



## سیستم گسیل کامپیوتری کامیون‌ها در معادن و بررسی امکان اجرای آن در معادن ایران

آربی سرکیسیان<sup>۱\*</sup>، سعید محسنی<sup>۲</sup>

۱- کارشناس معدن (گرایش استخراج) ، شرکت هور

۲- کارشناس معدن (گرایش استخراج) ، شرکت پیمانکاری معدنی گیتی کاوش

E-mail: arbie@sarkissians.com

### چکیده

با تلفیق رشته‌های مختلف علمی و فنی همچون ریاضیات و کامپیوتر نوآوری‌های فراوانی در زمینه معدنکاری پدید آمده است. سیستم توزیع کامپیوتری کامیون‌ها در معادن باهدف بهینه‌سازی راندمان ماشین‌آلات و تولید و همچنین تکمیل مدیریت معدن و با به‌کارگیری الگوریتم‌ها، نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای پیشرفته و هوشمند، نمونه‌ای از این نوآوری‌ها می‌باشد. در این مقاله سیستم توزیع کامپیوتری کامیون‌ها در معادن بررسی شده و طرح اجرای این سیستم در ایران مطرح می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: معدن، بارگیری، باربری، گسیل، بهینه‌سازی، سخت‌افزار، نرم‌افزار

### مقدمه

در معادن روباز ۵۰ درصد هزینه‌های عملیاتی را هزینه‌های مربوط به بخش بارگیری و باربری به خود اختصاص می‌دهد [۱]. افزایش قیمت ماشین‌آلات معدنی و هزینه‌های بالای سرویس و نگهداری و همچنین هزینه‌های بالای مکانیزاسیون، لزوم افزایش بهره‌وری ماشین‌آلات را در پی داشته است. از سال ۱۹۸۰ در معادن بزرگ دنیا حرکت به سوی بهینه‌سازی سیستم بارگیری و باربری بوده [۲]، حاصل این تلاش‌ها جایگزینی روش سنتی (دستی یا تجربی) توزیع کامیون‌ها با مدل‌های برنامه‌ریزی خطی و پس از آن مدل‌های برنامه‌ریزی کامپیوتری بوده است.

\* خیابان سپهد قرن، کوچه شاداب، پلاک ۹، طبقه اول



روش توزیع کامپیوتری کامیون‌ها در معادن بهره‌ورترین روش توزیع به حساب می‌آید. در این روش کلیه معایب روش‌های دستی (تجربی) و خطی (نیمه خودکار) رفع شده و امکانات مدیریتی فراوانی افزوده شده است.

در این روش برخلاف روش خطی هیچگونه اطلاعات و پارامتر ثابتی در اختیار نیست، به این معنی که نیاز به هیچگونه اندازه‌گیری دستی نمی‌باشد. سیستم توزیع کامپیوتری، خود کلیه اطلاعات مورد نیاز را برداشت و پردازش خواهد کرد. این امر به کمک مجموعه‌ای از تجهیزات الکترونیکی و نرم‌افزارهای پیشرفته و هوشمند تحقق می‌یابد.

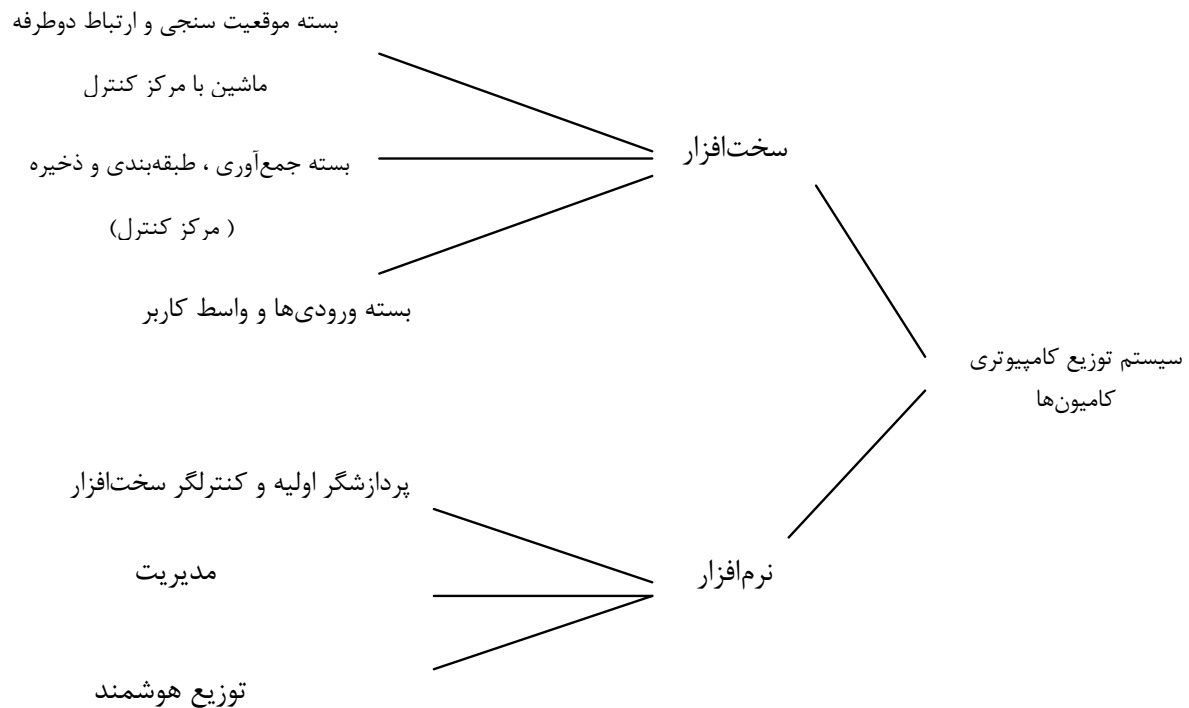
در این روش کوچکترین حرکات ماشین‌آلات نیز تحت نظر مرکز کنترل بوده و گسیل کامیون به صورت بلادرنگ (Real Time) انجام می‌شود. این بدان معنی است که هیچگونه برنامه ثابتی، همانند روش خطی، جهت تعیین ترتیب بارگیری وجود نداشته و ترتیب بارگیری کامیون جهت دسترسی به حداکثر تولید بهینه در هر لحظه تغییر خواهد کرد. فرایند گسیل در این روش پس از طی ارسال - دریافت درخواست و یا فرمان بین ماشین و مرکز کنترل (Dispatching Center) توسط نرم‌افزار هوشمند به صورت لحظه‌ای انجام می‌پذیرد.

بر روی هر ماشین دو بسته سخت‌افزاری نصب می‌شود. این سخت‌افزارها وظیفه دریافت پیام ارسالی از مرکز کنترل، تجزیه و تحلیل پیام، نمایش پیام به راننده و ارسال درخواست‌های راننده به مرکز کنترل را بر عهده داشته و در کنار آن وظیفه مشخص کردن موقعیت جغرافیایی لحظه‌ای ماشین و پارامترهای لحظه‌ای دیگری چون وضعیت سنسورها را نیز بر عهده دارند.

مرکز کنترل نیز مجهز به سیستم‌ها و تجهیزات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری پیشرفته می‌باشد که وظایف هدایت، گسیل و مدیریت را بر عهده دارند.

اجزای سیستم توزیع کامپیوتری

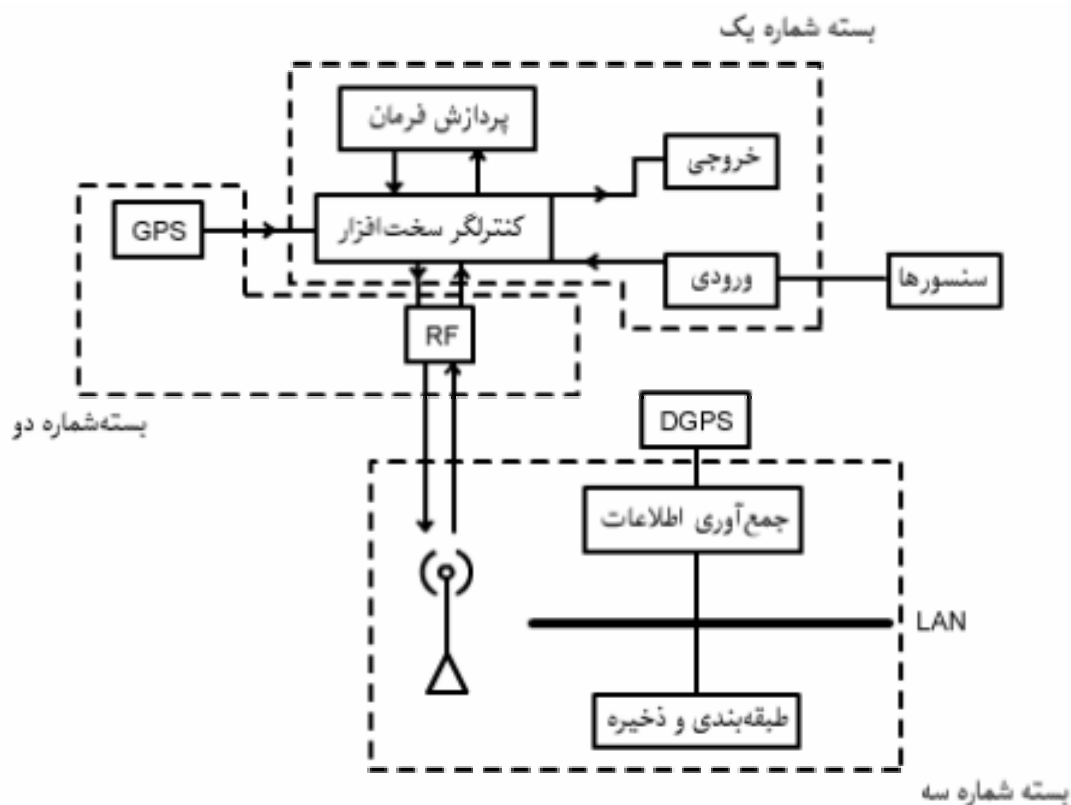
اجزای سیستم توزیع کامپیوتری به شرح زیر می‌باشند:



شکل ۱ - اجزاء سیستم توزیع کامپیوتری

### بخش سخت‌افزاری سیستم توزیع کامپیوتری

شمای کلی بخش سخت‌افزاری سیستم به صورت زیر می‌باشد:



شکل ۲ - اجزاء سخت‌افزاری سیستم توزیع کامپیوتری

مطابق شکل سخت‌افزار سیستم به سه بسته مجزا قابل تقسیم است. بسته شماره یک وظیفه دریافت اطلاعات از ورودی (صفحه کلید، سنسورها و ...) و GPS (موقعیت جغرافیایی و پارامترهای لحظه‌ای دیگر) و همچنین نمایش اطلاعات در خروجی (صفحه نمایش) را برعهده دارد. یک واحد پردازشگر (Microcontroller) نیز وظیفه کنترل و هماهنگی اجزا و اعمال پردازش‌های اولیه را برعهده دارد. بسته شماره دو شامل ماژول امواج رادیویی (RF Module) و GPS است. ماژول RF وظیفه ارسال و دریافت اطلاعات را به صورت بی‌سیم برعهده دارد. از مشخصات مهم این واحد پهنای باند (Band Width)، توان، فرکانس، سیستم مدولاسیون (Modulation) و آنتن می‌باشد. پهنای باند شامل تعداد بیت‌ها (و یا بایت‌های) قابل ارسال و یا دریافت در واحد زمان می‌باشد. برای مثال با پهنای باند ۴۸۰۰ bps می‌توان ۴۸۰۰ بیت (۶۰۰ بایت یا کاراکتر) را در ثانیه ارسال و یا دریافت کرد. توان فرستنده، برد ارسال امواج را مشخص کرده و آنتن و مدولاسیون کیفیت دریافت، کدگذاری و کدگشایی و نویز پذیری را تعیین می‌کنند. قابل به ذکر



است که هر نوع موج رادیویی را در هر فرکانسی نمی‌توان استفاده کرد بلکه می‌بایست در رنج‌های License Free فعالیت کرد .

بسته شماره سه (مرکز کنترل) کلیه اطلاعات ارسالی توسط ماشین‌آلات را دریافت ، جمع‌آوری و ذخیره می‌کند. این واحد مجهز به Server های قدرتمند و شبکه‌های محلی (LAN) می‌باشد . جهت تصحیح اطلاعات ارسالی مرکز کنترل مجهز به DGPS می‌باشد تا دقت بالاتر رود .

بخش های نرم‌افزاری سیستم توزیع کامپیوتری

نرم‌افزار پردازش اولیه و کنترلگر سخت‌افزار

یک نرم افزار سطح پایین (Low Level) می‌باشد که در میکروکنترلر ذخیره شده و وظیفه کنترل اجزای مختلف و پردازش اطلاعات ورودی و خروجی را بر عهده دارد[۲].

### نرم‌افزار توزیع کامپیوتری

این نرم افزار مغز متفکر و مهمترین بخش سیستم می‌باشد. در این نرم‌افزار اطلاعات دریافتی از ماشین‌آلات پردازش شده و گسیل بهینه محاسبه و به ماشین اعلام می‌گردد. این نرم‌افزار از مدل‌های پیچیده ریاضی ، که الگوریتم گسیل هوشمند را تشکیل می‌دهند ، جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده می‌کند. داده‌هایی که دارای تغییرات لحظه‌ای می‌باشند .

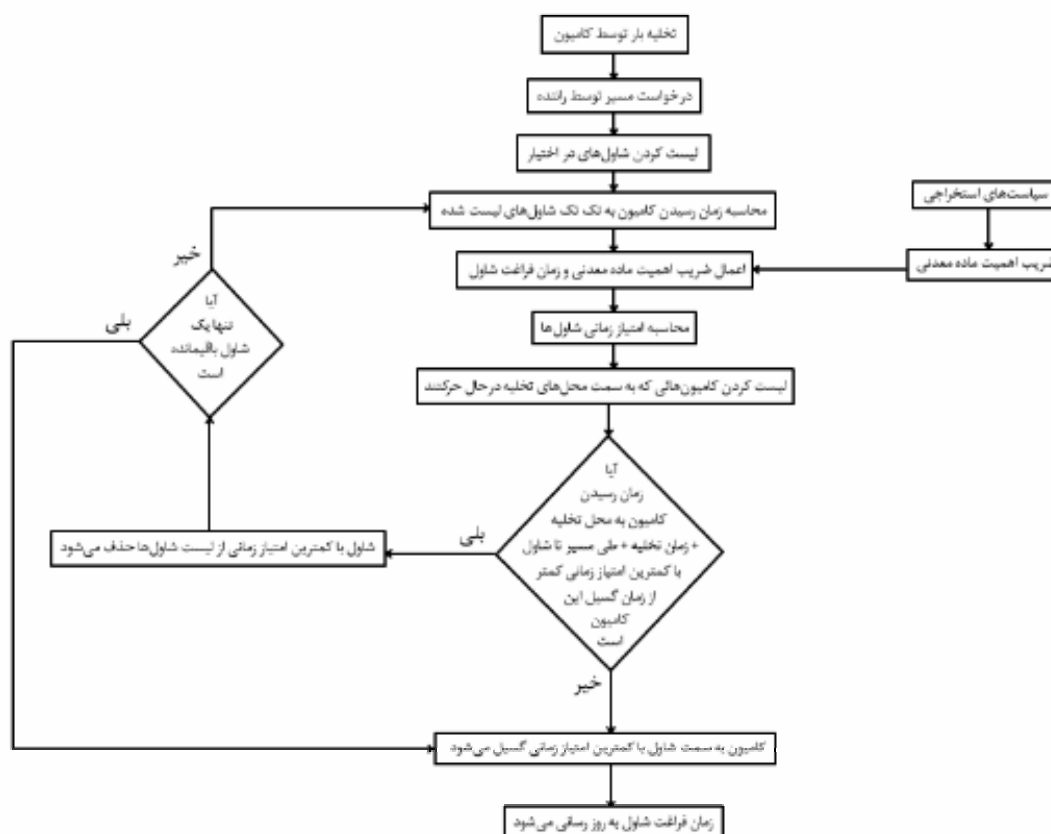
مهمترین بخش این نرم افزار را الگوریتم توزیع هوشمند تشکیل می‌دهد.

### سناریوی توزیع هوشمند کامیونها [۲]

- در زمان صفر کلیه کامیونها در پارکینگ قرار دارند.
- راننده شاول با فشار دکمه مربوطه آمادگی خود را اعلام کرده ، مختصات شاول به عنوان محل بارگیری ثبت می‌گردد.
- پس از اعلام آمادگی شاولها ، در صفحه نمایش رایانه متصدی توزیع (Dispatcher) لیست شاولها نمایش داده شده و نوع ماده معدنی استخراجی هر شاول تعیین می‌گردد. این امر یا بصورت دستی ، توسط اپراتور ، و یا بصورت خودکار و با توجه به اطلاعات موجود در بانک اطلاعاتی انجام خواهد شد.
- حداقل تعداد کامیونها مورد نیاز جهت گسیل بهینه محاسبه شده و نمایش داده می‌شود.
- راننده کامیون نیز با فشار دکمه مربوطه اعلام آمادگی می‌کند و تعداد کامیونها آماده به گسیل در صفحه نمایش نشان داده می‌شود.



- چنانچه پس از طی زمانی مشخص رانندگان شاول و کامیون آمادگی یا عدم آمادگی خود را اعلام نکنند، سیستم نخست به آنها گوشزد کرده و در صورت ادامه به عنوان تاخیر برای راننده مربوطه ثبت خواهد شد.
- رایانه متصدی توزیع "Dispatcher" با توجه به اعلام حضور کامیون‌ها و با توجه به تعداد کامیونی که در اختیار دارد، کامیون‌های گسیلی را انتخاب می‌کند.
- در زمان Ts (شروع کار) کامیون‌ها با الگوریتم خاصی بین شاول‌ها تقسیم شده و به سمت آنها حرکت می‌کنند. این الگوریتم با گذر زمان تغییر خواهد کرد، به این معنی که نرم‌افزار همواره از نتایج روزها و شیفت‌های قبلی جهت هرچه بهتر کردن این توزیع استفاده خواهد کرد. در نخستین روز (که هیچ تجربه‌ای از قبل در دست نیست) کامیون‌ها بصورت مساوی بین شاول‌ها تقسیم خواهند شد.



شکل ۳ - الگوریتم توزیع هوشمند



- فاصله زمانی حرکت کامیون‌ها از پارکینگ تا رسیدن به شاول مربوطه Tps فرض می‌شود که با توجه به دوری و نزدیکی محل قرارگیری شاول برای هر کامیون متفاوت خواهد بود.
- کامیون‌ها پس از بارگیری به سمت محل تخلیه متناظر با ماده معدنی حملی حرکت خواهند کرد.
- پس از رسیدن کامیون به محل تخلیه و تخلیه بار، راننده با فشار دکمه، درخواست مسیر می‌کنند.
- بدین ترتیب در مرحله ثبت مسیرها، مسیر رفت برای کامیون ثبت خواهد شد (زمان Tf).
- در مرحله ثبت مسیر، کامیون‌هایی که قبل از ثبت کلیه مسیرها به مرحله تخلیه برسند، به سمت شاولی به غیر از آن شاولی که از آن بارگیری کرده‌اند گسیل می‌شوند تا بدین ترتیب کلیه مسیرهای ممکنه برگشت کامیون‌ها ثبت شوند (زمان Te).
- تعداد مسیرهای رفت و برگشت از رابطه زیر قابل محاسبه است:

#### تعداد کل شاول‌ها = تعداد مسیرهای رفت

- تعداد شاول‌ها × تعداد محل‌های تخلیه = تعداد مسیرهای برگشت
- توزیع هوشمند پس از ثبت آخرین مسیر آغاز خواهد شد.
  - مسیرهای ثبت شده بصورت مجموعه‌ای از گره‌ها ثبت می‌شوند.
  - هنگام حرکت کامیون در رمپ، مختصات فعلی آن با مختصات گره‌های مسیر و با توجه به همسایگی تعریف شده، مقایسه شده و گره حاضر در همسایگی کامیون به عنوان محل کامیون در نقشه نمایش داده می‌شود. از این تکنیک جهت کسب اطمینان از صحت مسیر انتخابی راننده استفاده می‌شود. همچنین جهت حرکت کامیون (به سمت شاول برای بارگیری و یا به سمت محل تخلیه جهت تخلیه) نیز مشخص می‌شود.
  - مبنای خاتمه عمل تخلیه توسط کامیون تقاضای مسیر توسط راننده می‌باشد. در این مرحله نیز با توجه به ترافیک محل تخلیه و زمان تخلیه تخمینی زمانی به عنوان زمان تخلیه هر کامیون مشخص می‌شود که در صورت تخلف از این زمان تاخیر برای راننده ثبت خواهد شد.
  - پس از ثبت کلیه مسیرهای ممکنه و پس از تخلیه هر کامیون و تقاضای مسیر، مراحل زیر جهت تخصیص مسیر به کامیون انجام می‌شود:
    ۱. با توجه به متوسط زمان رفت کامیون، زمان رسیدن کامیون به تک تک شاول‌ها محاسبه می‌شود.
    ۲. با توجه به کامیون‌های گسیلی قبلی و یا در حال بارگیری و همچنین کامیون‌هایی که بزودی به مرحله تخلیه خواهند رسید، زمان فراغت هر شاول محاسبه می‌شود.
    ۳. به هر شاول با توجه به زمان فراغت و از آن مهمتر سیاست استخراجی غالب بر گسیل، امتیازی اختصاص داده می‌شود (امتیاز زمانی).
    ۴. کامیون به سمت شاولی گسیل خواهد شد که کمترین امتیاز زمانی را داشته باشد.



۵. با تخصیص کامیون به شاول زمان فراغت شاول مربوطه به روزرسانی می شود.
- در صورت اضافه شدن شاول پس از شروع کار (در طول شیفت) نخستین کامیون‌هایی که به محل تخلیه برسند و تخلیه کنند جهت ثبت مسیرهای جدید به سمت محل‌های تخلیه گسیل می شوند.
  - در صورت کم شدن شاول پس از شروع کار (در طول شیفت) مسیرهای مربوط به آن شاول در آرایه مسیرها غیرفعال خواهند شد.
  - در صورت اضافه شدن و یا کم شدن کامیون پس از شروع کار (در طول شیفت) تغییری در مسیرهای ثبت شده ایجاد نشده تنها کیفیت توزیع تحت تاثیر قرار می گیرد.
  - در صورت اضافه و یا کم شدن محل تخلیه همان عملیات مربوط به اضافه و یا کم شدن شاول تکرار شده و مسیرهای جدید ثبت و مسیرهایی که دیگر کاربردی ندارند غیرفعال خواهند شد.
  - فرایند ثبت مسیرها با شروع گسیل هوشمند خاتمه نیافته و همواره در حال اجرا می باشد. بدین ترتیب مجموعه‌ای از رکوردها، شامل زمان‌های رفت و برگشت برای هر کامیون ثبت می شود. از این اطلاعات در شیفت‌های بعدی جهت کاهش زمان ثبت مسیرها استفاده خواهد شد. همچنین با توجه به اینکه در سیستم گسیل کامپیوتری امکان استفاده از ترکیبات مختلفی از کامیونها با مشخصات متفاوت امکانپذیر می باشد، رکوردگیری مستمر زمان‌بندی‌های دقیقی برای هر کامیون در اختیار قرار داده و دقت عملیات را بالا می برد.
  - اطلاعاتی چون میزان سوخت ماشین‌آلات، زمان روغنکاری و گریسکاری، برنامه تعمیر-نگهداری، میزان تولید تخمینی و ... در پایان هر شیفت و یا حتی با هر بار تخلیه بار به روزرسانی می شوند.
  - در پایان شیفت اپراتور پایان شیفت را اعلام کرده (و یا زمان پیش فرض به پایان می رسد) و گزارش مربوط به شیفت چاپ می شود. این گزارش شامل موارد زیر می باشد:
    ۱. میزان تولید تخمینی (ماده معدنی، باطله و ...)
    ۲. تعداد دفعات بارگیری
    ۳. میزان تاخیر شاول و کامیون (برای هر شاول و کامیون)
    ۴. تعداد و نقشه مسیرها
    ۵. میزان بازدهی ماشین‌آلات

### ثبت خودکار مسیرها

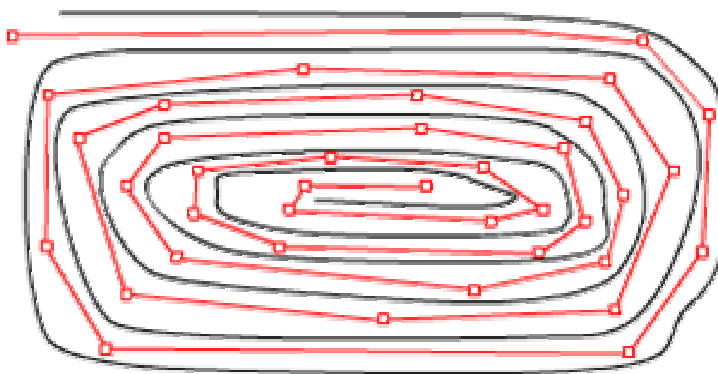
در سیستم گسیل کامپیوتری هیچگونه پارامتر ثابتی وجود نداشته، اطلاعات مورد نیاز توسط خود سیستم جمع‌آوری می شود. با توجه به سناریوی توزیع ملاحظه شد که تعداد شاول‌ها و کامیون‌ها با اعلام آمادگی





رانندگان مشخص می‌شود. لیکن مسیرهای عبوری کامیون‌ها که یکی از پارامترهای مهم در توزیع هستند چگونه مشخص می‌شوند؟

نرم افزار توزیع هوشمند هر لحظه کامیون‌ها را تحت نظر دارد. هر لحظه هر کامیون مختصات خود را برای مرکز کنترل مخابره می‌کند. نرم افزار اطلاعات دریافتی را در بانک اطلاعاتی ثبت کرده پس از تجزیه و تحلیل این داده‌ها گره‌هایی را از بین این نقاط انتخاب کرده بقیه را پاک می‌کند. علت این کار این است که ذخیره کردن اطلاعات لحظه‌ای همه کامیون‌ها پس از طی زمانی نه چندان طولانی حجم عظیمی از داده‌ها را به وجود می‌آورد که در کنار اشغال حافظه، سرعت دسترسی به داده‌ها را نیرکاهش می‌دهد. با انتخاب نقاط تغییر مسیر به عنوان گره (شکل زیر) به مقدار قابل توجهی در حافظه و سرعت دسترسی صرفه جویی می‌شود.



شکل ۴ - انتخاب گره‌ها از میان انبوه نقاط به هم پیوسته

برای هر گره شعاع همسایگی تعریف می‌شود. بدین ترتیب نرم‌افزار در دفعات بعدی با مقایسه مختصات کامیون با این شعاع همسایگی می‌فهمد که کامیون در حال طی چه مسیری می‌باشد تا بدین ترتیب صحت و یا تخطی از اجرای فرمان مشخص گردد.

### قابلیت‌های انعطاف پذیری روش توزیع کامپیوتری

با توجه به توضیحاتی که داده شد، سیستم توزیع کامپیوتری یک سیستم صددرصد پویا (Full Dynamic) می‌باشد. مشخصات انعطاف پذیری روش عبارتند از:

- ثابت نبودن تعداد کامیون‌ها و شاول‌ها



- ثابت نبودن مشخصات ماشین‌آلات ( قابلیت استفاده از ترکیبات مختلف ماشین‌آلات )
- ثابت نبودن مسیرها
- ثابت نبودن محل‌های تخلیه
- قابلیت تعمیم سیستم به سیستم‌های مدیریتی دیگر ، نظیر سیستم کنترل ایمنی کامیون و سیستم کنترل محل دقیق چال‌های انفجاری [۳]

### قابلیت های مدیریتی روش توزیع کامپیوتری

- قابلیت های مدیریتی روش عبارتند از :
- کنترل لحظه‌ای ( مانیتورینگ لحظه‌ای ) ماشین‌آلات
- آمارگیری و تخمین میزان تولید
- گزارش‌گیری لحظه‌ای
- دسترسی به نرم‌افزار گسیل در هر نقطه و در هر زمان جهت مشاهده نتایج
- مدیریت مستمر نیروی انسانی و جلوگیری از تخلفات
- مدیریت برنامه تعمیرات و نگهداری ماشین‌آلات و سوخت‌گیری

### مزایای روش توزیع کامپیوتری

- به غیر از قابلیت های انعطاف پذیری و مدیریتی ، این روش مزایای دیگری نیز دارا می باشد:
- امکان استفاده از حداکثر توان تجهیزات بارگیری و حمل
- افزایش راندمان تولید معدن که باعث تولید درآمد بیشتر خواهد شد
- با کاهش تعداد ماشین‌آلات تا حد زیادی در هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی صرفه‌جویی خواهد شد
- اعمال سیاست های استخراجی پیچیده جهت تحقق برنامه های کوتاه‌مدت و بلندمدت معدن
- بانک اطلاعاتی قدرتمند با توانایی‌های مدیریتی بالا
- حذف تأثیر مستقیم عامل فاصله و تعداد کامیون ها در میزان تولید معدن

### طرح اجرای سیستم توزیع کامپیوتری در ایران

پس از بررسی کامل روش توزیع کامپیوتری ، طرح پیشنهادی اجرای سیستم توزیع کامپیوتری در معادن ایران مطرح و نرم افزارها و سخت افزارهای طراحی شده جهت تحقق این هدف معرفی خواهند شد. قابل ذکر است که با هدف اجرای سیستم Full Dispatching در معادن ایران ، کلیه نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای



مورد نیاز در حد انجام آزمایش توسط مؤلفین طراحی و ساخته شد. برای اجرای این طرح کلیه مراحل طراحی، برنامه‌ریزی و برآورد بودجه طی شده است. در نخستین گام جهت نمایش صحت عملکرد و قابلیت های الگوریتم پیشنهادی توزیع هوشمند کامیون‌ها، نرم‌افزار Demo طراحی گردید. در کنار این نرم‌افزار، سخت‌افزار آزمایشی متشکل از فرستنده و گیرنده امواج رادیویی با برد بالا نیز طراحی و مورد امتحان قرار گرفت. در ادامه به تفصیل درباره سیستم آزمایشی صحبت خواهد شد.

### نرم‌افزار آزمایشی گسیل هوشمند ( Demo Version )

با بررسی سیستم توزیع کامپیوتری و با توجه به هدف اجرای سیستم توزیع کامپیوتری، نیاز به طراحی نرم‌افزار گسیل هوشمند و سخت‌افزارهای ارتباطی بی‌سیم احساس می‌شد. با توجه به اینکه طراحی نرم‌افزاری در این سطح نیازمند صرف زمان و هزینه زیادی بود و همچنین احتیاج به داده‌ها و ورودی های دقیق و لحظه ای داشت، تصمیم گرفته شد تا پاره‌ای از پارامترها ثابت فرض شده مبنای کار ارائه الگوریتم توزیع هوشمند و نمایش قابلیت‌ها و توانایی‌های آن قرار گیرد. بدین ترتیب مسیرهای عبوری کامیون‌ها و تعداد شاول‌ها و همچنین مشخصات کامیون‌ها ثابت فرض شده و نحوه توزیع هوشمند و تأثیر افزایش - کاهش کامیون در روند توزیع و به طور کلی الگوریتم توزیع هوشمند به صورت نرم‌افزار Demo طراحی گردید.

در زیر اجزای گوناگون نرم‌افزار Demo معرفی شده است.  
در نرم‌افزار Demo فرضیات زیر در نظر گرفته شده است:

- تعداد شاول‌ها ثابت و برابر ۳ فرض شده است
- تعداد حداکثر کامیون‌ها ۹ عدد می باشد
- مسیرهای حرکت کامیون‌ها از قبل ترسیم شده است (مرحله ثبت مسیرها از فرایند گسیل حذف شده است)
- فواصل محل های تخلیه نسبت به شاول‌ها طوری انتخاب شده است که همواره فاصله شاول از دو محل تخلیه نسبت به محل تخلیه سوم کوتاه تر باشد. این امر جهت بررسی تأثیر فاصله در کیفیت توزیع مطرح شده است. (می دانیم که در توزیع کامپیوتری دوری و نزدیکی محل های تخلیه تأثیری در احتمال انتخاب مسیر نداشته و سیاست های استخراجی تأثیر اساسی در نحوه انتخاب مسیر دارد)



## سخت افزار ارتباط بی سیم ( RF COMMUNICATION HARDWARE )

پس از نرم افزار توزیع هوشمند ، سخت افزار ارتباط بی سیم یکی از مهمترین اجزای سیستم گسیل کامپیوتری به حساب می آید زیرا دقت گسیل وابسته به دقت زمان بندی و صحت اطلاعات ارسالی و دریافتی توسط این واحد می باشد .

به سه طریق می توان سخت افزار ارتباطی بی سیم را پیاده سازی کرد:

۱- طراحی سخت افزاری مجزا و استفاده از ماژول های ارتباط بی سیم

۲- استفاده از سخت افزارهای آماده

۳- WIRELESS LAN

طریقه اول عبارت است از طراحی کامل سخت افزاری جدید ، با توجه به خصوصیات مورد نیاز ، شامل طراحی کلیه مدارهای تغذیه ، پردازش ، ارسال و دریافت .

در روش دوم از محصولات شرکت های سازنده سخت افزارهای ارتباطی بی سیم استفاده می شود و نگرانی از نحوه دریافت و ارسال ، کد گذاری و کد گشایی ، بازیابی اطلاعات گم شده و ... وجود ندارد. در نتیجه توجه بیشتر معطوف به پردازش های ساده تر و کنترل ورودی و خروجی خواهد بود.

طریقه سوم استفاده از شبکه های بی سیم متداول در شبکه های کامپیوتری می باشد که بر پایه پروتکل TCP/IP کار می کنند.

هر یک از روش های بالا محاسن و معایب مربوط به خود را دارند. در مورد روش اول انعطاف پذیری و ارزانی از مزایا و پهنای باند کم و ضریب اطمینان پایین از معایب آن به حساب می آیند.

مزایای روش دوم آسانی کار و برد بالا و معایب آن پهنای باند نسبتاً کم و گرانی نسبی می باشند. روش سوم مطمئن ترین و در عین حال گران ترین روش محسوب می شود.

قابل ذکر است که می توان با حذف زمان نسبتاً طولانی و هزینه ای بیشتر روش اول را بهینه کرد و یا با استفاده از سخت افزارهای گران تر معایب روش دوم را پوشش داد ولی مقایسه بالا بر اساس حد وسطی بین سه روش فوق صورت گرفته است.

با توجه به قیمت بالای دو روش آخر و جهت نمایش Demo از عملکرد سخت افزار ، نمونه سخت افزاری روش اول توسط مؤلفین طراحی و ساخته شد. فرستنده این سخت افزار با توان ۱/۵ وات ، قابلیت ارسال اطلاعات تا 1.5 کیلومتر را با پهنای باند ۴۸۰۰ bps با مدولاسیون FSK را دارا می باشد .

## بر آورد هزینه طرح توزیع کامپیوتری کامیون ها

یکی از شرکت های بزرگی که در دنیا پروژه های توزیع کامپیوتری کامیون ها را در معادن اجرا می کنند شرکت کانادایی Wenco می باشد . جهت به دست آوردن ایده ای از هزینه اجرای چنین پروژه هایی با این شرکت



مکاتباتی انجام شد که شرکت فوق اطلاعات و آمار دقیقی از پروژه‌های خود را در اختیار قرار داد. در پی درخواست هزینه اجرای طرح در معدنی با ۱۵ کامیون و ۵ شاول، شرکت Wenco هزینه ای بالغ بر ۶۰۰۰۰۰ دلار را اعلام کرد که ۵۴۴۲۰۳ دلار آن هزینه نصب و راه اندازی سیستم و بقیه آن هزینه حمل تجهیزات خواهد بود. (صورت هزینه‌های اعلام شده توسط شرکت فوق در جدول شماره ۱ آمده است) خلاصه ای از آمار تأثیرات سیستم گسیل کامپیوتری در معادن مختلف ارائه شده توسط شرکت Wenco در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

جدول ۱ - لیست هزینه‌های اجرای سیستم توزیع کامپیوتری [۴]

موضوع	هزینه (به دلار)
نرم‌افزاری گسیل	۸۰۰۰۰
سخت‌افزارهای ارتباطی دوطرفه ماشین با مرکز کنترل	۷۴۷۸۳
سخت‌افزارهای پردازش، مدیریت، ذخیره، ورودی و خروجی	۲۱۸۵۰۰
تجهیزات رایانه‌ای مورد نیاز	۳۱۹۸۵
آموزش، مدیریت پروژه، پشتیبانی نرم‌افزار	۹۶۵۲۵
تجهیزات مدیریتی و نگهداری	۴۲۴۱۰
هزینه حمل تجهیزات	۵۰۰۰۰
جمع کل	۵۹۴۲۰۳



## جدول ۲ - نتایج اجرای سیستم توزیع کامپیوتری [۴]

معدن	نتیجه اجرای سیستم
Komtor mine	افزایش ۱۷ درصدی تولید با تنها ۱/۵ درصد افزایش هزینه‌های استخراج
Rio Tinto Technical services	افزایش تولید ۱۰۰۰۰ تن در روز
Rajmahal surface mine	افزایش ۱۳/۶ درصدی بازدهی کامیون‌ها و کاهش ۶۰ درصدی زمان‌های تأخیر
Minntac Iron Ore Mine	۱۰۰۰۰۰ دلار تا ۲۰۰۰۰۰ دلار افزایش تولید
Rossing Uranium mine	افزایش ۸ درصدی تولید و ۳ درصد صرفه‌جویی در هزینه‌ها
Rajmahal surface mine	۱/۷۵ تا ۲ برابر شدن تولید
Chair mine	۵۰ درصد صرفه‌جویی در هزینه‌های کامیون‌ها
Letlhakane and Orapa mines	آموزش سیستم‌های قدیمی (برنامه ریزی خطی) نیازمند ماه‌ها آموزش بوده ولیکن زمان آموزش سیستم فوق ۵ روز است
Kumtor	افزایش ۲۴ درصدی تولید
Syncrude	صرفه‌جویی ۲ تا ۳ میلیون دلار در سال
DeBeeVenetia	افزایش ۱۸ تا ۲۰ درصدی در تولید

با مقایسه تجهیزات مورد استفاده توسط شرکت Wenco و مقایسه با تجهیزات در دسترس و قابل استفاده در ایران و با توجه به اینکه نرم‌افزار توزیع هوشمند توسط مولفین طراحی شده و با توجه به قیمت کمتر خدمات در ایران نسبت به کانادا (هزینه‌های نصب و آموزش) و حذف هزینه حمل و همچنین حذف پاره‌ای از مشخصات غیر ضروری و تجملاتی از سیستم، به طوری که به کیفیت آن آسیبی نرسد، می‌توان چنین سیستمی را با همان کیفیت و قدرت با ۲۵ درصد هزینه پیشنهادی، یعنی با ۱۵۰۰۰۰ دلار، برای معدنی با همان مشخصات، ۵ شاول و ۱۵ کامیون، اجرا نمود.

## مراجع

[1] Bozo Kolonja, Vojin Cokorilo, "Simulation analyses of reliability of mining transportation systems"

[۲] سرکیسیان، آربی، محسنی، سعید، "سیستم گسیل کامپیوتری کامیون‌ها در معدن و بررسی امکان

اجرای آن در معدن ایران"، پروژه کارشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

[3] John Hansen, B.Eng. (hons), P.Eng. "Fragmentation a vital link in the drill to mill process information system"

[4] Wenco corporation website, www.wenco.com