

تشکیل بانک اطلاعات سینتیک فرایندها

سید خطیب‌الاسلام صدرنژاد (استاد)

ابراهیم نجفی (دانشجوی کارشناسی)

چکیده

نرم افزار KDM تحت سیستم عامل Windows برای جمع آوری، دسته بندی و بازیابی اطلاعات سینتیکی فرایندها طراحی و ساخته شده است. داده‌های تجربی و نظری مجلات، اختراعات و کتب علمی از طریق جستجوی منابع کتابی، دیسکهای نوری، بانکهای اطلاعات علمی و بازدید مستقیم جمع آوری و در پایگاه داده‌ها ضبط شده است. نرم افزار KDM، امکان دسترسی به اطلاعات سینتیک فرایند را بطور آسان، کامل و استاندارد فراهم ساخته و می‌تواند راهگشایی توانمند برای مهندسين طراح و محققين فرایندهای سینتیکی محسوب شود. تکمیل اطلاعات هم از طریق ثبت داده‌های جدید و هم به روش تصحیح داده‌های موجود قابل انجام بوده و بهره‌گیری و اتصال به نرم افزارهای محاسباتی دیگر مانند CRS، CKS و MKS برای محک زدن داده‌های ثبت شده در منابع علمی امکان پذیر است. تطابق داده‌ها، تناقضهای موجود در منابع اطلاعات سینتیکی را آشکار ساخته و تحقیقات جدید در سطح مرزهای دانش را تسهیل می‌نماید. نرم‌افزار KDM ابزار مفیدی است برای گسترش پژوهشهای کاربردی در باره فرآوری، تولید و بکارگیری مواد و محاسبات مربوط به بهینه سازی فرایندها.

کلمات کلیدی: سینتیک، شبیه سازی، استاندارد سازی، فرایند، بانک اطلاعات سینتیکی

مقدمه

کمبود نرم‌افزارهای سینتیکی توانمند با هدف پاسخگویی به نیازهای مقدماتی محققین و طراحان، سالهاست که در محافل علمی مرتب مطرح می‌شود [۱]. در خلال این سالها، تنها چند نرم افزار کاملاً تخصصی برای ساده سازی محاسبات ضروری، وقت‌گیر و خسته کننده سینتیکی با هدف تشخیص معادله سرعت و مکانیزم فرایندها ارائه شده که هر کدام دارای ویژگیها و محدودیتهای خاص خود هستند. از آن جمله می‌توان به نرم‌افزارهای CRS [۲]، CKS [۳]، CRMS [۴] و MKS [۵] اشاره کرد که همگی تحت سیستم عامل DOS عمل کرده و با هدف تولید اطلاعات سینتیکی ساخته شده‌اند.

در همین مدت، نرم افزارهای اطلاع رسانی متعددی در سطح جهان طراحی و ساخته شده و سیستمهای رایانه‌ای پر قدرت و متکاملی بوجود آمده که بکارگیری آنها، نه تنها می‌تواند باعث افزایش سرعت محاسبات پیچیده و زمانبر سینتیکی شود، بلکه بهبود شیوه‌های محاسباتی را نیز می‌تواند به همراه داشته باشد. تحول در سیستمهای عامل و پیشرفت در متدهای برنامه نویسی، توسعه روشهای ابتکاری و خلاق در نظامهای مهندسی را امروز بخوبی فراهم ساخته و توان خارق‌العاده‌ای را برای توسعه تفکر و افزایش دسترسی به ارمغان آورده است. بطوریکه تلاش برای دستیابی به حوائج اولیه زندگی، بدون بکارگیری شیوه‌های جدید و سیستمهای پیشرفته، هوشمند و سریع اطلاع رسانی تقریباً دیگر منطقی بنظر نمی‌رسد.

نرم افزارهای ساخته شده در مورد سینتیک واکنشها، تاکنون بسیار محدود و انحصاری بوده‌اند. برای مثال، نرم افزار SMAK که



توسط محققین مرکز تحقیقات مواد معدنی برای پیروماتالورژی بمنظور محاسبه مقدار واکنشهای تصفیه در فرایندهای تولید فلز ساخته شده [۶]، از محدودیتهای فراوانی از جمله نحوه محاسبه سرعت تحولات بین فلزی، رنج می برد [۱].

نرم افزار CRS [۲] برای محاسبه معادله سرعت و مکانیزم واکنشهای گاز - جامد برای قطعات غیرمتخلخل و نرم افزار MKS برای محاسبه معادله سرعت و مکانیزم واکنش گاز با جامد اعم از متخلخل یا غیرمتخلخل طراحی و ساخته شده است. نرم افزار MKS مشتمل بر دو قسمت مجزا یکی برای انجام محاسبات ریاضی به منظور تعیین معادله کلی سرعت و دیگری برای ضبط، نگهداری و دسته بندی اطلاعات سینتیکی در مورد فرایندهای دارای کاربرد در مهندسی مواد و متالورژی ساخته شده است. بانک اطلاعاتی نرم افزار که MKSDB نام دارد مشتمل بر فایل های اطلاعاتی برای ذخیره، دسته بندی و بازیابی اطلاعات سینتیکی مربوط به فرایندهای همگن، غیرهمگن و الکتروشیمیایی است [۷].

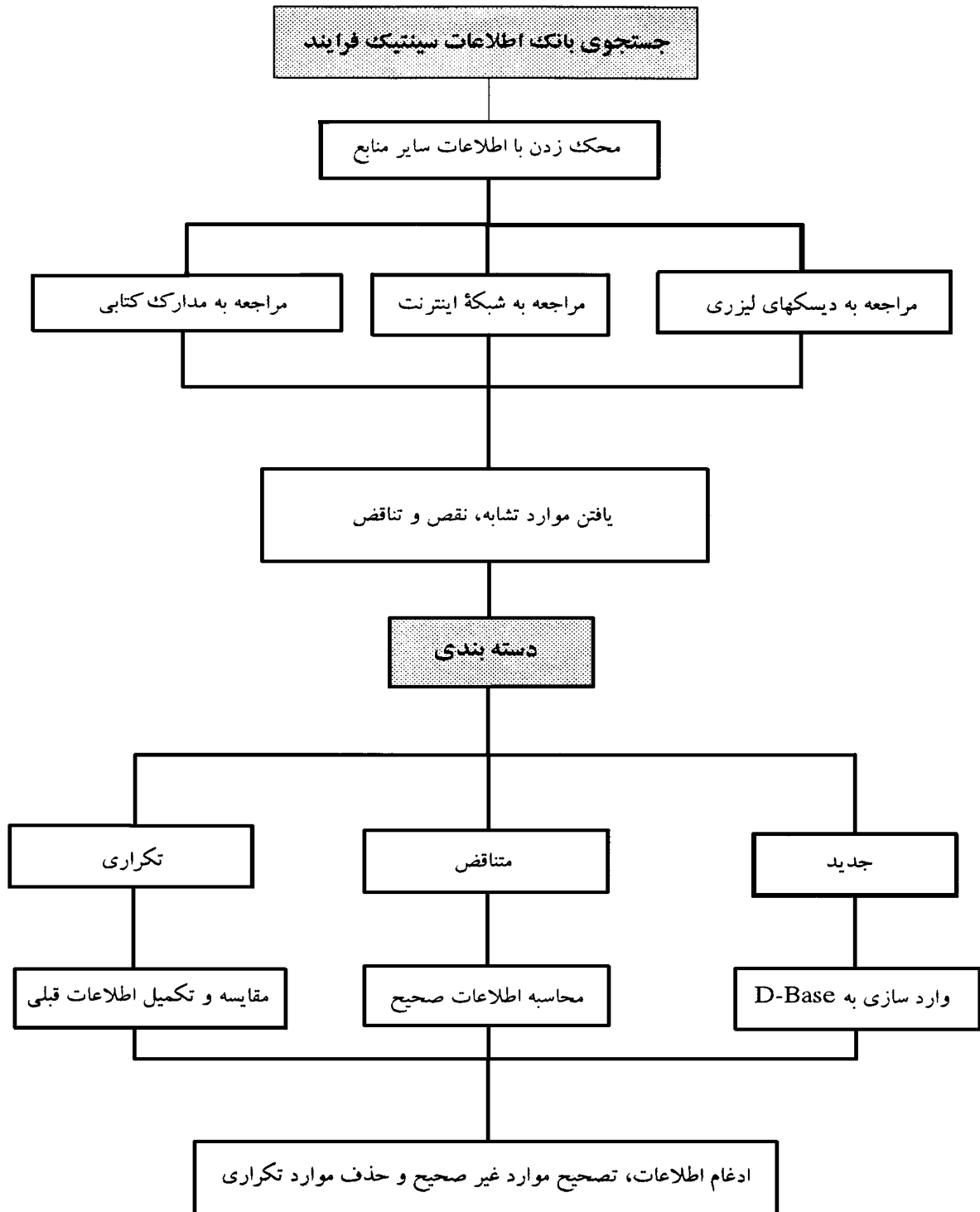
گسترده شدن یافته های علمی و سرعت انباشته شدن اطلاعات، اکنون، باعث شده که همه شئون زندگی بشر به تکنولوژیهای نو و از جمله رایانه وابستگی شدید و تنگاتنگی بیابد. با پیشرفت تکنولوژی تولید و بکارگیری مواد، نیاز به آگاهی از سینتیک فرایندها، روز بروز گسترش بیشتری یافته و ضرورت سازماندهی دستاوردهای سینتیکی به نحوی که بازیابی مجدد آنها ساده باشد، آشکارتر شده است؛ بطوریکه دسترسی به معادلات سرعت و مکانیزم واکنشها برای بهبود طراحی و بهینه سازی عملکرد راکتورهای تولید فلز اجتناب ناپذیر شده است. برای هدفدار کردن تحقیقات آزمایشگاهی، ارائه روشهای پیشرفته برای جستجوی ساده دستاوردهای محققین قبلی کاملاً مفید و ضروری است؛ علی الخصوص که این نوع اطلاعات معمولاً بصورت غیراستاندارد تدوین شده و بکارگیری آنها تنها با تحمل دشواری و صرف وقت امکان پذیر است.

دستیابی به اطلاعات سینتیکی یکی از مراحل بنیانی در اجرای هرفعالیت تحقیقاتی مرتبط با طراحی و ساخت یک ماده نو، یک فرایند جدید و یا یک تکنولوژی ابتکاری و مدرن است [۸ و ۹]. درحال حاضر مطالب علمی مدون در این زمینه بسیار کمیاب، غالباً متناقض و در عین حال پراکنده هستند [۵]. بطوریکه استاندارد کردن روش تحقیق، ارائه، ضبط، دسته بندی و بازیابی این اطلاعات تنها خدمت مهمی به محققین رشته مهندسی مواد به حساب می آید، بلکه تأثیری اساسی در توسعه صنایع تولید و آماده سازی فلزات و آلیاژها در سطح کشور و جهان خواهد داشت.

پیشرفت شبکه الکترونیکی و ورود اینترنت به مراکز علمی و تحقیقاتی سبب تغییر شیوه های سنتی انتقال اطلاعات و دسترسی به پایگاههای اطلاعات علمی بین المللی شده است. با وجود این پیشرفتهای، استاندارد نبودن نحوه ارائه و عدم وجود دسته بندی در تدوین اطلاعات سینتیکی، سبب آشفتگی بیش از حد یافته های ارزشمند علمی و دشواری بازیابی و استفاده از این نوع اطلاعات شده است. تشکیل بانک اطلاعات سینتیکی، گام مثبتی در جهت حل معطل کمبود دسترسی به منابع علمی در خصوص فرایندهای قابل استفاده توسط صنعت روز دنیا محسوب می شود [۴].

به علت پراکندگی و تناقض اطلاعات سینتیکی موجود، طراحی فرایندهای تولید و آماده سازی مواد معمولاً با در نظر گرفتن خطای فراوان و بازدهی کم صورت می گیرد. برای کاهش پیش فرضهای اساسی و افزایش کارایی فرایندها، لازم است اطلاعات موجود در خصوص مکانیزم و سرعت واکنشها به شیوه ای نو و منطبق با نیازهای اساسی روز طراحی و ارائه شوند. بنحویکه از دانش جدید اطلاع رسانی در انتقال و بازیابی اطلاعات استفاده لازم به عمل آید.

روشهای محاسباتی بمنظور پرکردن حفره ها، محک زدن داده ها، تصحیح و تکمیل یافته های کمی سینتیکی بعنوان ابزار نیرومندی برای تشخیص صحت نتایج در هنگام مواجهه با اطلاعات متناقض، در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته و در نهایت موارد اشکال و ابهام بطریق تجربی و آزمایشی تحقیق و نتیجه بصورت یک پایگاه داده های سینتیکی قابل ارائه شده است. اگر چه تعمیم روش بکار گرفته شده به سیستمهای فنی و تحولات علمی دیگر نیز میسر است، اما برای پرهیز از پیچیدگی، پژوهش فعلی تقریباً منحصر به



شکل ۱ - گردش کار مراحل جستجو، مقایسه، تکمیل و تصحیح داده‌های سینتیکی.



فرایندهای کاربردی در زمینه تولید و بکارگیری مواد فلزی است.

روش تحقیق

اطلاعات موجود در نرم افزار ساخته شده در هر زمان قابل بازیابی، تکمیل و تصحیح است. از آنجا که پژوهش در باره بسیاری از فرایندهای کاربردی بطور مداوم در حال انجام است، لذا ارزیابی، تکمیل و تصحیح مطالب ذخیره شده بطور مرتب باید انجام شود تا بانک اطلاعاتی کهنه و غیر قابل استفاده نشود. فلوجارت شیوه تکمیل و تصحیح بانک اطلاعات سینتیک در شکل ۱ نشان داده شده است. اطلاعات جدید از طریق جستجوی دیسکهای نوری، منابع کتابی و پایگاههای اینترنتی قابل انجام است. بازیابی اطلاعات به هر دو طریق کل به جزء و جزء به کل و با کمک فهارس الفبایی از دادههای ذخیره شده قابل انجام است. در این رابطه مثالهای متعددی وجود دارد که در اینجا به ذکر یکی از آنها می پردازیم.

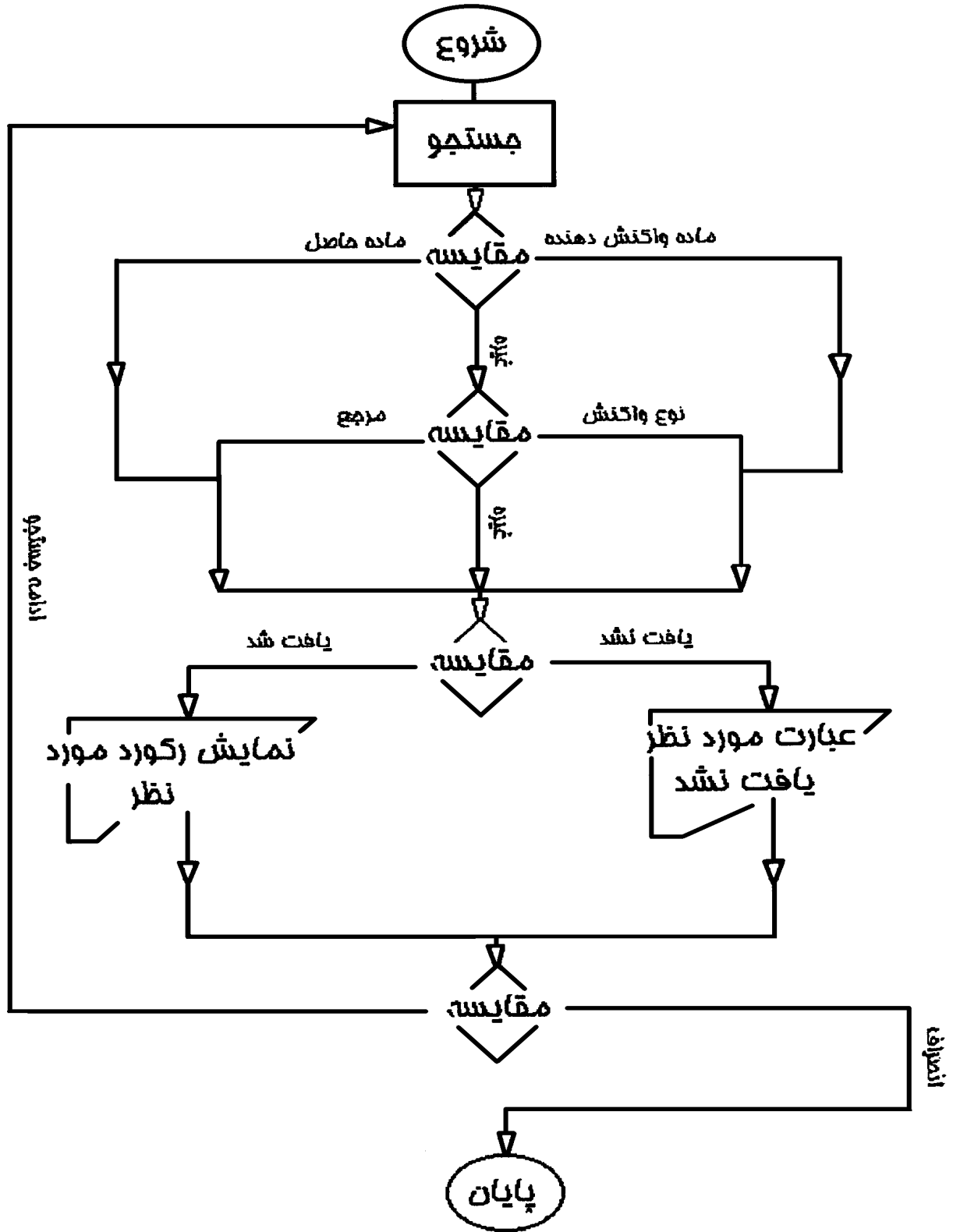
فلوجارت نرم افزار ساخته شده که KDM نامیده می شود در شکل ۲ نشان داده شده است. این نرم افزار با استفاده از برنامه دلفی تحت سیستم عامل ویندوز و به شیوه پیشرفته تودرتو، ساخته شده است. حسن دلفی، بصری بودن، کاربردی بودن، قدرت محاسباتی بالا، توان ذخیره فراوان، قابلیت سازماندهی پایگاه، کار تحت ویندوز و توان مدیریت بر حافظه برای کم کردن حجم برنامه است. این نرم افزار دارای دو ویرایش است؛ یکی برای وارد کردن دادهها و دیگری برای بازیابی اطلاعات. در حالت اتصال به اینترنت، ویرایش دوم توسط کاربر مورد استفاده قرار می گیرد. اما در حالت وارد سازی اطلاعات و تکمیل پایگاه، ویرایش اول فعال می شود. برای انجام این کار، ابتدا تمام جعبهها با فشار دادن کلید New پاک شده و سپس اطلاعات جدید وارد در محلهای مربوط تایپ می شوند. برای ذخیره اطلاعات از فرمان Save استفاده می شود. برای تصحیح اطلاعات، از دستور Edit می توان استفاده کرد. نمونههایی از پنجرههای مورد استفاده در این ویرایش در شکل ۳ ارائه شده است. ویرایش دوم برنامه مخصوص کاربر بوده و بر پایه جستجو در دادهها استوار می باشد. برای جستجوی دادهها، در این قسمت می توان از دستور Search استفاده کرد. امکان رؤیت دسته ای و چاپ دادهها نیز در این ویرایش فراهم شده است. چند پنجره این ویرایش برای نمونه در شکل ۴ ارائه شده است.

بحث

یکی از معیارهای قابل استفاده برای تست دادهها، معادله سرعت است. این معادله می تواند با کمک نرم افزارهای CRS [۲] و MKS [۵] و براساس دادههای آزمایشگاهی و تجربی، ارزیابی شده و تأیید و یا رد شود. در این رابطه لازم است جزئیات شرایط آزمایش و فهرست دادهها به سبک مورد نیاز برای اجرای برنامه، قبلاً مشخص گردند. از آنجا که اطلاعات ارائه شده در منابع علمی بعضاً حاوی تناقضات و ضعفهای مربوط به محدودیتهای ناشی از تجهیزات آزمایشی هستند، لذا انجام یا تکرار برخی از این تجربهها برای تدقیق اطلاعات ارائه شده ضروری بنظر می رسد.

یک نمونه از یک فرایند سینتیکی که سالها مورد بحث محققین قرار گرفته و هنوز هم در باره مکانیزم آن وحدت نظر بوجود نیامده را، برای مثال، در اینجا ذکر می کنیم. سینتیک احیاء و تبخیر ترکیبات روی به لحاظ ارزش صنعتی و پیچیدگیهای علمی از دیر باز مورد توجه محققین قرار داشته است [۱۰-۱۳]. مکانیزم فرایند در شرایط برقراری تماس کافی بین اکسید و کربن، از نوع شیمیایی با انرژی تحریک ۱۱۳ کیلو ژول بر مول و در شرایط ایستا با تماس ضعیف بین اکسید و کربن، از نوع انتقال جرم در سرباره با انرژی تحریک ۱۵۷ کیلو ژول بر مول، گزارش شده است [۱۱]. اما نه در باره مکانیزم فرایند و نه در باره مرحله کنترل کننده سرعت اتفاق نظر بین محققین وجود ندارد.

بعضی از محققین گفته اند که حضور فاز مات بر سرعت تبخیر اکسید روی تأثیر مثبت دارد [۱۴]؛ درحالیکه پژوهشگران بعدی در



شکل ۲ - فلوجارت نرم افزار KDM.



KDM

Chemical reactions mechanism (Continue)

No.	Description	Speed	Serial	Parallel	k(lit/mol.sec)	A(1/sec)	Q(Kj)
13							
14							
15							
16							

Rate equation specifications

Rate equations Explanations

Record code

Record No. _____

Operator keys

KDM

Solid Shape(Hetero. reacts.)

Porous Nonporous Powder

Particle shape

Spherical Cylindrical Flat
 Nongeomet.

Pore-Grain Shape(Pore or grain model)

Spherical Cylindrical Flat
 Nongeomet.

Mat. shape in hetero. reacts.(liq. inter.)

Flat Spherical Others

Reactor (Homogen. reacts)

Batch Stirred Nonstirred
 Others

Reactor (Hetero. reacts)

Fix. bed Fluid. bed Jet blow.
 Others

Mixer _____

Other important explanations

Reaction conditions

Temp.(K) pH Press.(atm.)

Conent.(mol.) Voltage(v) Wave length

Current density

Electrochemical reactions

Valance Polar. distribut. Solution

Rate const. Exchange current density

شکل ۳ - نمونه پنجره‌های ویرایش اول نرم‌افزار KDM.



KDM

Search View Print Help Quit

Source	Equation	Ctrl-Q	Electrochemical
Authors	Ctrl+A		Photochemical
Date	Ctrl+D		Homogeneous
			Heterogeneous
			Chain
			Nonchain
			Catalytic
			Noncatalytic
			Elementary
			Complex

KDM

Reaction specifications Reaction React. Order Activ. Energy(j/mol) Freq. Fact.(1/sec) Rate Const.(m3/mole.sec)		Reaction type <input type="checkbox"/> Chemical <input type="checkbox"/> Photochem. <input type="checkbox"/> Electrochem <input type="checkbox"/> Chain <input type="checkbox"/> Nonchain <input type="checkbox"/> Homogen. <input type="checkbox"/> Heterogen. <input type="checkbox"/> Elementary <input type="checkbox"/> Complex <input type="checkbox"/> Cathalytic <input type="checkbox"/> NonCathalytic	
Source <input type="radio"/> Proceeding <input type="radio"/> Report <input type="radio"/> Patent <input type="radio"/> Journal <input type="radio"/> Book		Sys type in heter. reacts. <input type="radio"/> Gas/Solid <input type="radio"/> Gas/Liq. <input type="radio"/> Liq./Liq. <input type="radio"/> Liq./Solid <input type="radio"/> Solid/Solid	
Authors 1st 2nd 3rd 4th		Keywords 1st 2nd 3rd 4th	
Application 1st 2nd		Reactants 1st 2nd	
		Products 1st 2nd	
		<input type="button" value="Last"/> <input type="button" value="Back"/> <input type="button" value="Next"/>	

شکل ۴ - نمونه پنجره‌های ویرایش دوم نرم‌افزار KDM.



مرکز تحقیقات پسمینکو^۱ عکس این موضوع را مشاهده کرده‌اند. برای مثال ایشان دیده‌اند که سرعت تبخیر اکسید روی از حمام مذاب حاوی ۸۰ درصد مات و ۲۰ درصد سرباره حداقل است؛ درحالی‌که با ترکیب ۲۰ درصد مات و ۸۰ درصد سرباره تقریباً تمام کنسانتره حاوی اکسید روی اضافه شده به حمام تبخیر شده است [۱۳]. از نتایج تحقیقات فوق معلوم نشده است که آیا تغییر شرایط ترمودینامیکی مانند افزایش فشار جزئی اکسیژن باعث تغییر سرعت تبخیر می‌شود، یا تغییر عوامل سینتیکی همچون افزایش ضریب نفوذ یونهای آهن. مطالعه سرعت تبخیر سولفید روی در آزمایشگاه متالورژی استخراجی دانشکده مهندسی و علم مواد نیز انجام شده است. نتایج این پژوهشها برای تعیین ضریب اکتیویته سولفید روی از مات مذاب ساختگی حاوی سولفید روی استفاده شده است [۱۵]. غالب پژوهشگران، مکانیزم تبخیر سولفید روی را از نوع تجزیه‌ای در نظر گرفته‌اند [۱۶]. اما شواهد کافی برای اثبات این مطلب تاکنون ارائه نشده است. نتایج آزمایشی نشان می‌دهد که تبخیر روی فرایندی پیچیده است که تعیین مکانیزم آن نیاز به مطالعات وسیعتر با استفاده از تجهیزات پیشرفته و دقیق تجزیه مواد دارد.

جستجوی نتایج محققین قبلی از طریق بانک اطلاعات سینتیک فرایند نه تنها دستیابی به تناقضات موجود بین داده‌های سینتیکی را آشکار می‌سازد، بلکه می‌تواند در جهت یافتن علل احتمالی این تناقضات و شیوه صحیح برخورد برای حل معماهای حل شده را نیز به کاربر نشان دهد.

نتیجه گیری

در این مقاله گزارش تحقیقات انجام شده برای ساخت نرم افزار KDM تحت سیستم عامل Windows و پیشرفتهای حاصل ارائه شده است. هدف نرم افزار استاندارد سازی و ارائه ساده اطلاعات سینتیکی به پژوهشگران و طراحان رشته‌های مهندسی مواد و متالورژی است. استاندارد سازی اطلاعات سینتیکی نه تنها باعث آسان شدن جستجو و تسریع دسترسی کاربران به اطلاعات می‌شود، بلکه باعث آشکار شدن نارساییها و تناقضات موجود در ارائه این نوع داده‌ها نیز می‌گردد و بنابراین زمینه تکمیل، تصحیح، و بازیابی مؤثر این اطلاعات را نیز فراهم می‌نماید.

تشکیل پایگاه اطلاعات سینتیکی، بدون شک نیازمند در اختیار داشتن اطلاعات جامع و هماهنگی است که قابلیت انطباق با معیارهای مشخص علمی برای تشخیص عیوب، تکمیل نواقص و رفع اشکالات از یک طرف و دسته بندی، ذخیره و بازیابی ساده و مستقیم آنها را از طرف دیگر داشته باشد. گسترش و پراکندگی یافته‌های علمی مربوط به سرعت و مکانیزم واکنشها که در کتب، مقالات و پایگاههای علمی به چشم می‌خورد، فواید استفاده از نرم افزار KDM را در ثبت، جستجو و بازیابی سریع، مؤثر، موجز و جامع اطلاعات سینتیکی گوشزد می‌کند.

استفاده از نرم افزار KDM، کاربر را قادر می‌سازد که جستجوی انبوهی از اسناد و مدارک علمی در باره سینتیک فرایندها را در کوتاهترین مدت انجام داده و اطلاعات مورد نیاز خود در زمینه طراحی، ساخت و آموزش را به راحتی و به فرمی قابل استفاده در حداقل وقت بدست آورد. مشخصات سینتیکی از جمله معادله واکنش، نوع واکنش، درجه واکنش، ثابت سرعت، انرژی تحریک، فاکتور فرکانس، ضریب توزیع ولتاژ، مکانیزم فرایند، نام ماده، کاربردهای عملی و صنعتی واکنش و مکانیزم، عنوان مقاله، اسم محقق، تاریخ انتشار، نشانی مجله، شماره ثبت اختراع و کلید واژه‌های فرایند به ترتیب الفبایی و از طریق جستجو را یافته و در صورت تمایل چاپ کند. اگر چه بخشهایی از این اطلاعات در شرایط حاضر ناقص است، اما انتظار می‌رود با گذشت زمان، داده‌ها تکمیل شده و نقایص ناشی از در دسترس نبودن برخی از اطلاعات سینتیکی ضروری تدریجاً کاهش یابد. نرم افزار فعلاً دارای یک راهنمای کلی صوتی - تصویری است که می‌تواند توسط کاربر و اپراتور مورد استفاده قرار گیرد.



تعیین معادله سرعت برای آن دسته از واکنشها که فاقد فرمولهای مدون هستند، به طرق متداول و با استفاده از نرم افزارهای ساخته شده قبلی قابل انجام است. برای تست داده‌ها، از روشهای محاسبه سرعت براساس مکانیزم پیشنهاد شده توسط محققین و تطبیق نتایج با داده‌های تجربی و نظری می‌توان استفاده کرد. تناقض بین نتایج محققین مختلف در معدودی از موارد دیده شده و براساس این یافته‌ها، تکرار آزمایشهای تجربی برخی از محققین قبلی تا حدی ضروری می‌نماید. بخشی از اطلاعات ذخیره شده در پایگاه داده‌های سینتیکی فرایندها در رابطه با واکنش تبخیر اکسید روی، برای نمونه، در این مقاله بحث شده است.

نرم افزار KDM توسط برنامه Delphi پایه‌گذاری شده و به علت وسعت برنامه و نیاز به سرعت عمل، استفاده از آن در شرایط حاضر تنها از طریق دیسکهای فشرده نوری امکان پذیر است. با بهره‌گیری از این برنامه، بهره‌وری متخصصین و مهندسانی که در زمینه طراحی تکنولوژی یا پژوهش فعالیت دارند، افزونی یافته و نیاز آنان به گشتهای وقت گیر و خسته کننده را تا حدی مرتفع می‌سازد. پیشرفت سریع سیستمهای الکترونیکی و ایجاد امکان تماس مستقیم از طریق شبکه اینترنت، قابلیت مهم جدیدی را در اختیار نرم‌افزار قرار می‌دهد؛ بطوریکه امکان استفاده از راه دور می‌تواند سبب افزایش تعداد کاربران و دامنه بکارگیری نرم افزار KDM برای دستیابی به اطلاعات ارزشمند پایگاه شود. تحقق این هدف، در شرایط حاضر، بسیار آسان بوده و با کمک یک کامپوتر خدمت دهنده و یک پایگاه اینترنتی، امکان پذیر خواهد بود.

نحوه تدوین برنامه بر اساس ذخیره و بازیابی اطلاعات سینتیکی با سرعت، دقت و استفاده حداقل، از حافظه است. برای تحقق این هدفها، ضابطه‌های اساسی زیر در نظر گرفته شده‌اند:

- حداقل بودن میزان افزونگی برای کاهش حجم حافظه مورد نیاز و هزینه بهنگام سازی داده‌ها
- دستیابی سریع برای حداقل کردن مصرف وقت توسط کاربران
- امکان دستیابی اطلاعات از مسیرهای موازی، متقاطع و مخالف، هم از طریق دیسک و هم از طریق شبکه
- سهولت در عملیات بهنگام سازی
- سهولت در نگهداری و روزآمد کردن سیستم
- قابلیت بالای سیستم و وجود اطمینان به داده‌ها
- امکان اتصال مستقیم برای جستجوی پایگاه اطلاعات سینتیکی از طریق شبکه اینترنت.

برای دستیابی به اطلاعات کلیدی مورد نیاز بطور یکجا، طبقه بندی شده و استاندارد و با دقت علمی قابل قبول، به نرم‌افزار KDM می‌توان مراجعه کرد. جمع آوری اطلاعات از طریق بررسی منابع کتابی مانند مجلات و بولتن‌های علمی، جستجوی بانکهای اطلاعات بین‌المللی از طریق اینترنت، جستجو بوسیله دیسکهای نوری و بررسی اختراعات ثبت شده بین‌المللی انجام شده و روشهای ممکن برای تشکیل Home Page و ورود به اینترنت تحت بررسی و ارزیابی قرار گرفته‌اند.

قدردانی

بدینوسیله از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی شریف بخاطر تصویب طرح بعنوان پروژه مستقل پژوهشی تشکر می‌شود. همچنین از کلیه دانشجویانی که در جستجو، جمع آوری، طبقه‌بندی، تدوین و تصحیح اطلاعات سینتیکی واکنشهای همگن و غیرهمگن با مولفین همکاری داشته‌اند قدردانی می‌شود.

مراجع

1. Morris, A. E. and Stephenson, J. B., "Computer Software for Chemical and Extractive Metallurgy Calculations": *Journal of Metals*, 45, 1993, pp 29-31.
2. Sadrnezhad, K., Gharavi, A. and Morvarid, O., "Simulation of Kinetics of Chemical Reactions",



- Abstract Bulletin of Papers Presented in Fourth Biennial Conference on Chemical Metallurgy Calculations, Missouri - Rolla Univ., Missouri, 1992, p 26.
۳. صدرنژاد، س.خ. و صالح، "شبه سازی سینتیک واکنشهای خوردگی": مجله بین المللی علوم مهندسی دانشگاه علم و صنعت ایران. تحت بررسی.
۴. صدرنژاد، س.خ.، رضایی، م. و امیری، م. د.، "شبه سازی سرعت در فرایندهای کاربردی"، کارنامه پژوهشی شریف، ۱۳۷۲. صص ۱۰۶ - ۱۱۳.
۵. صدرنژاد، س.خ. و فرازی، م.، "سینتیک واکنش H_2S با CaO در دمای $873^{\circ}K$ تا $1073^{\circ}K$ "، ششمین کنگره ملی خوردگی. (۲۹-۳۱ خرداد ماه ۱۳۷۸ دانشگاه صنعتی امیرکبیر)، صص ۲۹۹-۳۰۸.
6. Robertson, D. G. C. and Nelson, C., "SMAK: Kinetics of Slag-Metal-Gas Reaction in Smelting and Refining", Fourth Biennial Conference on Computer Software for Chemical and Extractive Metallurgy Calculations, Missouri-Rolla, June 1992, P 25.
۷. صدرنژاد، س.خ. "گزارش شرکت در چهارمین کنفرانس دوسالانه نرم افزارهای کامپیوتری برای محاسبات متالورژی استخراجی و شیمیائی"، دانشکده مهندسی متالورژی و معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی شریف، تیر ماه ۱۳۷۱
۸. صدرنژاد، س.خ. و فرازی، م.، "الگوهای سینتیکی گاز - جامد"، کارنامه پژوهشی شریف، متالورژی، ۱۳۷۳، صص ۱۴۶-۱۷۲.
۹. صدرنژاد، س.خ. و فرازی، م.، "کاربرد الگوی گاز - SO_2 با CaO در دمای 1123 جامد برای بررسی سینتیک واکنش درجه کلون": کارنامه پژوهشی شریف، متالورژی، ۱۳۷۴، صص ۱۰۸-۱۱۸.
10. Clarke, J. A. and Fray, D. J., "The Rate of Deposition and the Morphology of Zinc Oxide Deposited from $Zn/CO/CO_2/Ar$ Gas Mixtures", *Journal of Materials Science*, 13, 1978, pp 1921-1925.
11. Dal, I. and Rankin, W. J., "The Effect of Sulfur on the Rate of Reduction of Zinc from Slag", *International Symposium - World Zinc '93*, Hobart, Oct. 1993, pp 417-421.
12. Richetts, N. J. and Ilay, J. D., "Direct Fuming of Zinc from Sulfide Concentrate", *International Symposium - World Zinc '93*, Hobart, Oct. 1993, pp 413-416.
13. Lewis, L. A. and Cameron, A. M., "The Kinetics of Zinc Vapour Oxidation", *International Symposium - World Zinc '93*, Hobart, Oct. 1993, pp 405-411.
14. Foo, K. A., Whellock, J. G. and Clemer, R. S., "Direct Fuming of Zinc from Sulfide Ores and Concentrates", *Proceedings SMA Annual Meeting*, Phoenix, Arizona, 1992, Preprint no 92-191.
۱۵. صدرنژاد، س.خ. و برنوش، ا.، "اکتیویته ZnS در ماتهای شبه سه تایی $Cu_2S-FeS-ZnS$ "، ارائه شده به دومین کنگره متالورژی فلزات غیرآهنی ایران، ۲۰-۲۲ اردیبهشت ۱۳۷۹، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
16. Davey, T. R. A. and Tumbull, A. G., "The Direct Smelting of Zinc Sulfide Concentrate", *Proceedings Australia Japon Extractive Metallurgy Symposium*, Sydney, 1980, pp 23-29.