



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

# IMAQCS: طراحی و پیاده سازی سیستم چندعاملی هوشمند برای کنترل و نظارت بر

## کیفیت فرآیند تولید سیمان

### چکیده

در کارخانه سیمان، از آنجاییکه تمام فرایندها شیمیایی و برگشت ناپذیرند، نظارت و کنترل عامل مهمی است. اگر فرایند در هر مرحله ای کنترل نشود، محصول نهایی آسیب دیده یا از بین می رود. بنابراین، در چنین محیط هایی، بررسی کیفیت محصول در هر حالت، ضروری است. همچنین، برای کنترل فرایند، ارتباط میان بخشهای مختلف خط تولید ضروری است. زمان هدر رفته در خط تولید، تاثیر مستقیمی بر زمان اصلاح فرایند و عملکرد تولید سیمان دارد. در این قسمت، مدلی از سیستم جدید کنترل کیفیت چندعاملی هوشمند IMAQCS برای کنترل کیفیت فرایندهای تولید سیمان پیشنهاد شده است. این مدل، با استفاده از تکنیک هوشمند قانون محور و مصنوعی، بر رابطه بین بخشهای خط تولید سیمان، جهت نظارت بر عوامل کیفیت چندخصیصه تاکید دارد. با وجود عوامل کنترل کیفیت فرآوری سیمان، تحلیل فوری و تصمیم گیری در شرایط خطا، ارائه خواهد شد. جهت تعیین اعتبار مدل پیشنهادی، IMAQCS در کارخانه های حقیقی مجتمع صنایع سیمان ایران مستقر شده است. توانایی سیستم در محیط فرایند تولید ارزیابی شده است. اثربخشی و بازده سیستم، از طریق کاهش زمان اصلاح فرایند و افزایش عملکرد تولید سیمان نمایش داده می شوند. در نهایت، این سیستم می تواند بر منابع کارخانه و صرفه جویی در هزینه، تاثیر قابل توجهی داشته باشد.

**کلید واژه ها:** سیستم چند عاملی، نظارت و کنترل هوشمند، فرآیند سیمان

### 1. مقدمه

اهمیت کنترل فرایند در محصولات کیفی، واضح و شفاف است. اغلب فرایندهای تولید همچون فرایند صنعتی و شیمیایی، دارای سیستم های کنترل خودکار دارند. اکثریت سیستم های کنترل کیفیت خودکار برای آشکارسازی شرایط خارج از کنترل استفاده می شوند. همچنین، این سیستم ها بر خروجی فرایند و اقدامات کنترل تاکید دارند. Tsung برای آشکارسازی تغییرات فرایند، عملکرد خروجی فرایند و اقدامات کنترل را ارائه کرد. Wu در [2]، با کمک شبکه عصبی احتمالی PNN، روشی برای شناسایی الگوی نمودار کنترل در تولید سلولی پیشنهاد

کرد. Yu و همکارانش، از قانون مبتنی بر الگوریتم ژنتیکی برای شناسایی رابطه بین پارامترهای تولید و کیفیت محصول استفاده کردند. آنها به ادغام شبکه عصب مصنوعی دانش محور و استخراج قانون الگوریتم ژنتیکی جهت بهبود کیفیت محصول در خط جلا پرداختند. علاوه، سیستم های هوشمند نظارت، کنترل و تشخیص فرایندهای صنعتی براساس سه رویکرد اصلی هستند: رویکرد دانش محور، تحلیل و داده محور.

در میان چندین سیستم کنترل فرایند و آشکارسازی خطا، کنترل کیفیت متفاوت است. کنترل فرایند به خاطر ماهیت برگشت ناپذیرشان، در فرایند شیمیایی متفاوت است. اگر فرایند خارج از کنترل باشد، محصول کاملاً از بین می رود. بسیاری از روشهای فنی خودکارسازی کنترل کیفیت سیمان، در سالهای اخیر پیشنهاد شده است. بسیاری از این روشها، درباره تحلیل اشعه ایکس در بخشهای مختلف خط تولید سیمان هستند. آنها بر کنترل شیمی سیمان تمرکز داشته اند. در فرایند سیمان، سیستم یکپارچه برای کنترل کیفیت فرایند، توجه کمی به خود جلب کرده است. همراه با ماهیت فرایند سیمان، نظارت و تعامل میان بخشهای مختلف نیز مهم می باشند. سیستم کنترل کیفیت که فرایند را نظارت می کند، ورودی و خروجی بخشهای مختلف را کنترل کرده و شرایط خطا در مجموعه صنعتی را نیز اشکار می سازد.

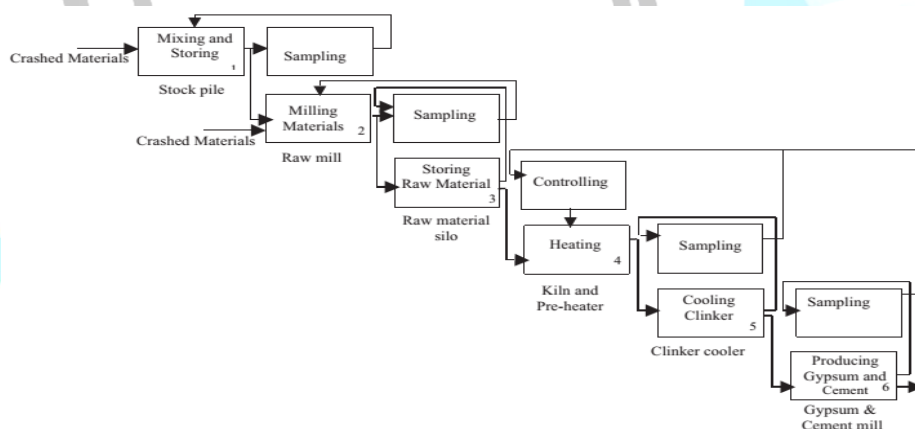
در این مقاله، سیستم کنترل کیفیت فرایند خودکاری را برای پردازش سیمان ارائه کردیم که براساس سیستم چندعاملی طراحی شده است. در مدل پیشنهادی، ما سعی داریم تا بر ارتباط بین ایستگاه نمونه گیری، آزمایشگاه و بخشهای مختلف فرایند تولید سیمان تمرکز کنیم. همچنین، کنترل کیفیت آماری را به روش ارتباطی جدید جهت تولید سیمان انتقال می دهیم. تکنولوژی MAS را یافتیم که با تعامل پیچیده میان بخشها مقابله می کند. علاوه، به مقایسه سیستم دستی با سیستم خود می پردازیم. با این روش، ما قادر به کاهش زمان اصلاح فرایند بودیم. این کاهش در زمان اصلاح فرایند، به کاهش مواد خام ائتلافی منجر شده و تاثیر مالی بر کارخانه دارد.

بخشهای دیگر این مقاله، به شکل زیر است: بخش 2، مروری دارد بر دامنه مسئله. مدل پیشنهادی ما در بخش 3 ارائه می شود. در این بخش، عوامل سیستم، تعاملات و روش هماهنگی آنها، مدل تحلیل و طراحی و تکنیک پیاده سازی ارائه می شوند. در بخش 4، سیستم پیشنهادی تست شده و ارزیابی می شود در نهایت، نتایج و آثار آینده در بخش 5 ارائه می شوند.

## 2. بیان مسئله

کیفیت فرایندها و محصولات، عامل تصمیم گیری مهمی در اغلب تجارت ها شده است چون مشتریان انتظار دارند که کیفیت به اندازه زمان و هزینه اهمیت داشته باشد. کنترل فرایند آماری آنلاین، ابزار قدرتمندی برای دستیابی به پایداری فرایند و بهبود کیفیت است. نظارت بر شرایط فرایند و بررسی قابلیت آنها در کوتاه مدت، به کاربرد بهینه از منابع منجر می شود. برای بررسی کیفیت فرایند در کوتاه مدت، سیستم کنترل کیفیت توزیعی هوشمند، ضرورت می باشد.

در این تحقیق، تاکید ما بر کنترل فرایند شیمیایی بود که به خاطر ماهیت و ویژگیهای خاص آن می باشد. این نوع فرایندها شیمیایی بوده و نظارت و کنترل در چنین محیط هایی، مهم می باشند. در صنایع سیمان، کنترل فرایندهای سیمان عامل مهمی است. مطالعات ما درباره مسئله نشان می دهد که در تولید سیمان، باید روشهای سریع ارتباطی میان بخشهای مختلف و نظارت پیوسته بر بازده باشد.



تصویر 1. فرایند تولید سیمان

همانطور که تصویر 1 نشان می دهد، تولید سیمان چندین بخش داخلی دارد. در پایان هر بخش، ایستگاه نمونه گیری وجود دارد. نقاله نمونه هایی را به آزمایشگاه انتقال می دهد که از ایستگاه نمونه گیری گرفته شده اند. این نمونه ها برای تست کیفیت فرایند تجزیه و تحلیل می شوند. سپس، تست بر روی نمونه ها، ارزش شاخص های کیفی را تعیین می کند. بعد از آن، مهندسين کنترل کیفی به بررسی این مقادیر پرداخته و به متخصصین تولید ارسال می کنند. سپس، متخصصین تولید درباره قابل قبول بودن خروجی مراحل تصمیم گیری می کنند. بعدها در صورت نیاز، متخصصین تولید دستورالعمل های لازم را به بخشهای می دهند. در نهایت، براساس دستورالعمل و

شرایط هر بخش، مواد به بخشهای انبار، آسیاب مواد خام، سیلوی مواد خام و کولر کلینکر ارسال می شوند. بنابراین، تکرار فرایند تولید سیمان بهبود می یابد.

با بررسی تمام مراحل کنترل فرایند سیمان، در می یابیم که تاخیری در ارتباط میان واحد کنترل کیفی و بخشها وجود دارد. در نتیجه، در شرایط فوری، تاخیری در اصلاح فرایند بخشها وجود خواهد داشت. این تاخیر می تواند به مشکلاتی همچون نوسانات شدید در فرایند تولید، حالت ناپایدار شرایط تولید و در نهایت، افزایش در نرخ محصولات نامطلوب منجر شود.

سه معیار مهم از جمله عامل اشباع آهک LSF، مدول سیلیس SIM و مدول آلومینیوم ALM برای کنترل کیفیت فرایند سیمان مدنظر هستند. هر چه مقدار SIM, LSF and ALM در کلینکر بیشتر باشد، نشان می دهد که تولید سیمان کیفیت ناکافی دارد. این ارزیابیها با معادلات 1-3 بدست می آیند:

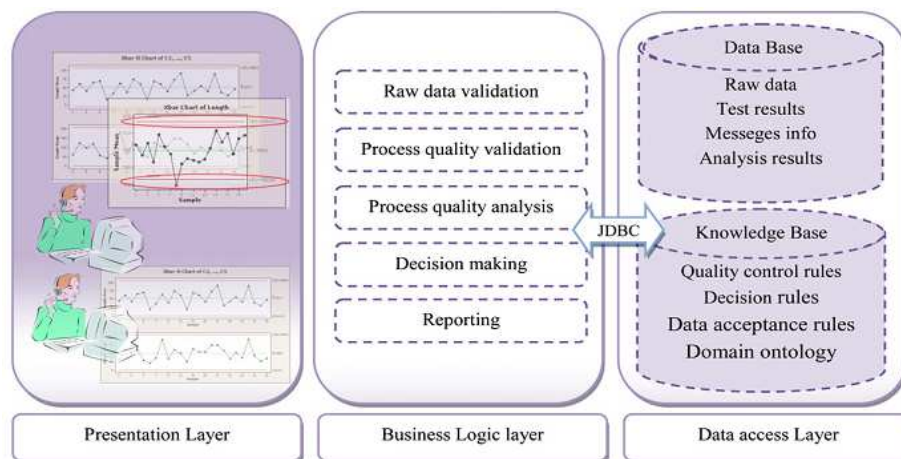
$$SIM = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3} \quad (1)$$

$$ALM = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3} \quad (2)$$

$$LSF = \frac{100CaO}{2.8SiO_2 + 1.1Al_2O_3 + 0.7Fe_2O_3} \quad (3)$$

### 3. معماری IMAQCS پیشنهادی

مدل پیشنهادی تحقیق حاضر، براساس معماری سه لایه است. همانطور که تصویر 2 نشان می دهد، در لایه نمایش، کاربران دارای دانش کم درباره مکانیسم سیستم، می توانند از طریق رابط کاربر به اپلیکیشن دسترسی داشته باشند. در حقیقت این لایه، رابط اجرای ابزار کیفیت است که توسط متخصصین طراحی شده اند. لایه نمایش تمام زیرسیستم های کارخانه، با طراحی رابط ها و جهت اجرای ابزار کنترل کیفی و دریافت دستورالعمل ضروری تحت پوشش قرار می گیرند. این لایه، لایه بیرونی است که توسط کارکنان خط تولید استفاده می شود.



تصویر 2. معماری IMAQCS مبتنی بر معماری سه لایه

در لایه منطق تجاری، تحلیل نتایج آزمون کیفیت و تصمیم گیریها صورت می گیرند. این لایه، نتیجه آزمونهای کیفیت را از لایه نمایش و از طریق پیام دریافت کرده و سپس، برای فرایندهای کنترل، آنها را تحلیل می کند. کنترل داده های خام و کیفیت فرایند، تحلیل کیفیت و تصمیم گیری برای بهبود فرایند، در این لایه صورت می گیرند.

در نهایت، در لایه دسترسی به پایگاه داده، پایگاه داده و دانش وجود دارد. در پایگاه داده، برخی داده ها همچون داده های خام، اطلاعات پیام، نتایج تست و تحلیل و دیگر اطلاعات ذخیره می شوند. در قوانین کنترل کیفی پایگاه دانش، هستی شناسی دامنه، قوانین پذیرش داده و قوانین تصمیم گیری ذخیره می شوند.

### 3.1 عوامل IMAQCS

عوامل استفاده شده در این سیستم، عوامل نرم افزاری می باشند که بصورت اپلیکیشن نرم افزاری توسعه یافته اند. در این معماری، ما به تعریف شش نوع عامل می پردازیم. عامل اجرایی ابزارهای کنترل کیفی QCTEA، عامل تحلیلگر کنترل کیفیت فرایند PQCA، عامل تصمیم گیر داخلی IDMA، عامل تصمیم گیر خارجی EDMA، عامل مدیریت داده محور DBMA و عامل مدیریت دانش محور KBMA. وظایف هر عامل در زیر به تفصیل بیان شده اند:

- عامل اجرایی ابزارهای کنترل کیفی QCTEA. این عامل را می توان در بخشهای مختلف کارخانه مستقر کرد. QCTEA همراه با بخشهای مربوطه، مسئول اجرای ابزارهای کنترل کیفی همچون سیس پک قابلیت، تحلیل

قابلیت، چارت کنترل و نمودار تقارن است. متخصصین کیفیت، به تعیین ابزارهای کنترل کیفی مناسب با هر بخش می پردازند که براساس شرایط بخشها، نوع داده ورودی و اهمیت کیفیت بررسی صورت می گیرد. این ابزارها در طراحی QCTEA استفاده می شوند.

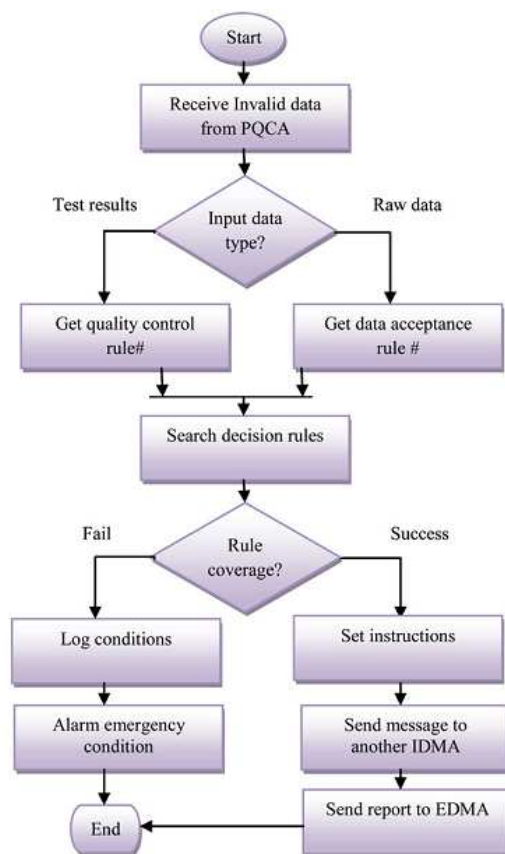
جدول 1. برخی قوانین پذیرش داده

Rule #	Data acceptance rule	Rule #	Data acceptance rule
1	$(88.6 \leq LSF \leq 92.6)$	5	$(\sigma(LSF) \leq 0.1)$
2	$(2.5 \leq SIM \leq 2.75)$	6	$(\sigma(SIM) \leq 0.1)$
3	$(1.3 \leq ALM \leq 2.5)$	7	$(\sigma(ALM) \leq 0.1)$
4	$(\sigma(CaCO_3) \leq 0.2)$	8	$(\sigma(CaO) \leq 0.1)$

جدول 2. مثالهایی از قوانین کنترل کیفیت

Rule #	Quality control rules
1	If there are $K$ points more than 3 standard deviations from center line then data is not valid
2	If $K$ points out of $k+1$ points greater than 2 standard deviations from center line then data is not valid

عامل تحلیلگر کنترل کیفیت فرایند PQCA، این عوامل، رابطه یک به یک با QCTEAها دارند. هر PQCA نتایج کیفی را از QCTEA مربوطه دریافت می کند. ابتدا متخصصین به تعریف برخی قوانین قابل دسترس از شرایط کنترل می پردازند. PQCA قوانین و دانش لازم را از KBMA دریافت می کند. سپس PQCA به تحلیل داده ها، براساس دانش خود می پردازد. این داده ها، حاصل دو گروه اصلی هستند: گروه اول داده ها، داده های خام می باشد و گروه دوم، نتیجه اجرای ابزارهای کیفیت می باشند. در مرحله اول، به ارزیابی تمام محدودیت های داده های خام می پردازد. بدین ترتیب، به بررسی برخی از قوانین پذیرش داده می پردازد که واقعا محدودیت می باشند. برخی نم ونه های این قوانین، در جدول 1 نشان داده شده اند. بعد از این، اگر داده های خام صحیح باشند، PQCA به QCTEA اجازه اجرای گراف های کنترل کیفی لازم را می دهد همچون سیکس پک قابلیت و چارت های X R-بار. در غیراینصورت، PQCA به IDMA اطلاع می دهد. وظیفه دوم PQCA، ارزیابی نتایج چارتهای اجرایی است. قوانینی که از KBMA دریافت شده اند، استفاده می شوند. برای مثال، جدول 2 برخی از قوانین کنترل کیفی را نشان می دهد. در هر دو موقعیت، اگر قوانین یا محدودیت ها نقض شوند، PQCA به IDMA خبر می دهد.



تصویر 3. فعالیت داخلی IDMA

جدول 3. برخی قوانین تصمیم گیری

Rule #	Decision rules
1	IF NOT between(LSF,88.6,92.6) AND greater than(LSF,92.6) THEN DecCaO
2	IF NOT between (SigLSF,0,0.1) AND greater than (SigLSF,0.1) THEN SamplesNotOk, resample
3	IF greater than (BrnFct,120) THEN IncKilnTemperature

- عامل تصمیم گیر داخلی IDMA. برای هر بخش، یک IDMA وجود دارد. ابتدا OQCAها به بررسی شرایط کنترل یا قوانین کیفیت فرایندها پرداخته و در صورتی که معتبر نباشند، نتایج را به IDMA ارسال می کند. سپس IDMA، براساس نتایج دریافتی از PQCAها، اولویت های استاندارد کیفیت، انواع داده های ورودی، قوانین استفاده شده توسط PQCA و دیگر شرایط، به جستجوی قوانین تصمیم گیری می پردازد. IDMA دانش خود درباره قوانین تصمیم گیری را به کمک KBMA تکمیل می کند. بعد از آن، اگر قانون تصمیم گیری تحت



پوشش بود، IDMA براساس قانون، دستورالعمل ها را تنظیم می کند. در نهایت، IDMA دستورالعمل ها را بصورت پیام به IDMA ارسال می کند که در بخش قبل مستقر است. فعالیت داخلی IDMA را در تصویر 3 نشان می دهیم. همانطور که در این تصویر می توان مشاهده نمود، اگر IDMA قانون مربوطه را نیابد، سیستم حالت فوریت اعلام می کند. در چنین موردی، متخصصین تصمیم گیری کرده و سپس این شرایط را به پایگاه دانش خود اضافه می کنند. ما 42 قانون تصمیم گیری ارائه می دهیم که به انبار، آسیاب مواد خام، سیلوی ماده خام و کولر کلینکر مربوط می باشند. مثالهایی از این قوانین در جدول 3 ارائه شده اند.

- عامل تصمیم گیر خارجی EDMA. برای تمام بخشهای کارخانه، تنها یک EDMA وجود دارد. این عامل تمام تصمیمات IDMA و شرایط معین تصمیم گیری را دریافت می کند. بعلاوه، EDMA به بررسی عملکرد هر بخش می پردازد. براساس شرایط و محدودیت های کنترل، که برای هر بخش تعیین شده اند، EDMA به تحلیل این ارزیابیها و طراحی راه حل طولانی مدت می پردازد. برای انجام این کار، EDMA از KBMA کمک می گیرد. بعد از آن، EDMA دستورالعمل های لازم را به بخشها ارسال می کند. EDMA از الگوریتم TOPSIS بعنوان اساس برنامه ریزی طولانی مدت بخشها استفاده می کند. هر بخش، ماتریس مشخصات فنی خود را دارد. این ماتریس ها و خصوصیات خروجی هر بخش، در الگوریتم TOPSIS جهت تصمیم گیری استفاده می شوند.

- عامل مدیریت داده محور DBMA. در IMAQCS پیشنهادی، برای هر بخش، یک DBMA وجود دارد. برای حفظ امنیت دسترسی به پایگاه داده، به تعریف DBMA می پردازیم. DBMA دسترسی مستقیمی به پایگاه داده دارد. در حقیقت، این عامل یک رابط بین پایگاه داده و عوامل دیگر است. این عامل مسئول مدیریت پایگاه داده و خدمت رسانی به درخواست های دیگر عوامل است. در پایگاه داده، جداولی وجود دارند که داده های خام، نتایج آزمون، پیام ها و برخی اطلاعات دیگر را ذخیره می کنند. DBMA به مدیریت این جداول می پردازد. عوامل دیگر IMAQCS از طریق DBMA به این داده ها دسترسی دارد.

- عامل مدیریت دانش محور KBMA. در IMAQCS پیشنهادی ما، یک KBMA در هر بخش وجود دارد. ابتدا متخصصین به تعریف قوانین لازم، دانش و استانداردهای دانش محوری پردازند. KBMA به مدیریت جداولی می پردازد که در پایگاه دانش وجود دارند. عوامل دیگر IMAQCS، از طریق KBMA به پایگاه دانش دسترسی دارند.

#### جدول 4. عناصر قوانین ارزش

Elements	Value
P	$\{p_1, \dots, p_n\}$ is a set of value rules
S	$\{s_1, \dots, s_n\}$ is a set of states
A	$\{a_1, \dots, a_k\}$ is a set of joint actions of $k$ agents

#### جدول 5. عناصر قوانین ارزش

	Value
Roles	M = {executor, analyzer, decision maker, data manager}
Actions	A = {run-charts, check-limitations, check-result, get-data, get-constraint, analyze-data, run-decision-algorithm, set-instructions}
States	S = {stable, invalid data, unstable, emergency}

#### جدول 6. برخی قوانین ارزش

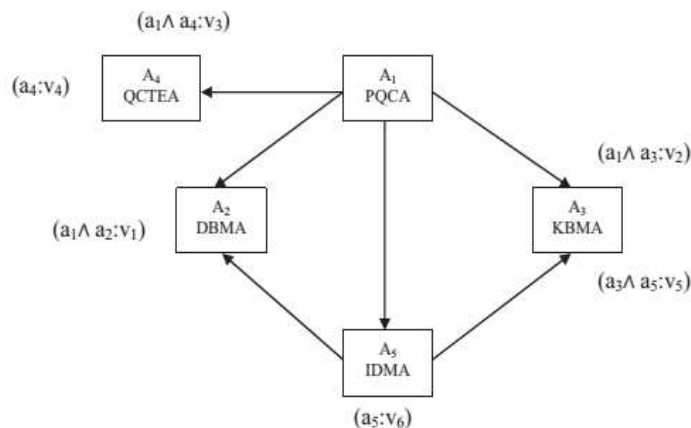
#	Value rules
1	$\langle\langle P_1 \rangle^{\text{analyzer}}; \text{stable} \wedge a_1 = \text{check-limitations}(\text{raw-data}) \wedge a_2 = \text{get-data}(\text{data-id}):v_1\rangle$
2	$\langle\langle P_2 \rangle^{\text{analyzer}}; \text{stable} \wedge a_1 = \text{check-result}(\text{results}) \wedge a_3 = \text{get-constraint}():v_2\rangle$
3	$\langle\langle P_3 \rangle^{\text{analyzer}}; \text{stable} \wedge a_1 = \text{analyze-data}() \wedge a_4 = \text{run-charts}():v_3\rangle$
4	$\langle\langle P_4 \rangle^{\text{executor}}; \text{stable} \wedge a_4 = \text{run-charts}():v_4\rangle$
5	$\langle\langle P_5 \rangle^{\text{decision maker}}; \text{unstable} \wedge a_3 = \text{get-constraint}() \wedge a_5 = \text{run-decision-algorithm}():v_5\rangle$
6	$\langle\langle P_6 \rangle^{\text{decision maker}}; \text{emergency} \wedge a_5 = \text{set-instructions}():v_6\rangle$

3.2 طبق فرایند تولید سیمان، IMAQCS باید به نظارت و کنترل کیفیت فرایندهای تولید، از طریق بخشهای

مختلف پردازد. بنابراین، عوامل نیازمند تعامل با همدیگر در میان بخشها هستند. برای کنترل تعاملات بین ادارات و اجرای عملکرد بهینه، باید به مکانیسم هماهنگی توجه کرد. ما از نمودار هماهنگی خاص برای نمایش هماهنگی و وابستگی بین عوامل استفاده می کنیم. ما به تعریف مجموعه قوانین ارزش می پردازیم. در حقیقت، قانون ارزش  $\langle p = \langle s = a: v_i \rangle$  نشان می دهد که زمانی ارزش با  $V$  برابر است که حالت جاری،  $S$  باشد و عوامل اقدام مشترک  $a$  را اجرا کنند. عناصر قانون ارزش را که در جدول 4 آمده اند تعریف می کنیم.

بعلاوه، از روش یادگیری  $Q$  خاص طبق [28] برای یادگیری سیاست بهینه استفاده می کنیم. نقش  $\text{tuple } \langle m, P_m, r_{i,m} \rangle$  است که در آن  $m \in M$ ؛ هویت قانون است،  $P_m$  مجموعه قوانین ارزش مربوط به نقش  $m$  بوده و  $r_{i,m}$  تابع پتانسیلی است که تعیین می کند عامل  $i$  برای نقش  $m$  در وضعیت فعلی، به چه میزان مناسب

است. براساس این روش، ما ابتدا به تعریف قوانین ارزش برای هر نقش پرداخته و سپس نقش عوامل راتعیین می کنیم. در IMAQCS، به تعریف نقش ها، عملها و حالات گزارشی در جدول 5 می پردازیم.



تصویر 4. بخشی از گراف هماهنگی پنج عامل در IMAQCS

قوانین ارزش را در گراف هماهنگی ایجاد می کنیم. جدول 6، قوانین ارزش ما را نشان می دهد. تصویر 4، بخشی از گراف هماهنگی در IMAQCS را نشان می دهد.

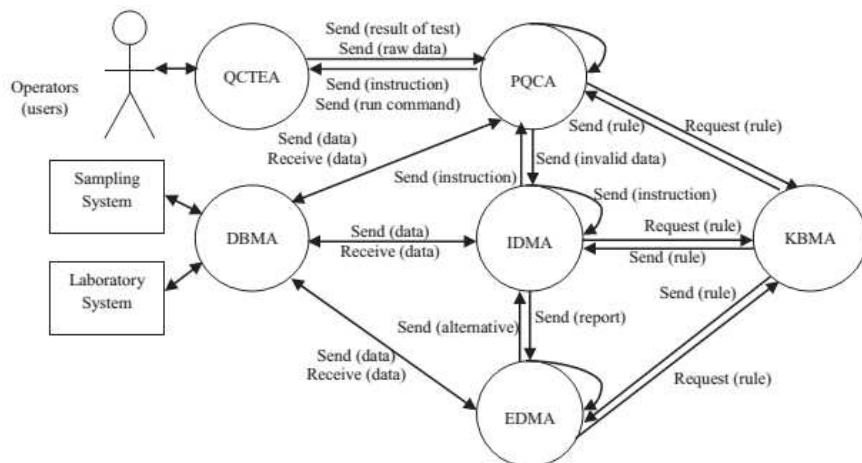
برخی از قوانینی که در بالا بیان شده اند، در گراف هماهنگی نشان داده شده اند. الگوریتم هماهنگی برای هر تکرار یا اجرا، اعمال شده است. ساختار هماهنگی بین عوامل، به وضعیت فعلی سیستم و مجموعه اقدامات تعریف شده بستگی دارد. بنابراین، در هر تکرار، عوامل از اقدامات از قبل تعریف شده برای تعامل با دیگران استفاده می کنند.

بعلاوه، زمانی که تعداد عوامل افزایش می یابد، فضای کنش مشترک افزایش می یابد. ما از الگوریتم یادگیری Q خاص و مبتنی بر نقش که در [28] برای کاهش فضای کنش مشترک معرفی شده است، استفاده می کنیم. با کمک این الگوریتم، ابتدا تعیین نقش اجرا می شود و سپس، حذف متغیر VE برای تعیین کنش مشترک بهینه استفاده می شود. بدین طریق، می توانیم IMAQCS را در زمان کوتاهتر و بدون هیچ اقدام دیگر اجرا کنیم.

### 3.3 تحلیل و طراحی IMAQCS

برخی متدلوژیها برای توسعه سیستم های چندعملی از جمله [29-34] وجود دارند. همچنین، متدلوژیهایی که در بالا ذکر شده اند، براساس متدلوژیهای عامل محور بوده و مرحله تحلیلی آنها دارای ماهیت ژنریک می باشد؛

آنها تلاش دارند تا تحلیل شیء محور و متدلوژیهای طراحی را با طراحی عامل محور تطبیق دهند. بنابراین، از متدلوژی پیشنهادی در [34] استفاده می کنیم. متدلوژی انتخابی، برای تحلیل و طراحی چرخه عمر توسعه نرم افزار مبتنی بر عامل، با استفاده از سکوی JADE رسمی شده است. این متدلوژی بر عوامل و انتزاع ارائه شده توسط پارادایم عاملی تاکید دارد. این متدلوژی به ترکیب رویکردهای بالا به پایین و پایین به بالا می پردازد تا اینکه هر دو قابلیت سیستم موجود و نیازهای کلی اپلیکیشن ها را بتوان در نظر گرفت.



تصویر 5. نمودار عامل

جدول 7. جدول مسئولیت برای PQCA

Agent type	#	Responsibilities
PQCA	1	Receives notification of fetching raw data from QCTEA.
	2	Requests data from DBMA.
	3	Tests the control limitation of data associated with its embedded knowledge.
	4	Orders QCTEA to execute charts if the raw data is within an acceptable region.
	5	Receives notification of executing quality control charts from QCTEA.
	6	Evaluates results of quality control charts based on its embedded knowledge.
	7	Requests additional rules from KBMA if are required.
	8	Receives notification of instructions from IDMA.
	9	Orders QCTEA to do new instruction.

نمودار عامل را برای IMAQCS که در تصویر 5 نشان داده شده است، مدلسازی می کنیم. در این نمودار، انواع عامل حقیقی توسط دایره هایی نشان داده شده اند. مردمی که باید با سیستم تعامل داشته باشند، با نماد کنشگر

UML نشان داده می شوند. سیستم های خارجی که باید با سیستم تحت توسعه تعامل داشته باشند، با مربع نشان داده می شوند. می توان ملاحظه نمود که در این مدل، دو سیستم خارجی مرتبط با IMAQCS وجود دارند؛ سیستم نمونه گیری که خروجی هر بخش را نمونه گیری می کند و سیستم آزمایشگاهی، که ترکیبات شیمیایی مواد را تعیین می کند.

جهت مشخص کردن مسئولیت هر عامل، جدول مسئولیت را برای تمام عوامل IMAQCS ارائه می دهیم. جدول 7، جدول مسئولیت PQCA را بعنوان مثال نشان می دهد.

### 3.4 ارتباط عاملی

ارتباط عاملی، شکلی از تعامل است که رابطه میان عوامل را بیان می دارد. در این قسمت، به نقش ارتباط، به هنگام ارسال پیام از فرستنده به گیرنده توجه داریم. محتوای پیام با فرستنده و به کمک زبانهای رمزگذاری شده است که توسط گیرنده رمزگشایی خواهند شد. در این مقاله، از مشخصات ارتباطی عامل FIPA استفاده می کنیم که به پیام های زبان ارتباط عاملی ACL، پروتکل های تعامل پیام و نمایش زبان محتوایی می پردازند. از زبان محتوایی FIPA SL استفاده می کنیم که زبان محتوایی رمزگذاری شده و قابل خواندن توسط انسان است. برای ادامه طرح خود، پروتکل های تعامل را برای تمام مسئولیت های هر عامل تعیین می کنیم که به عامل دیگر مربوط می باشند. جدول 8، نشان می دهد که چگونه جدول تعامل می تواند به جستجوی PQCA بپردازد. همانگونه که قبلا ذکر کردیم، از پروتکل های تعامل FIPA برای ارتباط میان عوامل IMAQCS استفاده می کنیم.

### 3.5 پیاده سازی عامل

در این مقاله از JADE بعنوان سکوی طراحی عاملی استفاده می کنیم. JADE چارچوب نرم افزاری است که پیاده سازی سیستم های چندعاملی را ساده می سازد. علاوه بر طراحی هستی شناسی، از [35] Prote'ge' استفاده می کنیم. این ابزار، مناسب هستی شناسی است. بعلاوه از Jes Tab استفاده می کنیم که موتور قانون برای سکوی جاوا، جهت تولید قوانین برپایه دانش است. تصویر 6 نمونه ای از قوانین Prote'ge' با کمک Jes Tab است. برای ایجاد و استفاده از هستی شناسی، از مولد Bean در محیط Prote'ge' استفاده می کنیم. با این کار، هستی شناسی دامنه به کلاس جاوا انتقال می یابد.

## جدول 8. پروتکل های تعاملی برای PQCA

Responsibility #	IP (interaction protocol)	Role (responder/initiator)	With
1	FIPA Request IP	R	QCTEA
2	FIPA Query IP(Query-ref)	I	DBMA
4	FIPA Request IP	I	QCTEA
7	FIPA Query IP(Query-ref)	I	KBMA
8	FIPA Request IP	R	IDMA
9	FIPA Request IP	I	QCTEA

همانگونه که قبلاً ذکر شد، در این تحقیق، از فرمت پیام ACL و زبان محتوایی FIPA SL استفاده شد. تصویر 7، نمونه ای از محتوای پیام ماست. در این مثال، PQCA با استفاده از "CEMENT\_ONTOLOGY" پیامی به QCTEA ارسال می کند که نمودار قابلیت فرایند را اجرا کرده و نتایج را در متغیرها تنظیم می کند.

### 4. آزمایش و تایید IMAQCS

در این تحقیق، مدل مبتنی بر عامل برای کنترل کیفیت فرایند پیشنهاد شده است. ما 42 قانون را برای بخشهای انبار، آسیاب مواد خام، سیلوی مواد خام و کولر کلینکر تولید می کنیم. این قوانین طبق DAG ارائه شده اند. در این بخشها، محصول به شکل سیمان درنیامده است. قوانین کیفیت سیمان، متفاوت از قوانین کیفیت فرایند سیمان است و این در محدوده اثر ما نیست. معیارهای پوشش قانون محور، برای بررسی این مسئله اعمال شده اند که آیا قوانین تمام موارد را پوشش می دهند یا نه. بنابراین، هیچ شرایط عدم پوشش در طول آزمایشها را مشاهده نکرده ایم.

برای ارزیابی عملکرد IMAQCS، IMAQCS را در کارخانه های حقیقی مستقر کرده و اثربخشی و بازده مدل خود در فرایند سیمان را ارزیابی کردیم. IMAQCS در دو کارخانه با خط تولید سیمان پورتلند نوع 1-325، 1-425 برای 60 روز متوالی اجرا شد. به خاطر کاهش اثرات دیگر عوامل بر ارزیابیهای ما، به بررسی دوره کوتاه زمانی (60 روز) جهت آزمون سیستم می پردازیم. بنابراین، نوسانات کم و شرایط مشابه بیشتری برای واحدهای تولید وجود خواهد داشت.

```
(Defrule CHECK_BURNING_TEMPERATURE
(Object (is-a CLINKER)(BURNING_FACTOR_VALUE? BF& (<=? BF 120)|(>=? BF 126)))
?f<-(object (is-a CEMENT_EMERGENCY_CONDITION))
=> (slot-set? f EMERGENCY_TYPE_NAME "burning factor"))
```

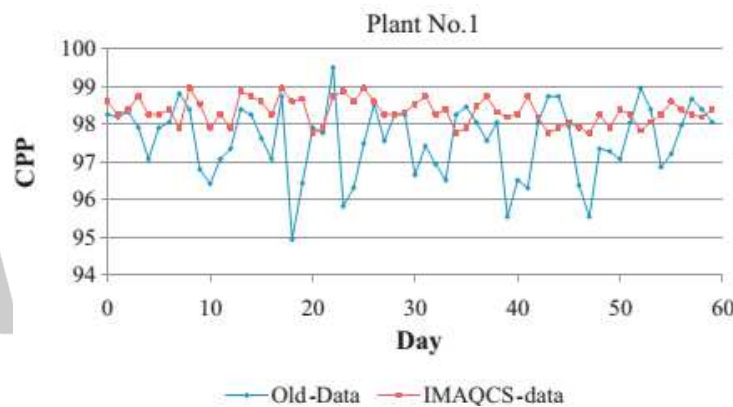
تصویر 6. تعریف قانونین در Jess Tab

```

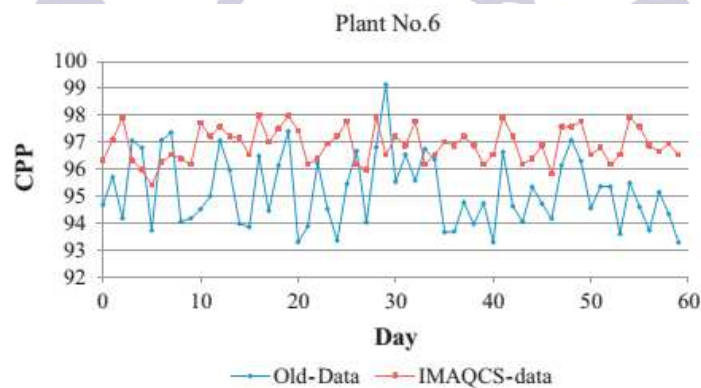
(request :sender (agent-identifier :name PQCA@192.168.1.2:1099)
:receiver (set (agent-identifier :name QCTEA@192.168.1.3:1099))
:communicative act request
:content "" ((action
(agent-identifier :name QCTEA@192.168.1.2:1099)
( (run_charts(data_id);
(set-result(PROCESS-CAPABILITY_TEST_REQ : LSL ?lsl
: SAMPLE_MEAN ?sample_mean:STDEV ?stdev))))))
:language FIPA-SL
:ontology CEMENT_ONTOLOGY
:protocol FIPA Request
:reply-with query2)

```

تصویر 7. مثالی از تبادل پیام بین PQCA, QCTEA



تصویر 8. مقایسه عملکرد تولید سیمان در کارخانه شماره 1



تصویر 9. مقایسه عملکرد تولید سیمان در کارخانه شماره 6

Average of CPP	Plant No. 1	Plant No. 6
Old approach	97.60%	95.20%
IMAQCS approach	98.34%	96.90%

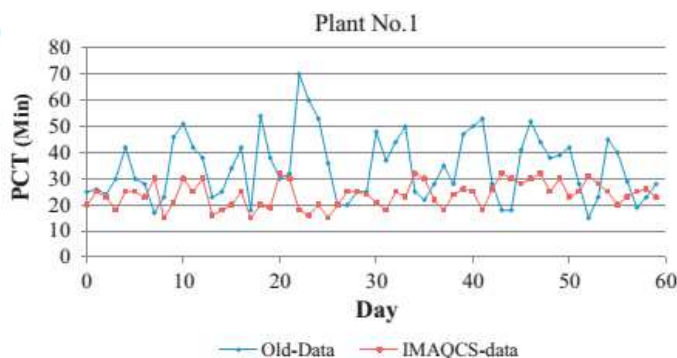
جدول 9. مقایسه مقادیر میانگین CPP در دو کارخانه



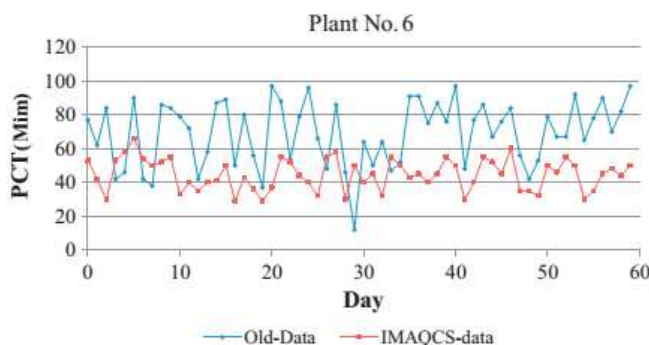
در کارخانه شماره 1 و کارخانه شماره 6، 3000 و 4000 تن سیمان روزانه تولید می شود. بنابراین، با اصلاح فرایند، در خط تولید زمان تلف میشود. در این تحقیق به مقایسه شرایط فعلی کارخانه سیمان با شرایط IMAQCS مستقر می پردازیم. این روش، ما را قادر به بررسی فرایند تولید سیمان در دو رویکرد، خط تولید با استقرار IMAQCS و بدون آن می سازد. ابتدا به ارزیابی سیمان کم کیفیت تولیدی در طول روز و با روش قدیمی در دو خط تولید می پردازیم. سپس، به ارزیابی میزان سیمان کم کیفیت، با استقرار IMAQCS در خطوط تولید می پردازیم. ما به تعریف عملکرد تولید سیمان CCP جهت تعیین اثربخشی سیستم می پردازیم. بعلاوه، در کنار ثبت این داده ها، به ارزیابی زمان اصلاح فرایند PCT برای هر خطایی می پردازیم که روزانه روی می دهد. در نهایت، با استفاده از سیمان کم کیفیت، به محاسبه صرفه جویی در هزینه می پردازیم. معادله زیر، ارزش CCP را در روزی نشان می دهد که  $i$  تعداد روزها را مشخص می کند

$$CPP_i = \frac{CPC(\text{cement production capacity}) - LQC_i(\text{low quality cement})}{CPC} \times 100$$

بعلاوه، ارزش CCP در طول 60 روز برای دو روش اجرایی دو کارخانه، در تصاویر 8 و 9 نشان داده شده اند. معلوم است که ارزش CPP در خط تولید دارای IMAQCS افزایش یافته است.



تصویر 10. مقایسه زمان فرایند اصلاح در کارخانه شماره 1





تصویر 11. مقایسه زمان فرایند اصلاح در کارخانه شماره 6

مقادیر میانگین CPP برای 60 روز در این دو مورد، در جدول 9 ارائه شده است. این نتایج نشان می دهند که می توانیم عملکرد تولید سیمان را با استفاده از IMAQCS افزایش دهیم. همچنین، به محاسبه جمع PCT به ازاء هر روز در دور روش مذکور می پردازیم. تصاویر 10 و 11، داده های PCT بازاء هر روز را نشان می دهند.

این آزمایشات نشان می دهند که مقادیر PCT با استفاده از IMAQCS در خطوط تولید کاهش یافته اند. جدول 10 میانگین PCT برای 60 روز در دو کارخانه را نشان می دهد.

بسته به تعداد خطاهایی که در هر کارخانه روی می دهد، میانگین مقدار PCT متفاوت است. اما بطور کلی، زمان اصلاح کوتاهتر خواهد بود.

جدول 10. مقایسه مقادیر میانگین PCT در دو کارخانه

Average of PCT (min)	Plant No. 1	Plant No. 6
Old approach	34.4	69.0
IMAQCS approach	23.8	44.6

جدول 11. آزمون t برای PCT

Plant no.	t	Degree of freedom	Sig. (2-tailed)	Mean difference	95% difference confidence interval	
					Lower	Upper
1	-5.796	59	.000	-10.53	-14.169	-6.896
6	-9.618	59	.000	-24.40	-29.483	-19.328

جدول 12. آزمون t برای CPP

Plant no.	t	Degree of freedom	Sig. (2-tailed)	Mean difference	95% difference confidence interval	
					Lower	Upper
1	5.57	59	.000	0.74	0.47	1.00
6	9.61	59	.000	1.69	1.34	2.04

جدول 13. هزینه سیمان با کیفیت پایین برای 60 روز در دو کارخانه

LQC	Plant No. 1	Plant No. 6
Old approach	4315.28	11504.7
IMAQCS approach	2983.33	7438.7
Total cost saving	$(4315.28 - 2983.33) \times 39.9\$ = 531445\$$	$(11504.7 - 7438.7) \times 41.5\$ = 168739\$$

برای اثبات ادعای خود، از آزمون تی جفتی نمونه‌ها استفاده می‌کنیم. در این آزمون، فرض می‌کنیم که هیچ تفاوت معنی‌داری بین میانگین مقادیر PCT روش قدیمی و روش IMAQCS وجود ندارد. مقادیر PCT هر دو روش در طول 60 روز متوالی تست شده‌اند. نتایج در جدول 11 ارائه شده‌اند. می‌توان استنباط کرد که در سطح معنی‌داری  $\alpha = 0.05$ ، در میانگین شاخص PCT هر دو روش، تفاوتی وجود دارد. این آزمون آماری برای PCT هر دو کارخانه صورت گرفته است. جدول 12، نتیجه آزمون را نشان می‌دهد. می‌توان به این نتیجه رسید که در  $\alpha = 0.05$ ، تفاوت معنی‌داری در میانگین CPP دو روش وجود دارد.

بعلاوه، محاسبه کرده‌ایم که صرفه‌جویی در هزینه، توجیه اقتصادی مدل ما را نشان دهد. براساس مقادیر سیمان کم کیفیت تولیدی به دو روش در کارخانه‌های شماره 1 و شماره 6، می‌توانیم تاثیر مالی IMAQCS را برآورد کنیم. این محاسبه در جدول 13 ارائه شده است.

از آنجاییکه فرایند تولید سیمان در طول عملیات اصلاح را نمی‌توان متوقف کرد، معمولاً سیمان تولید شده در این زمان، نامطلوب است. بنابراین، سیمان کم کیفیت، بندرت در بازار استفاده می‌شود. در نتیجه، کاهش مقدار سیمان کم کیفیت، تاثیر مستقیمی بر صرفه‌جویی در هزینه‌ها دارد. همچنین، این وضعیت به صرفه‌جویی در منابع دیگر کارخانه همچون سوخت کوره و برقی منجر می‌شود که در این تحقیق به آنها اشاره نشده است.

## 5. نتیجه‌گیری

در این تحقیق، از طراحی عامل محور برای مقابله با مشکلات فرایندهای تولید سیمان استفاده می‌کنیم. ما با کنترل فرایند اصلاح، بر بهبود کیفیت فرایندهای سیمان تمرکز می‌کنیم. همچنین، اثربخشی و بازده IMAQCS ارزیابی می‌شود. برای ارزیابی اثربخشی سیستم، از CPP استفاده کرده و نشان می‌دهیم که چگونه IMAQCS باعث بهبود CPP می‌شود. برای نمایش بازده، از PCT و تاثیر مالی سیستم استفاده می‌کنیم. بعلاوه، ما با استفاده از داده‌های سیمان کم کیفیت و قیمت سیمان، صرفه‌جویی در هزینه کارخانجات را برآورد می‌کنیم.

کنیم. بنابراین، نشان می دهیم که IMAQCS می تواند عملکرد کارخانه سیمان را افزایش دهد. باید توجه داشت که IMAQCS حاوی قوانین خاصی برای بخشهای داخلی فرایند سیمان است. درواقع، برای استقرار چنین سیستمی در صنایع دیگر، قوانین باید اصلاح شوند. مشارکت اصلی این مقاله، بصورت زیر است:

- IMAQCS با کمک چارچوب عامل محور، میتواند ساختار پیچیده کارخانه سیمان را جهت مقابله با نظارت و اصلاح فرایندها، کنترل کند.

- IMAQCS از مکانیسم کنترل کیفیت قانون محور استفاده می کند که بعد از وقوع خطا همچون روش کنترل کیفیت آنلاین عمل می کند.

- معیارهای اثربخشی و بازده، قابلیت سیستم ما را ثابت می کنند.

مسائل دیگری در این مقاله مطرح شده اند. یکی از این مسائل این است که تکنیک های داده کاوی همچون روش خوشه بندی، به کاهش زمان اجرای سیستم اجازه می دهند. قوانین فازی را می توان به قوانین جایگزین اعمال کرد. این نوع قانون می تواند شرایط غیرقطعی کارخانه را مهار کند.

## References

- [1] F. Tsung, Improving automatic-controlled process quality using adaptive principal component monitoring, *Quality and Reliability Engineering International* 15 (2) (1999) 135-142.
- [2] S. Wu, in: D. Liu, H. Zhang, M. Polycarpou, C. Alippi, H. He (Eds.), *Intelligence Statistical Process Control in Cellular Manufacturing Based on SVM* Advances in Neural Networks - ISNN 2011, Springer, Berlin, Heidelberg, 2011, pp. 113-120.
- [3] J. Yu, L. Xi, X. Zhou, Intelligent monitoring and diagnosis of manufacturing processes using an integrated approach of KBANN and GA, *Computers in Industry* 59 (5) (2008) 489-501.
- [4] V. Uraikul, C.W. Chan, P. Tontiwachwuthikul, Artificial intelligence for monitoring and supervisory control of process systems, *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 20 (2) (2007) 115-131.
- [5] K. Morsli, A.G. De La Torre, S. Stöber, A.J.M. Cuberos, M. Zahir, M.A.G. Aranda, Quantitative phase analysis of laboratory-active belite clinkers by synchrotron powder diffraction, *Journal of the American Ceramic Society* 90 (10) (2007) 3205-3212.
- [6] N.V.Y. Scarlett, I.C. Madsen, C. Manias, D. Retalack, On-line X-ray diffraction for quantitative phase analysis: application in the Portland cement industry, *Powder Diffraction* 16 (02) (2001) 71-80.
- [7] A.G. De la Torre, M.A.G. Aranda, Accuracy in Rietveld quantitative phase analysis of Portland cements, *Journal of Applied Crystallography* 36 (5) (2003) 1169-1176.
- [8] D. Tsamatsoulis, Modeling of raw material mixing process in raw meal grinding installations, *WSEAS Transactions on Systems and Control* 5 (10) (2010) 779-791.
- [9] D. Tsamatsoulis, Modeling of cement milling process based on long term industrial data, in: *Proceedings of the 15th WSEAS International Conference on Systems, World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS)*, Corfu Island, Greece, (2011), pp. 86-93.
- [10] C. Christine W, An expert decision support system for monitoring and diagnosis of petroleum production and separation processes, *Expert Systems with Applications* 29 (1) (2005) 131-143.
- [11] I. Mahdavi, B. Shirazi, N. Cho, N. Sahebjamnia, S. Ghobadi, Modeling an e-based real-time quality control information system in distributed manufacturing shops, *Computers in Industry* 59 (8) (2008) 759-766.
- [12] H. Van Brussel, J. Wyns, P. Valckenaers, L. Bongaerts, P. Peeters, Reference architecture for holonic manufacturing systems: PROSA, *Computers in Industry* 37 (3) (1998) 255-274.
- [13] I. Seilonen, T. Piirtioja, K. Koskinen, Extending process automation systems with multi-agent techniques, *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 22 (7) (2009) 1056-1067.
- [14] L.-C. Wang, S.-K. Lin, A multi-agent based agile manufacturing planning and control system, *Computers & Industrial Engineering* 57 (2) (2009) 620-640.
- [15] P. Farahwash, T.O. Boucher, A multi-agent architecture for control of AGV systems, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 20 (6) (2004) 473-483.
- [16] T. Borangiu, P. Gilbert, N.-A. Ivanescu, A. Rosu, An implementing framework for holonic manufacturing control with multiple robot-vision stations, *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 22 (4-5) (2009) 505-521.

- [17] M. Wang, H. Wang, D. Vogel, K. Kumar, D.K.W. Chiu, Agent-based negotiation and decision making for dynamic supply chain formation, *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 22 (7) (2009) 1046–1055.
- [18] M.K. Lim, Z. Zhang, A multi-agent based manufacturing control strategy for responsive manufacturing, *Journal of Materials Processing Technology* 139 (1–3) (2003) 379–384.
- [19] P. Hanafizadeh, M.H. Sherkat, Designing fuzzy-genetic learner model based on multi-agent systems in supply chain management, *Expert Systems with Applications* 36 (6) (2009) 10120–10134.
- [20] W. Shen, Q. Hao, H.J. Yoon, D.H. Norrie, Applications of agent-based systems in intelligent manufacturing: An updated review, *Advanced Engineering Informatics* 20 (4) (2006) 415–431.
- [21] T. Heikkilä, M. Kollingbaum, P. Valckenaers, G.-J. Bluemink, An agent architecture for manufacturing control: manAge, *Computers in Industry* 46 (3) (2001) 315–331.
- [22] G. Maione, D. Naso, A soft computing approach for task contracting in multi-agent manufacturing control, *Computers in Industry* 52 (3) (2003) 199–219.
- [23] Y. Sun, N.H. El-Farra, Quasi-decentralized model-based networked control of process systems, *Computers & Chemical Engineering* 32 (9) (2008) 2016–2029.
- [24] S.C. Feng, K.A. Stouffer, K.K. Jurrens, Manufacturing planning and predictive process model integration using software agents, *Advanced Engineering Informatics* 19 (2) (2005) 135–142.
- [25] B. Behdani, Z. Lukszo, A. Adhitya, R. Srinivasan, Performance analysis of a multi-plant specialty chemical manufacturing enterprise using an agent-based model, *Computers & Chemical Engineering* 34 (5) (2010) 793–801.
- [26] M.-C. Lin, C.-C. Wang, M.-S. Chen, C.A. Chang, Using AHP and TOPSIS approaches in customer-driven product design process, *Computers in Industry* 59(1) (2008) 17–31.
- [27] C. Guestrin, S. Venkataraman, D. Koller, Context-specific multiagent coordination and planning with factored MDPs, in: *Eighteenth national conference on Artificial Intelligence*, American Association for Artificial Intelligence, Edmonton, Alberta, Canada, 2002, pp. 253–259.
- [28] D.-W. Jiang, S.-Y. Wang, Y.-S. Dong, Role-based Context-specific Multiagent Q-learning, *Acta Automatica Sinica* 33 (6) (2007) 583–587.
- [29] M. Wooldridge, N.R. Jennings, D. Kinny, The Gaia methodology for agent-oriented analysis and design, *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems* 3 (3) (2000) 285–312.
- [30] F. Zambonelli, N.R. Jennings, M. Wooldridge, Developing multiagent systems: the Gaia methodology, *ACM Transactions of Software Engineering Methodology* 12 (3) (2003) 317–370.
- [31] G. Caire, W. Coulier, F.J. Garijo, J. Gomez, J. Pavon, F. Leal, P., Chainho, P.E., Kearney, J., Stark, R., Evans, P. Massonet, Agent Oriented Analysis Using Message/UML, in: *Revised Papers and Invited Contributions from the Second International Workshop on Agent-Oriented Software Engineering II*, Springer-Verlag, 2002, pp. 119–135.
- [32] L. Xiong, C. Wei, Z. Zhenkun, H. Zekai, G. Jing, Modeling for robotic soccer simulation team based on UML, in: *Proceedings of the 2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering – Volume 01*, IEEE Computer Society, 2008, pp. 192–195.
- [33] M. Cossentino, N. Gaud, V. Hilaire, S. Galland, A. Koukam, ASPECS: an agent-oriented software process for engineering complex systems, *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems* 20 (2) (2010) 260–304.
- [34] M. Nikraz, G. Caire, P.A. Bahri, A Methodology for the analysis and design of multi-agent systems using JADE, *International Journal of Computer Systems Science and Engineering* (2006).
- [35] N. Noy, R. Ferguson, M. Musen, in: R. Dieng, O. Corby (Eds.), *The Knowledge Model of Protégé-2000: Combining Interoperability and Flexibility*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2000, pp. 69–82.
- [36] V. Barr, Rule-base coverage analysis applied to test case selection, *Annals of Software Engineering* 4 (1) (1997) 171–189.



برای خرید فرمت ورد این ترجمه، بدون واتر مارک، اینجا کلیک نمایید.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی