجموعه داده مورد استفاده، قرار می گیرند. در این مراحل، باید مشخص شود که چه اشیایی و کدام یک از خصوصیت های داده به منظور اهداف خوشه بندی انتخاب شوند، علاوه بر این، اطلاعات مرتبط باید به قالبی تبدیل شود که به وسیله ابزار خوشه بندی مورد استفاده قرار گیرد. در مرحله چهارم، مقیاس و اندازه گیری های شباهت اشیایی که خوشه بندی می شوند باید تعیین شود. در نهایت، طی مراحل پنجم تا هفتم، الگوریتم خوشه بندی اجرا می شود و خلاصه ی خوشه بندی تولید می شود [۲۰].

۳. حداکثر الگوریتم پیشنهادی خوشه بندی در رتبه بندی ربات

در الگوریتم پیشنهادی خوشه بندی، یک مجموعه از داده پیدا می شود که شباهت بین جفت داده را در پردازش یادگیری در نظر می گیرد [۲۱]. در این قسمت ابتدا الگوریتم ارائه شده در خوشه بندی، معیارهای ارزیابی، روش های منحصر به فرد، طریقه ی ارزیابی به همراه پیاده سازی و شبیه سازی در مورد تعدادی داده مورد ارزیابی قرار می گیرد [۲۲].

^۱ Cluster Analysis

^۲ Hierarchical Clustering

^۳ Centrinio Method

^۴ Single Linkage or the Nearest-Neighbor Method

^۵ Complete Linkage or Farthest-Neighbor Method

^۶ Average Linkage Method

^۷ Distance Between Clustering

^۸ Nonhierarchical Clustering

^۹ Object View

^{۱۰} Relevant Attributes

^{۱۱} Similarity

موضوعهای مشابه به هم نزدیک و گروههای مختلف از هم دیگر دور هستند به هر حال دسته‌بندی‌ها همیشه نمی‌توانند در عملکردهای پیچیده درست و صحیح باشند. تعدادی از الگوریتم‌های دسته‌بندی مسافت فاصله‌ای بین نمونه‌های مختلف را در نظر می‌گیرند که موفقیت آن‌ها در تعدادی عملکردها اثبات شده است [۲۴، ۲۳، ۷].

در این حالت گرفتن مکان و اطلاعات داده مناسب می‌باشد و در عضویت داده تصمیم‌گیری انجام می‌گیرد. سپس یک دسته‌بندی جدید در اتصال معیارهایی که مشابهت دارند را به‌وجود می‌آورند. در این مناطق گروه‌های مشابهی قرار دارند و یک زنجیره متوالی از وظایف در پردازش دسته‌بندی‌ها پیدا می‌شوند که داده و گروه‌ها را هدایت می‌کنند.

محاسبه مقدار نمونه c و نمونه دیگر $d \in U_k$ به صورت فاصله‌ای انجام می‌شود و اطلاعات آماری درباره‌ی دسته‌بندی U_k مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس توزیع اطلاعات با معیارهای متنوع از U_k ذخیره می‌شود.

هنگامی که یک نمونه وارد داده‌ها می‌شود در U_k قرار می‌گیرد و توزیع اطلاعات محاسبه می‌گردد. محاسبه فاصله در شاخه اقلیدسی بین c و d تعریف می‌شود. بنابراین $\phi_k(c, d)$ برابر است با:

$$c = \begin{cases} C \in NN(d) & \text{if } c = 0 \\ P_{\mu_k, S_k} \in (c, d) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

در فرمول بالا p_{μ_k, S_k} تابع تراکم احتمالی با توزیع نرمال μ_k و انحراف استاندارد S_k وجود دارد. که برای بررسی داده‌ی هر ربات پارامترهای آن به صورت ماتریس تعریف می‌گردد. پارامترهای ورودی ربات‌ها به صورت جدول ۱ معرفی می‌شود.

جدول ۱: پارامترهای مهم ربات

Attribute type	Parameter
General	Price range, Type of robot and swept area
Physical	Type of actuators, Weight of the robot, Reach, Type of grippers supported, Number of axes, Space requirements of the robot
Performance	Payload of the robot, Workspace, Stroke, Maximum end effector speed, Accuracy, Repeatability, Resolution
Structure/Architecture	Degree of freedom, Type of joints
Application	Working environment
Sophistication	Maintainability and Safety features
Control/Feedback system	Control of robotic joints, Gripper control, Sensors, Programming method, Number of input and output channels of the controller
Availability	Downtime, reliability

در مرحله بعد براساس داشتن تعداد و مقدار هر یک از پارامترها مهم‌ترین آن‌ها به صورت جدول ۲ انتخاب می‌گردد. که داده‌ی آن‌ها از لحاظ ماهیت مقدار دارای جامعیت نمی‌باشد.

در جدول ۲ پارامتر ظرفیت اندازه ظرفیت ربات را مشخص می‌نماید، تکرار پذیری از قابلیت‌های دیگر ربات می‌باشد که در جدول ۲ نمایش داده شده است.

جدول ۲: پارامترهای مورد استفاده در رتبه‌بندی

SI	Parameter
۱	Load capacity
۲	Repeatability
۳	Speed
۴	Types of drives
۵	Reach
۶	Degree of freedom
۷	Swept area

سرعت در ربات‌ها نقش اساسی دارد و پارامتر مهمی محسوب می‌گردد. انواع درایورها به نوع کاربرد آن‌ها در ربات اشاره دارد و رسیدن به هدف عامل بعدی در ربات می‌باشد. در نهایت درجه‌ی آزادی و جاروب ربات در جدول ۲ ذکر شده است. جهت داشتن ماهیت یکسان مقدار اعداد پارامترهای ربات باید نرمال گردد که فرآیند نرمال‌سازی داده به صورت ذیل انجام می‌پذیرد. عمل نرمال‌سازی داده با این روش انجام می‌گیرد.

$$n_{ij} = d_{ij} / (\sum_{i=0}^m d_{ij}^2)^{1/2} \quad (2)$$

d_{ij} در این رابطه ارزش هر پارامتر است و n_{ij} نرمال شده‌ی آن می‌باشد سپس داده‌ی نرمال و ماتریس نرمال شده محاسبه می‌شود. ماتریس (۴) از لحاظ ماهیت عددی نرمال می‌باشد.

(۳) ارزش ربات‌ها براساس پارامترهای تعریف شده

$$D = \begin{pmatrix} DOF & Payload & SweptArea & Reach & Speed & Cost & Repeatability \\ 6 & 4 & 320 & 878 & 1.0 & 35000 & 10 \\ 4 & 12 & 270 & 800 & 1.2 & 19500 & 40 \\ 6 & 10 & 300 & 1529 & 3.6 & 56400 & 10 \\ 6 & 12 & 320 & 1250 & 3.09 & 60000 & 33.3 \end{pmatrix}$$

(۴) ماتریس نرمال شده پارامترهای ربات

$$N = \begin{pmatrix} 0.539 & 0.199 & 0.528 & 0.381 & 0.200 & 0.382 & 0.185 \\ 0.359 & 0.597 & 0.465 & 0.347 & 0.240 & 0.213 & 0.741 \\ 0.539 & 0.497 & 0.495 & 0.663 & 0.721 & 0.616 & 0.185 \\ 0.539 & 0.597 & 0.528 & 0.542 & 0.618 & 0.655 & 0.617 \end{pmatrix}$$

ماتریس (۵) ضریب وزنی متفاوت محاسبه شده براساس داده‌کاوی را در هر پارامتر ضرب می‌نماید و ماتریس خروجی براساس این ضریب به صورت نرمال محاسبه می‌شود. که نتایج آن بصورت جدول ۳ می‌باشد.

(۵) ماتریس ضریب وزنی اعمال شده

$$w = \begin{pmatrix} 0.08425 \\ 0.04975 \\ 0.05575 \\ 0.03675 \\ 0.045 \\ 0.026 \\ 0.1565 \end{pmatrix}$$

میانگین هر ربات براساس ارزش پارامترهای آن با استفاده از خوشه‌بندی داده‌کاوی ارائه می‌گردد که ارزش هر ربات براساس نرمال‌سازی داده قابل مشاهده می‌باشد. این نمودارها هرکدام قابلیت‌هایی دارند که نمودار ارائه شده برای هر یک انحراف و دامنه تغییرات را محاسبه و ارزش‌های درستی هر پارامتر را تحت تأثیر قرار می‌دهد و در نتیجه تأثیر میانگین هر ربات با توجه به تغییرات پارامترهای قابل مشاهده می‌باشند.

این روش می‌تواند پویایی خاصی را به پارامترها برای ارزیابی ارائه نماید که در آزمایش‌های انجام شده و نمودارهای مقایسه‌ای ارائه شده با روش‌های قبلی بهبود این روش قابل مشاهده می‌باشد.

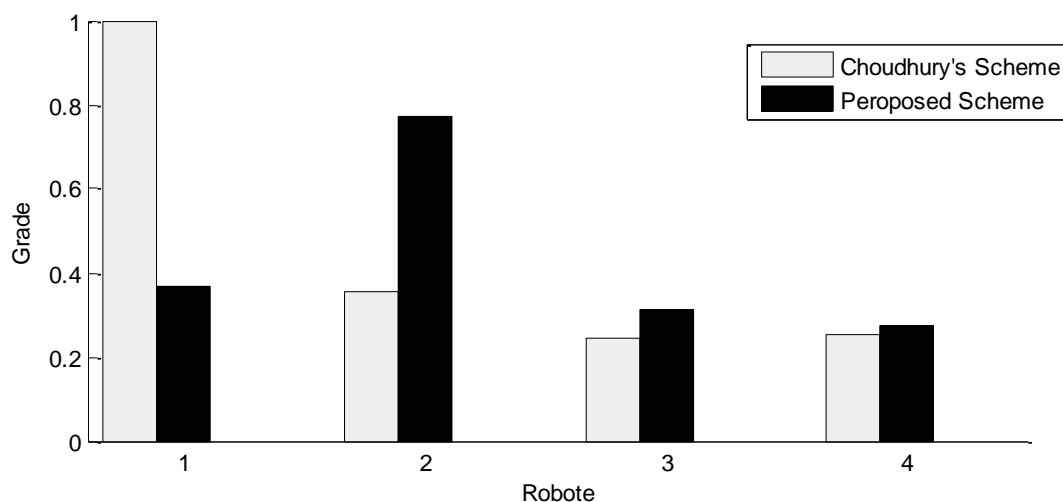
این روش پیشنهادی، ضرایب پارامتری ثابت را به ضرایب پویا تبدیل می‌نماید. همچنین جامعه‌ی آماری و انحراف تغییرات پارامترها می‌تواند تأثیر به سزایی در محاسبه تغییر پارامترها داشته باشد.

جدول ۳- داده‌های نرمال ربات‌های مرجع [۵]

Parameter	Value	N.V	Weight	Ranking factor	۱
R-۱	Speed	۱۰۰۰	۰,۰۷۵	۲	۰,۱۵
	Max.Reach	۸۷۸	۰,۰۹۷	۱۳	۱,۲۶۱
	Swept area	۵,۵۸	۰,۰۵۴	۴	۰,۲۱۶
	DOF	۶	۰,۰۴۳	۱	۰,۰۴۳
	Payload	۴	۰,۰۷۴	۶	۰,۴۴۴
	Cost	۳۵۰۰۰	۰,۰۲۶	۹	۰,۲۳۴
	Repeatability	۰,۱	۰,۲۴۶	۰,۵	۰,۱۲۳
R-۲	Speed	۱۲۰۰	۰,۱۱۲	۲	۰,۲۲۵۸
	Max.Reach	۸۰۰	۰,۰۳۲	۱۳	۰,۴۱۶
	Swept area	۴,۷۱۲	۰,۰۶۴	۴	۰,۲۵۶
	DOF	۴	۰,۰۴۸	۱	۰,۰۴۸
	Payload	۱۲	۰,۰۶۲	۶	۰,۳۷۲
	Cost	۱۹۵۰۰	۰,۰۴۷	۹	۰,۴۲۳
	Repeatability	۰,۰۲۵	۰,۰۶۱	۰,۵	۰,۰۳۰۵
R-۳	Speed	۳۶۰۰	۰,۰۷۵	۲	۰,۱۵
	Max.Reach	۱۵۲۹	۰,۰۳۸	۱۳	۰,۴۹۴
	Swept area	۵,۲۳۵	۰,۰۵۱	۴	۰,۲۰۴
	DOF	۶	۰,۰۲۵	۱	۰,۰۲۵
	Payload	۱۰	۰,۰۲	۶	۰,۱۲
	Cost	۵۶۴۰۰	۰,۰۱۶	۹	۰,۱۴۴
	Repeatability	۰,۱	۰,۲۴۶	۰,۵	۰,۱۲۳
R-۴	Speed	۳۰۹۰	۰,۰۷۵	۲	۰,۱۵
	Max.Reach	۱۲۵۰	۰,۰۳۲	۱۳	۰,۴۱۶
	Swept area	۵,۵۸۵	۰,۰۵۴	۴	۰,۲۱۶
	DOF	۶	۰,۰۳۱	۱	۰,۰۳۱
	Payload	۱۲	۰,۰۲۴	۶	۰,۱۴۴
	Cost	۶۰۰۰۰	۰,۰۱۵	۹	۰,۱۳۵
	Repeatability	۰,۰۳	۰,۰۷۳	۰,۵	۰,۰۳۶۵

۴. آزمایش و نتایج

روش ارزشی و ضربی ایجاد شده در الگوریتم ارائه شده داده‌کاوی می‌تواند حالت‌های مختلفی را به وجود آورد که براساس داده‌ی آماری نمودار خروجی الگوریتم و نتایج بدست می‌آید. این نتایج با روش ارائه شده در مرجع [۵] مقایسه می‌گردد. در ربات R-۲ می‌توان از لحاظ قیمت و شرایط ربات به وضوح برتری ربات را مشاهده نمود.



شکل ۱- مقایسه روش پیشنهادی با روش Choudhury

۵. نتیجه‌گیری

کاربرد و کارایی ربات‌ها با توجه به نقش آن‌ها در زندگی انسان‌ها از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. در بین ربات‌های موجود انتخاب ربات بهینه برای یک کاربرد از مسائل مهم می‌باشد. این انتخاب بر اساس پارامترهای تولید ربات تعیین می‌گردد. برای داشتن روشی جهت انتخاب ربات، رتبه‌بندی ربات‌ها مفید و کارا می‌باشد. در روش‌های قبلی با استفاده از یک دسته ضرایب ثابت برای هر پارامتر این رتبه‌بندی انجام شده است. در این مقاله بهبود ارزش‌گذاری و پویا شدن ضرایب، با خوشه‌بندی داده-کاوی انجام می‌شود. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد روش پیشنهادی از کارایی بیش‌تری نسبت به روش قبلی برخوردار می‌باشد.

۶. منابع و مراجع

- [۱] T. Zhang and H. Ueno, "Knowledge model-based heterogeneous multi-robot system implemented by a software platform," *Knowledge-Based Systems*, vol. ۲۰, pp. ۳۱۰-۳۱۹, ۲۰۰۷.
- [۲] H. Yamaguchi, "A distributed motion coordination strategy for multiple nonholonomic mobile robots in cooperative hunting operations," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. ۴۳, pp. ۲۵۷-۲۸۲, ۲۰۰۳.
- [۳] M. Wang and J. N. K. Liu, "Interactive control for Internet-based mobile robot teleoperation," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. ۵۲, pp. ۱۶۰-۱۷۹, ۲۰۰۵.
- [۴] S. Thrun, "Learning metric-topological maps for indoor mobile robot navigation," *Artificial Intelligence*, vol. ۹۹, pp. ۷۱-۲۱, ۱۹۹۸.
- [۵] B. b. Choudhury, B. b. Biswal, and R. n. Mahapatra, "Attribute-based Ranking and Selection of Robots for Task Assignment," presented at the International Conference on Advanced Computer Control, ۲۰۰۸.
- [۶] A. Buldu and K. Üçgün, "Data mining application on students' data," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. ۲, pp. ۵۲۵۱-۵۲۵۹, ۲۰۱۰.
- [۷] A. Çakır, H. Çallı, and E. U. Küçükşille, "Data mining approach for supply unbalance detection in induction motor," *Expert Systems with Applications*, vol. ۳۶, pp. ۱۱۸۰۸-۱۱۸۱۳, ۲۰۰۹.
- [۸] L. Chen, M. Lv, Q. Ye, G. Chen, and J. Woodward, "A personal route prediction system based on trajectory data mining," *Information Sciences*, vol. ۱۸۱, pp. ۱۲۶۴-۱۲۸۴, ۲۰۱۱.
- [۹] Y. L. Chen, J. M. Chen, and C. W. Tung, "A data mining approach for retail knowledge discovery with consideration of the effect of shelf-space adjacency on sales," *Decision Support Systems*, vol. ۴۲, pp. ۱۵۰۳-۱۵۲۰, ۲۰۰۶.
- [۱۰] T. H. Chen and C. W. Chen, "Application of data mining to the spatial heterogeneity of foreclosed mortgages," *Expert Systems with Applications*, vol. ۳۷, pp. ۹۹۳-۹۹۷, ۲۰۱۰.
- [۱۱] M. C. Chen, "Ranking discovered rules from data mining with multiple criteria by data envelopment analysis," *Expert Systems with Applications*, vol. ۳۳, pp. ۱۱۱۰-۱۱۱۶, ۲۰۰۷.
- [۱۲] R. H. L. Chiang, C. E. Huang Cecil, and E.-P. Lim, "Linear correlation discovery in databases: a data mining approach," *Data & Knowledge Engineering*, vol. ۵۳, pp. ۳۱۱-۳۳۷, ۲۰۰۵.
- [۱۳] S. Chiu and D. Tavella, "Introduction to Data Mining," in *Data Mining and Market Intelligence for Optimal Marketing Returns*, ed Boston: Butterworth-Heinemann, ۲۰۰۸, pp. ۱۳۷-۱۹۲.
- [۱۴] C. F. Chien, W. C. Wang, and J. C. Cheng, "Data mining for yield enhancement in semiconductor manufacturing and an empirical study," *Expert Systems with Applications*, vol. ۳۳, pp. ۱۹۲-۱۹۸, ۲۰۰۷.
- [۱۵] C. F. Chien and L. F. Chen, "Data mining to improve personnel selection and enhance human capital: A case study in high-technology industry," *Expert Systems with Applications*, vol. ۳۴, pp. ۲۸۰-۲۹۰, ۲۰۰۸.
- [۱۶] K. Gibert, J. Spate, M. Sánchez-Marrè, I. N. Athanasiadis, and J. Comas, "Chapter Twelve Data Mining for Environmental Systems," in *Developments in Integrated Environmental Assessment*, vol. ۳, ed: Elsevier, ۲۰۰۸, pp. ۲۰۵-۲۲۸.
- [۱۷] F. Gürbüz, L. Özbakir, and H. Yapici, "Data mining and preprocessing application on component reports of an airline company in Turkey," *Expert Systems with Applications*, vol. ۳۸, pp. ۶۶۱۸-۶۶۲۶, ۲۰۱۱.

- [۱۸] J. Han, M. Kamber, and J. Pei, "Data Mining Trends and Research Frontiers," ed Boston: Morgan Kaufmann, ۲۰۱۲.
- [۱۹] R. S. Dattatrayam and V .P. Kamble, "Temporal clustering of earthquake - a fractal approach : Current Science, ۶۷ (۲), ۱۹۹۴, pp ۱۰۷-۱۰۹," *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, vol. ۳۱, pp. ۲۷۲-۲۷۲, ۱۹۹۴.
- [۲۰] R. S. Baker, "International Encyclopedia of Education," in *Data Mining*, ed Oxford: Elsevier, ۲۰۱۰, pp. ۱۱۲-۱۱۸.
- [۲۱] T. c. Fu, "A review on time series data mining," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. ۲۴, pp. ۱۶۴-۱۸۱, ۲۰۱۱.
- [۲۲] A. Ahmed, M. Otreba, N. E .Korres, H. Elhadi, and K. Menzel, "Assessing the performance of naturally day-lit buildings using data mining," *Advanced Engineering Informatics*, vol. ۲۵, pp. ۳۶۴-۳۷۹, ۲۰۱۱.
- [۲۳] I. Bose and R. K. Mahapatra, "Business data mining a machine learning perspective," *Information & Management*, vol. ۳۹, pp. ۲۱۱-۲۲۵, ۲۰۰۱.
- [۲۴] C. Çiflikli and E. Kahya-Özyirmidokuz, "Implementing a data mining solution for enhancing carpet manufacturing productivity," *Knowledge-Based Systems*, vol. ۲۳, pp. ۷۸۳-۷۸۸, ۲۰۱۰.