کاربرد شبیه سازی در تخصیص بهینه منابع

محمد اقدسی – دانشیار دانشگاه تربیت مدرس maghdasi@modares.ac.ir
مهران هنرمندیان – مرکز تحقیقات مجتمع فولاد مبارکه mehr_isf@yahoo.com
جاوید آزمون – پژوهشگرهمکار دانشگاه تربیت مدرس j_azmoun@hotmail.com

در این مقاله چگونگی و نتایج بکارگیری شبیه سازی برای تعیین حوزه عملیات و تخصیص بهینه جرثقیل ها در انبارهای کلاف های اسید شوئی شده که درانتهای خطوط اسید شوئی مجتمع فولاد مبارکه قرار دارند، مورد توجه قرارگرفته است. مدلسازی شبیه سازی و انیمیشن دو بعُدی ورود کلافها از خط شماره ۱ و خط شماره ۲ اسید شوئی به انبارهای اسید شوئی و قرار گرفتن درآنجا و سپس خروج آنها از انبار به سوی نقاط مصرف، با استفاده ازبرنامه نرم افزاری Visual SLAM & AweSim انجام شد. دراین روش، چهار سناریوبرای شبیه سازی و مشاهده نتایج تعریف شد، بطوریکه محدوده عملیاتی جرثقیل های ۲ و ۳ در هریک از سناریوها به شکلی متفاوت ازیکدیگر تعریف گردید. نتایج حاصل از اجرای سناریوهای اول تا چهارم نشان داد که هرچه محدوده کاری و شرح وظائف جرثقیل۳ افزایش یابد، میزان استفاده از جرثقیل های ۲ و۳ به یکدیگر نزدیکتر می گردد. در سناریوی چهارم میزان استفاده از جرثقیل های ۲ و ۳ به ترتیب برابر ۸۴٪ و ۸۷٪ بدست آمد و سناریوی چهارم به عنوان سناریوی برتر انتخاب گردید. با توجه به مطالب فوق، علاوه بر معلوم شدن محل توقف و عملیات جرثقیل ها، تعادل در میزان استفاده از جرثقیل ها نیز حاصل گردید. نتایج بدست آمده ازاین بررسی، موجب ارائه پیش نهاداتی جهت بکارگیری بهتر جرثقیل شماره ۲ و ۳ در عملیات حمل و نقل کلاف ها و قطعی شدن طرح چیدمان کلاف های اسید شوئی شده در انبارهاو اعمال آن در سیستم MIS مجتمع فولاد مبارکه گردیده است.

(واژه کلیدها: شبیه سازی، واقعه گسسته، تخصیص منابع، چیدمان، کلاف، حمل و نقل، برنامه ریزی)

شرح مساله

مجتمع فولاد مبارکه، به عنوان بزرگترین تولید کننده ورق فولادی، در حال حاضر دارای یک خط اسید شوئی ورق می باشد که خروجیهای آن در انباری موسوم به انبار اسید شوئی، برای یک مدت مشخص جایابی می شوند. ظرفیت تولید خط اسید شوئی ۱ برابر ۹۰۰ هزار تن در سال است که در قالب کلاف هائی با اوزان ۹، ۱۱، ۱۳، ۱۶ و ۱۸ تن به

انبار اسید شوئی وارد و از آن در زمان مقتضی خارج می گردند. کلافهای اسید شوئی شده، پس از خروج از خط اسید شوئی، توسط کویلرها پیچیده شده و پس از قرار گرفتن روی حمل کننده های زنجیری[1] به طرف دستگاه تسمه زنی می روند. پس از تسمه زنی نیز با طی کردن یک فاصله چند متری به نقطه توقف جهت حمل با جرثقیل سقفی می رسند. جرثقیل شماره ۲ نسبت به برداشت، جابجائی و گذاشت آن در یک نقطه از انبار اقدام می نماید. پس از گذشت مدتی، جرثقیل ۲ مجدداً کلاف جایگذاری شده را برداشته و به نقطه مصرف (موسوم به تاندم ۵ قفسه) برای انجام عملیات نورد سرد (کشیدن ورق در حالیکه سرد است) انتقال می دهد. مساله مورد نظر این است که تغییرات زیر قرار است صورت گیرد:

نصب و راه اندازی یک خط نورد سرد جدید با ظرفیت یک میلیون و یکصد هزار تن؛

پیوسته کردنِ ورود کلاف به تاندم ۵ قفسه ای با نصب تجهیزات مربوطه.

انجام دو موضوع فوق، موجب افزایش نرخ کلاف های وارده به انبار و صادره از آن می گردد و لذا موجب ایجاد شرائط تازه در نحوه انجام عملیات و لذا طرح سوالاتی به شرح زیر می گردد:

چه تعداد جرثقیل برای جابجائی کلافها پس از انجام طرح توسعه مورد نیاز است؟

محدودهٔ کاری مطلوب جرثقیل ها در ظرفیت جدید خطوط اسید شوئی کدام است و روش تحلیلی آن چیست ؟

در صورتیکه محدودهٔ کاری جرثقیل ها به نحوه مطلوب تعیین شود، متوسط زمانهای کاری (یا بیکاری) جرثقیل ها چقدر است؟

چگونه توازن و تعادل در میزان استفاده از جرثقیل ها تحقق می یابد؟

متوسط مقدار فضای انبار که مورد استفاده قرار می‌گیرد چه میزان است؟

سولات بسیار مهم دیگری نیز قابل طرح است که از طرح آنها به دلیل عدم ضرورت در این مجمل اجتناب می شود.

مدلسازی

متناسب با روش انتخابی برای حل مساله، مدلسازی مساله نیز از اصول خاص خود پیروی می کند. در مدلسازی از نوع شبیه سازی، لازم است پیش از هر چیز، نسبت به شناسائی محدوده مساله اقدام نمود و سپس نسبت به تعریف چهار چوبی دقیق برای آن اقدام کرد. تعیین تجهیزات و منابع عملیاتی وفعالیتهائی که می بایست برای انجام عملیات مد نظر قرار گیرند، بسیار مهم است و جمع آوری اطلاعات آنها نیز از اهمیت بالائی برخوردار است. پس از اینکه موارد بالا به کاملترین شکل ممکن صورت گرفت، مدلسازی مفهومی آغاز می شود.

مدلسازی مفهومی

کلافها درخط اسیدشوئی ۱ و۲ باتوجه به ظرفیت هر یک از آنها که البته متفاوت از یکدیگر می باشند، با فواصل بین خروج نسبتاً متفاوتی به انبار اسیدشوئی وارد می شوند و در یکی از ۱۳ جایگاه خالی موجود در سطح اول یک ردیف (از میان ردیف های موجود) و یا در صورت پر بودن سطح اول تمام ردیف ها، در یکی از ۱۲ جایگاه خالی موجود در سطح دوم یکی از ردیف ها قرار می گیرد . لازم به ذکر است که پس از ورود کلاف به انبار، برای مشخص شدن اینکه جای خالی در کجا موجود است، سطح اول و سپس سطح دوم انبار در قسمت مورد نظر از نقطه شروع تا پایان مورد ارزیابی قرار می گیرد. پس از استقرار کلافها در انبار، متناسب با نیاز خط تاندم پیوسته، مجدداً از انبار برداشته شده و مورد استفاده قرار می گیرند.

ورود کلاف ها از خطوط اسید شوئی به انبار

براساس اطلاعات دریافتی از دفتر فنی نورد سرد و باتوجه به اطلاعاتی که درمورد پیش بینی میزان تولید وبرنامه تولید خطوط اسیدشوئی مورد بررسی قرارگرفت، یک برنامه تولید که در آن کلافها از ابتدا درگروه های مختلف تولید می شوند، مدنظر واقع

[1] - **Chain Conveyor**

گردید ومبنای ایجادکلاف قرار داده شد. دراین حالت یک دوره مشخص برای تولید انواع کلاف متناسب با سهم هر یک از گروه های کلاف تهیه شد و به صورت یک سیکل تکرار شونده ،مبنای ایجاد کلاف قرار گرفت.

کلاف های خروجی از خطوط اسید شوئی با میکس مشخص و معلوم به ترتیب وارد انبار اسیدشوئی می گردند. کلاف ها پس از ورود به انبار با حاضر شدن در محل مربوطه، (جلوی خطوط اسید شوئی) منتظر آمدن جرثقیل می مانند تا نسبت به حمل آنها اقدام گردد (این موضوع که برای هریک از خطوط اسید شوئی، کدام جرثقیل می بایست اقدام به حمل کلافهای خروجی بنماید، در سناریوهای مختلف که در قسمت های بعدی تشریح گردیده، بیان شده است).

محدوده عملیاتی جرثقیل برای چیدن کلاف های خروجی از خط اسید شوئی شماره ۱ در محدوده ردیف های ۳۵ الی ۶۵ (۳۱ ردیف) فرض شده است والبته درهر محدوده ای قابل تغییر می باشد . در این حالت، کلاف خروجی از خط شماره ۱ اسید شوئی توسط جرثقیل به یکی از ردیف هائی که دارای پوزیشن خالی باشد ، انتقال می یابد. جرثقیل پس از جایگذاری کلاف در یکی از پوزیشن های تعیین شده در فوق، برای انجام عملیات بعدی که حمل کلاف بعدی است، آزاد می گردد و آماده حمل کلاف بعدی می شود.

کلاف های خروجی از خط ۲ اسید شوئی نیز می توانند در ردیف های ۶۶ الی ۱۲۹ یعنی ۶۰ ردیف از ردیف های موجود در انبار شماره ۱ اسید شوئی جای گذاری گردند. این کلاف ها پس از خروج از خط ۲ اسید شوئی، در انتظار رسیدن جرثقیل a ۲ می مانند. جرثقیل a ۲ پس از حضور در محل، نسبت به برداشتن کلاف و حمل و جایگذاری آن در محل تعیین شده که یکی از پوزیشن های خالی موجود در ردیف های ۶۰ گانه می باشد، اقدام می کند. جرثقیل پس از جای گذاری کلاف در محل تعیین شده جهت برداشتن کلاف بعدی از محل مربوطه (جلوی خط اسید شوئی ۲) در محل مذکور آماده می گردد.

برداشت کلاف توسط تاندم پیوسته از انبار اسید شوئی

نقطه ورودی کلاف به تاندم پیوسته در انتهای انبار قرار داد، لذا کلاف های مورد نیاز این نقطه مصرف، از سطح انبار برداشت شده و به این نقطه تحویل می شوند. فرض بر این است که یکی از جرثقیل های شماره ۲ یا ۳ ، متناسب با الگوی مصرف در تاندم پیوسته، عمل تغذیه این نقطه مصرف را بر عهده دارد. در این حالت پس از درخواست تاندم پیوسته برای دریافت کلاف و براساس برنامه زمانی تعیین شده، یکی ازجرثقیل های ۲ یا ۳، اقدام به حمل کلاف از انبار به محل ورودی تاندم پیوسته می نماید و پس از قراردادن کلاف در محل ورودی تاندم پیوسته، برای حمل کلاف بعدی آماده می گردد. محل های برداشت کلاف از انبار توسط جرثقیل ها، در بحث تشریح منطق برداشت کلاف توسط جرثقیل ها برای خط تاندم پیوسته، تشریح خواهد شد.

منطق تصمیم گیری درمورد ورود کلاف از خط اسید شوئی ۱ به انبار

کلاف ها در این حالت پس از ورود به انبار اسیدشوئی، در صورت ضرورت در صف انتظار رسیدن جرثقیل مورد نظر می مانند . جرثقیل مورد نظر که محدوده عملیاتی از ردیف ۳۵ الی ۶۵ تعیین شده براساس محاسبه ساده زیر حداکثر ۱۱۶/۸ ثانیه در سفر می باشد تا مجدداً بتواند به نقطه شروع حمل کلاف (جلوی اسیدشوئی ۱ در انبار) بازگردد.

(زمان برداشتن کلاف) + (رفت و برگشت× سرعت جرثقیل (متر بر ثانیه) × (طولانی ترین فاصله از نقطه درخواست جرثقیل به متر))

((۴ × ۱۶) × ۰/۶ × ۲) + ۴۰ = ۱۱۶/۸

در رابطه فوق ، عدد ۴ بیانگر تعداد ستون با توجه به اینکه هر ستون ۱۶ متر طول دارد بین دورترین نقطه مقصد حمل و نقطه شروع حمل، فاصله وجود دارد. سرعت جرثقیل برابر ۰/۶ (متر بر ثانیه) می باشد و این مسیر برای رفت و برگشت جرثقیل درنظر گرفته می شود (ضرب در ۲) و در نهایت به علاوه حداکثر۴۰ ثانیه برای قراردادن کلاف در پوزیشن زمان لازم است. جمع زمان مذکور برابر ۱۱۶/۸ ثانیه می گردد که بسیار کمتر از زمان بین ورود کلاف های ۹ تنی می باشد. زمان بین ورود کلاف های ۹ تنی که غالباً کوچکترین کلاف های برنامه تولید هستند برابر حداقل ۴ دقیقه است که این زمان در تئوری نشان می دهد که جرثقیل در موعد مقرر باید بتواند در موعد مقررر محل، حاضر گردد و لذا از تجمع کلاف های روی حمل کننده زنجیری جلوگیری شود.

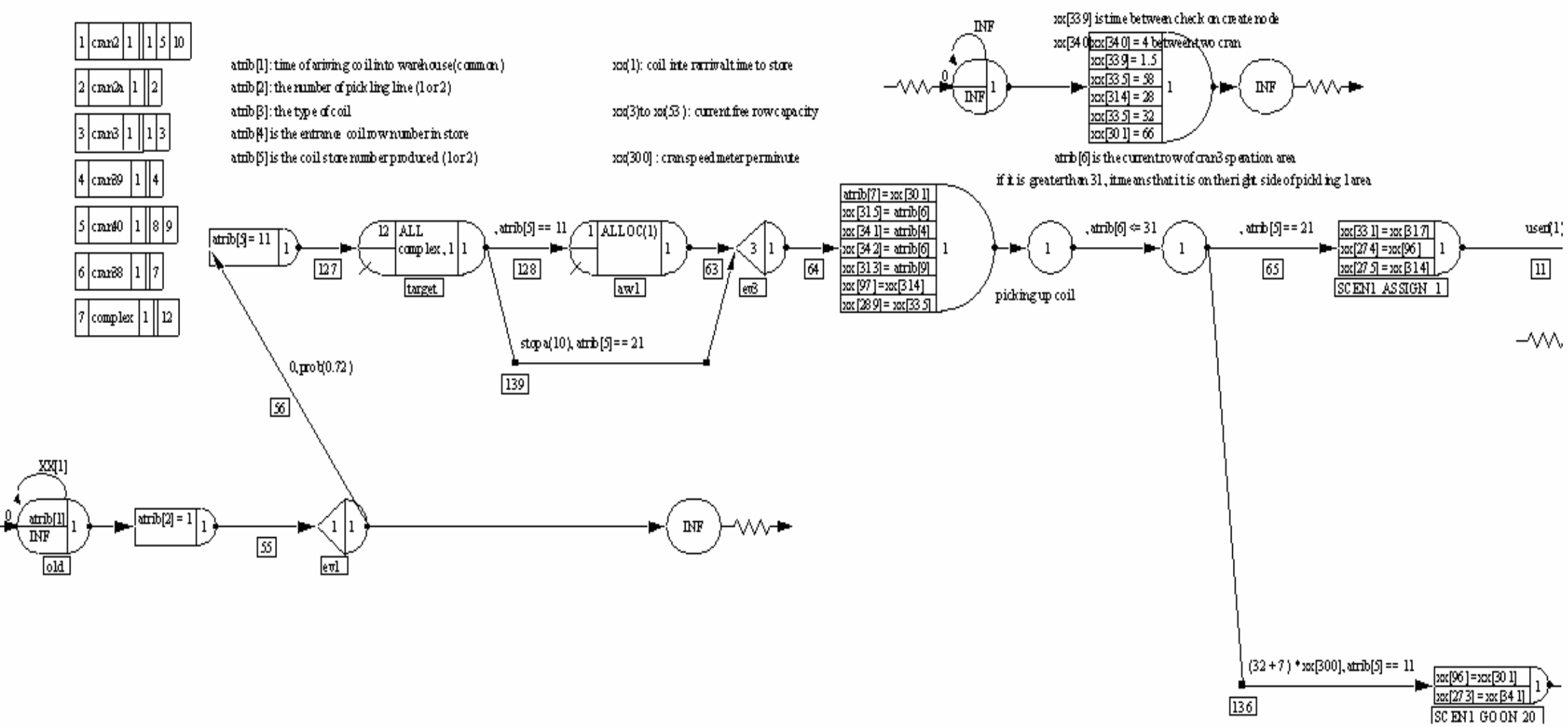
پیش از قرار دادن کلاف در انبار، بررسی می شود که کدام یک از پوزیشن های موجود در سطح یک و نزدیکترین ردیف نسبت به نقطه ورودی تاندم پیوسته می باشد، خالی است. در صورتی که پوزیشن خالی وجود داشته باشد ، یک پوزیشن به کلاف تخصیص می یابد و ضمن کم شدن یک واحد از پوزیشن های آزاد، جرثقیل برای حمل مجدد به نقطه ورود ی کلاف (جلوی اسید شوئی ۱) باز می گردد. لازم به ذکر است که جستجو برای یافتن یک پوزیشن خالی در سطح یک و سپس در سطح دو به طور مکرر صورت می پذیرد تا یک پوزیشن خالی برای قراردادن کلاف پیدا شود. بدیهی است که در این صورت اگر پوزیشن خالی پیدا نشود، کلاف منتظر خالی شدن یک پوزیشن باقی می ماند .
منطق تصمیم گیری در مورد ورود کلاف از خط اسید شوئی ۲ به انبار، جز در محدوده آن، مشابه بالا است.

منطق مربوط به برداشت کلاف توسط تاندم پیوسته از انبار

تاندم پیوسته براساس ظرفیت تولید سالیانه و با توجه به الگوی تولید، اقدام به برداشت کلاف از انبار می نماید. برنامه سازی براساس الگوی تعیین شده از میان کلاف های موجود در انبار اسید شوئی صورت می گیرد. فرض اولیه بر این است که جرثقیل می تواند از میان کلاف های موجود در ردیف های ۳۵ الی ۶۵ اقدام به گزینش کلاف نماید. در عمل برای جلوگیری از نقصان جرثقیل، نواحی مورد نظر برای تغذیه تاندم پیوسته توسط جرثقیل از ردیف ۳۵ تا حداکثر ۶۵ در نظر گرفته شده. بررسی این موضوع که محدوده های فوق تا چه حد مناسب می باشند و نواحی عملیاتی تفکیکی مطلوب براساس جرثقیل چگونه می باشند، تحت سناریوهای مختلف شبیه سازی، مورد بررسی قرار می گیرد. در مورد چگونگی گزینش کلاف برای تاندم پیوسته بدین گونه عمل می شود که کلافی که بیشترین زمان انتظار را دارد انتخاب شده و حمل توسط جرثقیل انجام می پذیرد. در صورتیکه جرثقیل برای حمل کلاف به تاندم پیوسته به هر دلیلی مشغول باشد، جرثقیل دیگری می تواند در صورت آزاد بودن و عدم تداخل با جرثقیل اول، نسبت به حمل اقدام نماید.

مدلسازی شبکه ای (graphical model)

در مدل شبکه ای Visual SLAM برای این پروژه، ورود نهاد به شبکه از طریق گره create که بیانگر ایجاد کننده کلاف های خروجی از خط اسید شوئی ۱ در ابتداء مدل شبکه ای می باشد صورت می گیرد. ویژگی شماره ۲ نهاد یا همان atrib(2) ، برابر۱قرار داده می شود تا بیانگر کلاف های خروجی از خط اسید شوئی شماره ۱ باشد. نهاد در ادامه مسیر وارد گره event با کد ۱ میگردد که طی آن، زمانهای بین ورود کلاف های بعدی از خط اسیدشوئی ۱ تعیین می شود و در صورت لزوم عمل جلوبری زمان صورت میگیرد. لازم به ذکر است که برنامه تولید متناسب آنچه بیان گردید دراین واقعه از یک الگوی تکراری پیروی میکند و در طول اجرای مدل با جلو رفتن زمان تغییر کرده و تعیین میگردد. مدل شبکه ای باقیمانده عملیات نیز به همین ترتیب با جزئیات لازم، مدلسازی گردید که از ذکر آنها خودداری می شود.
بخش کوچکی از مدل شبکه ای که شرح آن در ابتدای توضیحات فوق گذشت، در زیر دیده می شود:


1 cran2 1 1 5 10
2 cran2h 1 2
3 cran3 1 1 3
4 cran89 1 4
5 cran90 1 8 9
6 cran88 1 7
7 complex 1 12
atrib[1]: time of ariving coil into warehouse(common)
atrib[2]: the number of pickling line (1 or 2)
atrib[3]: the type of coil
atrib[4] is the entrance coil row number in store
atrib[5] is the coil store number produced (1 or 2)
xx(1): coil inte rarrivaltime to store
xx(3)to xx(53): current free row capacity
xx(300) : cran speed meter per minute
INF
xx[339] is time between check on create node
xx[340] xx[340] = 4 between two cran
xx[339] = 1.5
xx[335] = 38
xx[314] = 28
xx[335] = 32
xx[301] = 66
atrib[6] is the current row of cran3 operation area
if it is greaterthan 31, it means that it is on the right side of pickling 1 area
atrib[3] = 11
127
12 ALL complex, 1
target
, atrib[5] == 11
128
1 ALLOC(1)
aw1
63
3
en3
64
atrib[7] = xx[301]
xx[315] = atrib[6]
xx[341] = atrib[4]
xx[342] = atrib[6]
xx[313] = atrib[9]
xx[97] = xx[314]
xx[289] = xx[335]
picking up coil
, atrib[6] <= 31
, atrib[5] == 21
65
xx[331] = xx[317]
xx[274] = xx[96]
xx[275] = xx[314]
SCEN1_ASSIGN_1
user(1)
11
stopa(10), atrib[5] == 21
139
0, prob(0.72)
56
XX[1]
atrib[1]
INF
old
atrib[2] = 1
55
evl
(32 + 7) * xx[300], atrib[5] == 11
136
xx[96] = xx[301]
xx[273] = xx[341]
SCEN1 GO ON 20

تشریح مدل شبیه سازی و اعتبار آن (verification & validation)

پس از ایجاد مدل گرافیکی که یکی از راه های ایجاد نهاد در مدل شبیه سازی در Visual SLAM & AweSim می باشد، لازم است منطق آن بخش از مدل را که نتواتسته ایم در مدل شبکه ای بنا کنیم، در قسمت "برنامه کاربر"، کد نویسی نمائیم. در این قسمت، منطق های مورد عمل برای چیدمان صحیح کلافها در انبار، تعیین زمان های ورود کلاف های بعدی با توجه به گذشت زمان، تخصیص مقادیر به ویژگیهای نهاده ها در شرائط خاص، اجرای حرکت صحیح جرثقیل ها به صورت دو به دو جهت جلوگیری از تداخل آنها، افزایش و کاهش برخی مقادیر(مانند موجودی انبار) و همچنین نمایش های پویای جرثقیل ها و کلاف ها (از بعُد تغییر در داده های مرجع) ، کد نویسی شده است. به عنوان نمونه، واقعه کد نویسی شده که با اجرای آن موجودی انبار با کاهش متغییر VS.XX(vs6_xx_start) کاهش می یابد را در زیر مشاهده می کنید:

```
public sub ev6(coil as vsentity, first6_count as integer, last6_count as integer, a6trib6 as
integer, vs6_xx_start as integer, a as integer)
dim counter6 as integer
   for counter6 = first6_count to last6_count step a
      if coil.atrib(6) = a6trib6 then
       vs.xx(vs6_xx_start) = vs.xx(vs6_xx_start) - 1
       exit sub
      end if
      a6trib6 = a6trib6 + 1
      vs6_xx_start = vs6_xx_start + 1
   next counter6
end sub
```

در مدل شبیه سازی، متغیرها، توابع ووقایع متعددی در قسمت "برنامه کاربر" کد نویسی می شود که بدون بکارگیری آنها در غالب موارد مدلسازی صحیح و کارآمد امکانپذیر نیست.

از آنجائیکه تولید کلاف در مدل شبیه سازی بر اساس برنامه تولید تکرار شونده صورت می پذیرد؛ پیش بینی مجموع تعداد کلاف خروجی در مقطع مشخصی از زمان به سادگی قابل محاسبه گردید و از این رو پس از اجرای مدل و برآورد خروجی آن در مقاطع مشخصی از زمان، صحت اجرای برنامه تولید و صحت عملکرد مدل، مورد تائید قرار گرفت. تغییر دادن برخی متغییرها و پارامترهای مشروحه در فوق نیز از بُعد تجزیه وتحلیل حساسیت و مشاهده نتایج، مُعرف معتبر بودن عملکرد مدل گردید. در این حالت با تغییر دادن طول مدت زمانهای سرویس و کاهش یا افزایش سرعت جرثقیل، وضعیت صف ها بصورت کاملاً مورد انتظار، تغییر می نمود. با توجه به اینکه بخشی از وقایع مدلسازی، مربوط به انجام طرح توسعه در آینده بود و برای آن هیچگونه اطلاعات قبلی و تاریخی موجود نبود، از دانش کارشناسان دفتر فنی، برای کسب اطمینان از صحت مدل استفاده شد و مدل بر اساس تائید کتبی دفتر فنی مورد تائید قرار گرفت.

تشریح سناریو ها و آزمایشها

پس از انجام مدل سازی شبیه سازی واجرای اولیه آن، مشخص شد که میزان استفاده از جرثقیل های ۲ و۳ درحد فاصل ورودی تاندم پیوسته و محل خروجی خط اسیدشوئی ۱ ازدیگر قسمت ها بیشتر است وجهت برنامه ریزی آنها، لازم است مورد بررسی وتجزیه وتحلیل در چند حالت مختلف قرار گیرند. در این رابطه سناریو های مختلف و بالطبع برخی موارد و فاکتورهای مهم مد نظر قرار گرفت تا بر اساس آنها اقدام به انتخاب بهترین سناریو بنمائیم. مهمترین موارد و موضوعات مورد نظر به شرح زیر برای تعیین سناریوها مورد توجه قرار گرفتند :

۱- تعیین تعداد جرثقیل موردنیاز؛

۲-تعیین ناحیه کاری جرثقیل ها به شکلی که میزان استفاده از آنها تقریبا وتاحدممکن برابر باشد(مخصوصا جرثقیل های ۳، ۲و۲a)؛
۳- ارائه layout و تعیین محل و تعداد ردیف های قابل چیدن وتعداد پوزیشن های مورد نیاز در هر یک؛
۴- تعیین میزان استفاده از جرثقیل ها ازمجموع زمان در دسترس بودن آنها؛
۵- تعیین تعداد کلاف های منتظر در صف برای حمل با جرثقیل.
باتوجه به نکات فوق چهار سناریو به شرح زیر جهت تجزیه وتحلیل مورد مدل سازی وشبیه سازی مورد توجه قرارگرفت که نتایج هر یک را نیز در ادامه این گزارش تشریح نموده ایم.

سناریوی اول :

بررسی انجام عملیات توزیع کلاف های خطوط اسید شوئی ۱ و ۲ در حالتیکه صرفاً جرثقیل ۳ نسبت به شارژ کلاف های موجود در نیمی از ناحیه سمت چپ اسید شوئی ۱ (۱۵ ردیف اول در سمت چپ خط اسیدشوئی ۱) به تاندم پیوسته اقدام نماید و بقیه عملیات توزیع کلاف توسط جرثقیل ۲ انجام شود. (تاکید می شود که در این سناریو، در رابطه با شارژ کلاف های ۱۵ ردیف اول به تاندم پیوسته، جرثقیل ۲ مشارکت نمی کند و فقط جرثقیل ۳ آنرا انجام می دهد). همچنین شارژ کلاف از بقیه قسمتهای انبار به تاندم پیوسته، توسط جرثقیل ۲ انجام می شود.

سناریوی دوم:

جرثقیل ۳ نسبت به شارژ کلاف های موجود در کل ناحیه سمت چپ اسید شوئی ۱(۳۱ ردیف اول) به تاندم پیوسته اقدام می نماید. جرثقیل ۲، نسبت به تخلیه خط اسید شوئی ۱ به راست و شارژ کلاف های راست بطور مستقیم به تاندم پیوسته اقدام می نماید. (تاکید می شود که در این سناریو، در رابطه با شارژ کلاف های سمت چپ خط اسید شوئی ۱ به تاندم پیوسته، جرثقیل ۲ مشارکت نمی کند و فقط جرثقیل ۳ اینکار را انجام می دهد)؛

سناریوی سوم:

در این سناریو، جرثقیل ۳ نسبت به تخلیه خط اسید شوئی۱ به سمت چپ آن اقدام می نماید. همچنین جرثقیل ۳ نسبت به شارژ کلاف از این منطقه (سمت چپ اسید شوئی ۱) به تاندم پیوسته اقدام می نماید. جرثقیل شماره ۲ نسبت به تخلیه خط اسید شوئی ۱ به ناحیه راست اسید شوئی ۱ اقدام کرده و همچنین عمل شارژ تاندم پیوسته از سمت راست خط اسید شوئی ۱ را به صورت مستقیم نیز انجام می دهد.

سناریوی چهارم:

در این سناریو، جرثقیل ۳ نسبت به تخلیه خط اسید شوئی۱ به سمت چپ خط اسید شوئی ۱ اقدام می نماید. همچنین جرثقیل ۳ نسبت به شارژ کلاف از این منطقه (سمت چپ اسید شوئی ۱) به تاندم پیوسته اقدام می نماید. جرثقیل شماره ۲ نسبت به تخلیه خط اسید شوئی ۱ به ناحیه راست اسید شوئی ۱ اقدام کرده ولی تنها جابجائی کلاف از سمت راست به چپ خط اسید شوئی ۱ (نه به تاندم پیوسته) برا ی شارژ به تاندم پیوسته توسط جرثقیل ۳ را انجام می دهد.
لازم به تذکر است که در مورد تمام سناریوهای فوق الذکر، جرثقیل شماره ۲، در رابطه با شارژ مستقیم یا غیر مستقیم کلافهای موجود درحد فاصل سمت راست خط اسید شوئی ۱ تا سمت چپ اسید شوئی ۲ به تاندم پیوسته، اقدام می نماید.

نتایج حاصل از اجرای سناریوها

با برسیهای انجام شده روی سناریوهای مذکور، نتایج زیر برای هر سناریو مشخص گردید:

سناریوی ۱ و ۲

با توجه به اینکه در این سناریو ها جرثقیل ۳ فقط اقدام به تخلیه ۱۵ و ۳۰ ردیف اولیه انبار می کند، مشاهده شد که به دلیل آزاد بودن جرثقیل ۳ در اغلب اوقات (که کاملاً بارز است) تا حداکثر ۱۵ ردیف اولیه از انبارپر می شود و البته با این فرض که اجازه دهیم انبار طی یک شیفت فقط ورودی داشته باشد و پس از آن، عمل برداشت کلاف آغاز گردد. با این اوصاف میزان استفاده از جرثقیل ها در هر انبارها به شرح زیر مشاهده گردید:

نتایج اجرای سناریو های ۱ و ۲				
شماره جرثقیل	ناحیه عملیاتی	تعداد کلاف در صف انتظار برای جرثقیل	میزان بیکاری جرثقیل	میران استفاده از جرثقیل
3	شارژ کلاف های ۱۵ یا ۳۱ ردیف اول انبار	حد اکثر ۵۹ کلاف آماده برای شارژ به تاندم در سمت چپ اسید شوئی ۱ (شروع به شارژ کلاف به تاندم بعد از ۱ شیفت)	٪۵۳	٪۴۷
2	پر کردن ردیف های چپ و ۱۵ ردیف راست اسید شوئ ۱ و شارژ مستقیم کلاف های اسید شوئی ۲ به تاندم	۲ کلاف روی خط اسید شوئی ۱ / ۳۲۶ کلاف در سمت راست اسید شوئی ۱ مربوط به اسید شوئی ۲	٪۳	٪۹۷
2a	تخلیه خط اسید شوئی ۲ در ۶۰ ردیف از انبار (شروع از اولین ردیف در سمت راست اسید شوئی۱)	حد اکثر ۱ کلاف روی خط اسید شوئی ۲	٪۳۷	٪۳۶

سناریوی ۳

در۲ سناریوی گذشته تخلیه خط ۱ اسید شوئی بر عهده جرثقیل ۲ بود و شارژ مستقیم کلاف نیز از سمت راست اسید شوئی به تاندم را نیز انجام می داد که ترافیک سنگینی را برای جرثقیل ۲ ایجاد می کردو به علاوه موجب ایجاد سد معبر برای جرثقیل ۳ و ترک کردن ناحیه استراتژیک اطراف خط اسید شوئی ۱ می شد. به دلیل مذکور مشخص شد که انتصاب حمل مستقیم کلاف های خط اسید شوئی ۲ به تاندم پیوسته توسط جرثقیل ۲ منطقی نبوده و موجب اشکال در بهره برداری صحیح از منابع می شود. لذا از اجرای سناریو ۳ صرف نظر شد.

سناریوی ۴

با توجه به اینکه در این سناریو بار کاری جرثقیل ۲ از وضعیت متعادل و منطقی تری برخوردار می گردد و تقسیم کار مطلوبی بین این جرثقیل و جرثقیل شماره ۳ برقرار می شود و با توجه به نتایج اجرای این سناریو در مدل شبیه سازی، اجرای آن در عمل موجب بهره وری بیشتری در استفاده از منابع موجود می گردد و به عنوان بهترین حالت تجویز گردید. نتایج اجرای این سناریو در ادامه آمده است (به دلیل اینکه اجرای این سناریو از زمان صفر شروع شده است، تعدادکلاف در صف جرثقیل ها قابل توجه نیست هرچند در صورتیکه تخلیه مانند سناریوهای ۱ و ۲، پس از یک شیفت آغاز گردد، تعداد کلاف در صف ها مشابه سناریوهای ۱ و ۲ خواهد شد ولی میزان استفاده از جرثقیل ها بطور چشمگیری متفاوت است).

نتیجه اجرای سناریو ی ۴					
شماره جرثقیل	ناحیه عملیاتی	تعداد کلاف در صف انتظار برای جرثقیل		درصد آزاد بودن جرثقیل	درصد مشغول بودن جرثقیل
3	شارژ کلاف های۳۱ ردیف اول انبارو انتقالی به سمت چپ اسید شوئی ۱ و تخلیه خط اسید شوئی ۱ به طرف چپ	حداکقر ۱ کلاف		٪۱۳	٪۸۷
2	پر کردن ردیف های راست اسید شوئ ۱ و انتقال کلاف های اسید شوئی ۲ از راست اسید شوئی ۱ به سمت چپ آن	۰ کلاف روی خط اسید شوئی ۱ کلاف آماده برای ذخیره در ردیف های سمت چپ اسید شوئی۱	۵ کلاف در سمت راست اسید شوئی ۱مربوط به اسید شوئی ۲	٪۱۶	٪۸۴
2a	تخلیه خط اسید شوئی ۲ در ۶۰ ردیف از انبار (شروع از اولین ردیف در سمت راست اسید شوئی)	حد اکثر ۱ کلاف		٪۳۴	٪۶۶

استخراج طرح layout (چیدمان) انبارهای اسیدشوئی بر مبنای مدل

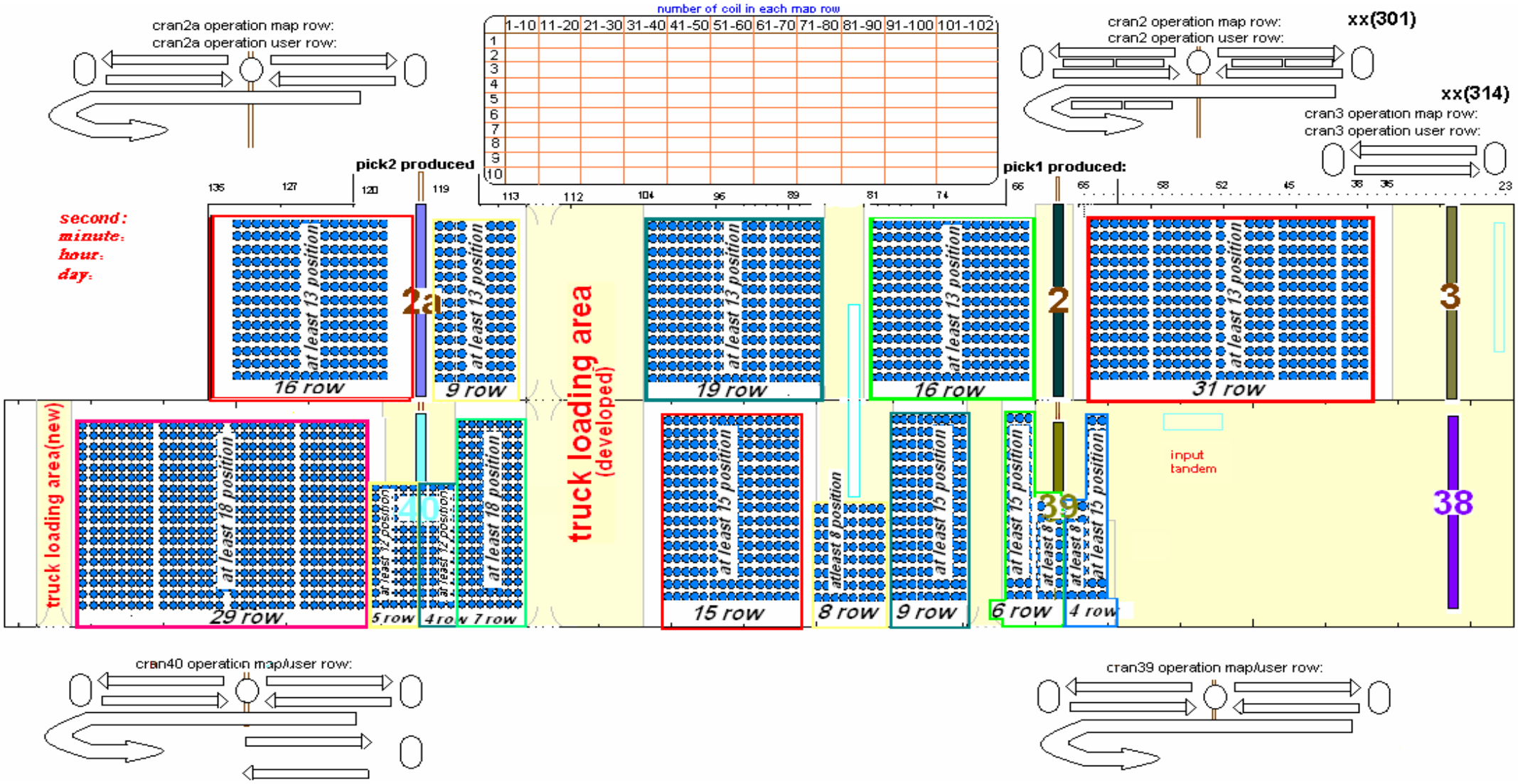
پس از بررسی شرایط موجود واجرای مدل شبیه سازی، طرح پیشنهادی چیدمان انبارهای اسیدشوئی به دو صورت زیرمورد نظر قرار گرفت :

طرح چیدمان شماره ۱

۱- درانبار ۱ جمعا ۹۱ ردیف که هر ردیف میتوانند حداقل ۱۳ کلاف سیکل درسطح ۱ را قبول کند، می توان ایجاد نمود. فواصل بین ردیف ها (فاصله محور کلافهای چیده شده از یکدیگر) به طور متوسط ۲/۵ متر درنظر گرفته شده است.
۲- پیشنهاد می شود درانبار شماره ۲ نیز ۸۱ ردیف درنظر گرفته شود که البته باتوجه به قسمتهای مختلف انبار و وجود تجهیزات یا فضاهای خاص، این ردیف ها کامل نبوده وگاهاً تعداد کمتری پوزیشن نسبت به سایر ردیف ها قبول میکنند.
در طرح چیدمان شماره ۱، مجموع ردیف های مربوط به کلافهای تاندم دوقفسه ای برابر حداقل ۴۱ ردیف ومجموع ردیف های موجود درانبار کلافهای فروش، برابر حداقل ۴۵ ردیف درنظرگرفته شده است. تعداد پوزیشن ردیف های موجود در انبار کلاف های تاندم دو قفسه ای حداقل برابر ۱۳ پوزیشن و برای فروش برابر ۱۸ پوزیشن پیشنهاد می شود که درسطح اول چیده می شوند. پتانسیل سطح دوم برابر $n-1$ کلاف به فرض n کلاف در سطح اول می باشد.
با توجه به آرایش این جانمائی و آنچه در فوق به آن اشاره شد، تعداد کلاف قابل چیدن در طرح شماره ۱ چیدمان در انبارهای کلافهای سیکل، تاندم دو قفسه ای وفروش به شرح جدول زیر می باشد:

مجموع تعداد کلاف در سطوح ۱ و ۲ در هر انبار در طرح چیدمان ۱					
نام انبار	تعداد ردیف	تعداد level	تعداد در level اول	تعداد در level دوم	مجموع در level ها
تاندم پیوسته	91	2	1,183	1,092	2,275
تاندم دو قفسه	42	2	539	497	1,036
فروش	45	2	756	711	1,467

تصویر زیر نیز نشان دهنده چگونگی جانمائی ردیف ها وتعداد ردیف های موردنظر درانبارها در این طر چیدمان است:

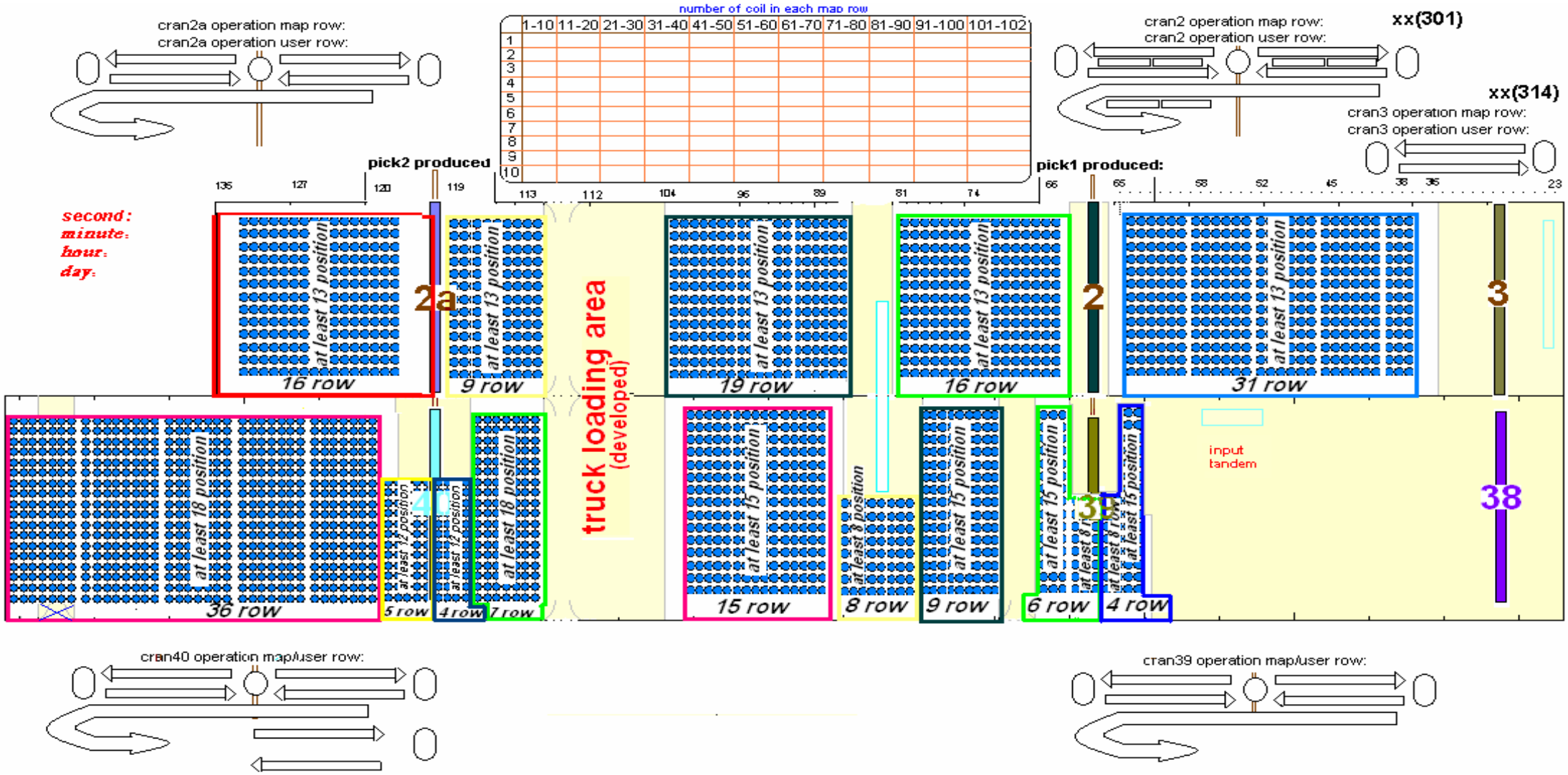

number of coil in each map row
1-10 11-20 21-30 31-40 41-50 51-60 61-70 71-80 81-90 91-100 101-102
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
cran2a operation map row:
cran2a operation user row:
cran2 operation map row:
cran2 operation user row:
xx(301)
xx(314)
cran3 operation map row:
cran3 operation user row:
pick2 produced
pick1 produced:
135 127 120 119 113 112 104 96 89 81 74 66 65 58 52 45 38 36 23
second:
minute:
hour:
day:
2a
2
3
at least 13 position
16 row
9 row
19 row
16 row
31 row
truck loading area
(developed)
truck loading area(new)
at least 18 position
29 row
at least 12 position
5 row
40
4 row
7 row
at least 15 position
15 row
atleast 8 position
8 row
9 row
6 row
4 row
39
input
tandem
38
cran40 operation map/user row:
cran39 operation map/user row:

طرح چیدمان شماره ۲

قابل ذکر است که در حال حاضر در نقشه های حاضر مربوط به انبار فروش، دو نقطه برای بارگیری کلاف روی حمل کننده ها (تریلرها) پیش بینی شده بوده است، در طرح چیدمان شماره ۱ ، هر دو نقطه بارگیری در نظر گرفته شده بود و در تصویر مربوطه دیده می شوند؛ اما با توجه به اینکه محاسبات نشان داد که میزان استفاده از جرثقیل شماره ۴۰ بحرانی نمی باشد و همچنین محوطه بارگیری حاضر نسبت به محوطه جدیدی که در انتهای سالن به عنوان محل جدید بارگیری ایجاد شده، به مراتب کارآمدتر است ، طرح چیدمان شماره ۲ باافزایش تعداد ردیف های قابل استفاده برای چیدن کلاف های احتمالی، پیشنهاد می شود. با این توضیحات، جدول و ظرفیت محاسبه شده برای انبارها با تاکید بر انبار فروش در طرح چیدمان شماره ۲ به شرح زیر پیشنهاد می شود:

مجموع تعداد کلاف در سطوح ۱ و ۲درطرح چیدمان ۲					
نام انبار	تعداد ردیف	تعداد level	تعداد در level اول	تعداد در level دوم	مجموع در level ها
تاندم پیوسته	91	2	1,183	1,092	2,275
تاندم دو قفسه	42	2	539	497	1,036
فروش	52	2	882	830	1,712

لازم به ذکر است که در محل فعلی بارگیری که البته نسبت به قبل کمی توسعه یافته است، می توان در صورت لزوم بطور همزمان بیشتر از یک تریلر را بارگیری کرد و حتی در صورت لزوم می توان از جرثقیل ۳۹ که به نوعی در مجاورت جرثقیل ۴۰ است برای بارگیری استفاده نمود و بنابر این به نقطه بارگیری دوم در انتهای سالن نپرداخت بلکه از آن به عنوان فضای چیدمان استفاده نمود. تصویر طرح شماره چیدمان کلاف ها در ادامه دیده شده است.


number of coil in each map row
1-10
11-20
21-30
31-40
41-50
51-60
61-70
71-80
81-90
91-100
101-102
cran2a operation map row:
cran2a operation user row:
cran2 operation map row:
cran2 operation user row:
xx(301)
xx(314)
cran3 operation map row:
cran3 operation user row:
pick2 produced
pick1 produced:
second:
minute:
hour:
day:
2a
2
3
truck loading area
(developed)
at least 13 position
16 row
9 row
19 row
16 row
31 row
at least 18 position
36 row
at least 12 position
5 row
4 row
7 row
at least 15 position
15 row
at least 8 position
8 row
9 row
6 row
4 row
input
tandem
38
cran40 operation map/user row:
cran39 operation map/user row:

نتیجه گیری (تصمیمات، پیشنهادات و ارزش اقتصادی)

پس از اجرای مدل شبیه سازی و با توجه به سناریوی مطلوب (سناریوی چهارم)، نتایج و یافته های زیر محقق شد:

- ضرورت بکارگیری جرثقیل شماره ۳ پس از راه اندازی خط اسید شوئی ۲ و افزایش ظرفیت به ۲ میلیون تن در سال، قطعی گردید؛
- محل عملیات وهمچنین توقف جهت انجام تعمیرات برای جرثقیل ۲ مشخص شد؛
- توازن در بکارگیری جرثقیل ها با آرایش بدست آمده در سناریوی ۴ ، ایجاد شد؛
- دوطرح چیدمان با توجه به سناریوها، تعیین شد؛

همچنین پیشنهاد های زیر نیز با تاکید بسیار به نمایندگان کارفرما تسلیم گردید:

- ۴ ردیف از اولین ردیف های موجود در سمت راست خط اسید شوئی ۱، می بایست برای جلوگیری از توقفات بی مورد جرثقیل ها که به دلیل تداخل غیر قابل اجتناب آنها رخ می دهد، در سیستم MIS در آخرین اولویت برای چیدمان کلاف قرار داده شوند؛
- با توجه به تغییرات به عمل آمده در قسمت بارگیری کلاف های فروش، استفاده از محل دوم برای بارگیری کلاف های فروش ضرورت ندارد و از آن محل می توان برای مقاصد دیگری مانند چیدن کلاف (در صورت نیاز) و یا هر منظور دیگری استفاده نمود.

در مورد ارزش اقتصادی انجام این پروژه، موارد ذیل قا بل ذکر است:

- جلو گیری از بروز هزینه های ناشی از توقفات خطوط اسید شوئی ۱ و ۲ به خاطر بروز تاخیر در حمل کلافهای تولیدی؛
- عدم نیاز به ساخت و تجهیز محل دوم بارگیری کلاف های فروش؛
- جلو گیری از بروز هزینه های ناشی از توقفات خط نورد پنج قفسه ای به دلیل تاخیر در تغدیه خط مذکور؛
- افزایش راندمان جرثقیل های سقفی از طریق تعیین نواحی عملیاتی مربوطه درانبار.