

برآورد شرایط بحران آتش سوزی به صورت میزان انرژی، زمان سوختن و ارتفاع شعله در انبار نفت ۱۳۹۹

سیده آذر موسوی فرد^۱، سید علی جو زی^{۲*}، مؤگان زعیم دار^۳، منصور رضازاده آذری^۴

^۱ دانشجوی دکتری مدیریت محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ایران

^۲ استاد تمام، گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ایران

^۳ استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ایران

^۴ استاد تمام، مرکز تحقیقات ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها و گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکده

بهداشت، ایران، تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۱۱/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۷

چکیده

زمینه و هدف: در صورت اشتعال و انفجار انبار نفت با توجه به تراکم بالای جمعیت اطراف آن، خسارت جانی و مالی فراوانی را در پی خواهد داشت. لذا درک نحوه ی گسترش آتش سوزی و مدل سازی حریق با استفاده از نرم افزار CFD برای پیش بینی پیامد حوادث و اثرات بالقوه آنها بسیار کمک کننده می‌باشد. این تحقیق برای اولین بار در کشور سناریوهای خطرناک و غیر منتظره انفجار و اشتعال در سایت های نفتی را با استفاده از نرم افزار پیشرفته فلوئنت و موشینگ مورد بررسی قرار داده و بدنبال حفظ سرمایه های جانی و مالی مناطق اطراف انبار نفت است.

مواد و روش ها: این مطالعه یک تحقیق توصیفی-تحلیلی می‌باشد که در سال ۱۳۹۹ در یکی از انبارهای نفت کشور انجام گرفته است. به منظور تعیین نرخ انرژی حاصل از سوختن مخازن، ارتفاع شعله آتش و مدت زمان سوختن مخازن نفت از فرمول Hurly و نرم افزار 15 Ansys Fluent استفاده شد. در این روش با تقسیم ناحیه مورد نظریه المان های کوچک تر و اعمال شرایط مرزی برای گره های مرزی، فاکتورهای موثر تعیین گردید.

یافته ها: انرژی و دمای ناشی از سوختن مواد در کلیه مخازن حدود ۱۳۹۰۷۲/۷ کیلووات و ۴۰۰۰ درجه کلوین است. در صورت اشتعال و انفجار انبار نفت، تقریباً ۷۰ درجه سلسیوس به دمای محیط اضافه خواهد شد. مناطق مسکونی نزدیک به انبار نفت از جمله انبار غله، پادگان، زندان، مناطق مسکونی رزکان نو، بخش هایی از شهرک مسکونی بنفشه و محوطه راه آهن که در این مسیر قرار داشته و بیشتر تحت تاثیر افزایش دمایی خواهند بود. بیشترین زمان برای سوختن مخزن شش ساعت و نیم و کمترین زمان حدوداً ۵ ساعت تخمین زده شد. بالاترین ارتفاع شعله ۷۰/۶۰ متر محاسبه گردید.

نتیجه گیری: نتایج این تحقیق نشان داد اگر آتش سوزی در مخازن رخ دهد. مناطق مختلفی از جمله مسکونی و صنعتی در مسیر پخش و پراکنش آلودگی ناشی از حریق می‌باشند. با توجه به شدت آلودگی تولید شده و وسعت مناطق درگیر خسارت های جانی و مالی قابل پیش بینی می‌باشد. در این تحقیق مشخص شد افزایش قطر مخازن و ظرفیت اسمی منجر به افزایش ارتفاع شعله شده ولی در زمان سوختن تاثیری ندارد.

کلمات کلیدی: نرخ انرژی، ارتفاع شعله، مدت زمان سوختن، انبار نفت، نرم افزار فلوئنت

مقدمه

ایران یکی از بزرگترین کشورهای دارای ذخایر نفت و گاز در دنیا بوده که بخش مهمی از اقتصاد ایران برپایه نفت و فرآورده های آن بنا نهاده شده است، و به همین دلیل توسعه پالایشگاه ها و صنایع نفتی پیش از گذشته در دستور کار دولت مردان قرار گرفته است. از جمله عواملی که امنیت و کیفیت زندگی و حیات شهرها را به شدت تحت تاثیر قرار می دهد، مسئله توجه به مدیریت بحران شهری و راهکارهای آن است.^۱ با افزایش جمعیت جهان و محدودیت منابع، جوامع بشری به طرز روز افزونی نسبت به حوادث و بلایا آسیب پذیرتر می گردند. آمار منتشره نیز روند صعودی تعداد افراد متاثر از این بلایا را نشان می دهد. قاره آسیا در بین پنج قاره جهان رتبه اول حوادث و بلایا را دارد. ده درصد حوادث طبیعی و غیرطبیعی در کشورهای توسعه یافته و ۹۰ درصد آن در کشورهای در حال توسعه رخ می دهند.^۲ لذا اولین قدم برای برنامه ریزی درست، تبیین و شناخت وضعیت موجود می باشد. شناخت وضعیت موجود نیازمند واقع بینی به جای خوش بینی است. یعنی نقطه مقابل روزمره گی و به دنبال حوادث دویدن. به طور خلاصه می توان گفت که بحران به صورت بخش جدایی ناپذیر و طبیعی حیات سازمان ها و جوامع امروز درآمده است. بنابراین مدیران آنها باید پیوسته آماده رویارویی با بحران ها باشند و برای پیشگیری و یا کاستن اثرات بحران ها بر سازمان های خود چاره اندیشی کنند، آنها باید درک کنند که سازمان های تحت مدیریتشان باید تا سرحد ممکن از بروز بحران ها ایمن باشند^۳ برای اتخاذ تصمیم صحیح نیازمند وجود داده ها، اطلاعات و امکان پردازش بوده که متعاقب آن تحلیل علمی صورت پذیرد. اما متأسفانه منابع اصلی همه این موارد تنها حین بروز بحران در اختیار ما قرار می گیرد. و اگر دو مرحله قبلی یعنی پیش بینی و پیشگیری، برنامه ریزی و آموزش انجام نگرفته باشد، شاهد بروز بحران جدیدی در دل بحران رخ داده خواهیم بود، که مرتباً با تصمیم های عجولانه و نسجیده نه تنها بر وخامت

اوضاع می افزاید، بلکه بحران های جدیدی می آفریند، که حتی قابل شناسایی نبوده و فقط عوارض ناشی از آنها مرتباً در کنترل بحران اصلی خلل ایجاد می کند.^{۴، ۵}

این مطالعه یک تحقیق توصیفی - تحلیلی می باشد که در سال ۱۳۹۹ در انبار نفت یکی از کلانشهرها انجام گرفته است. انبار نفت مورد مطالعه جمعا دارای ۱۹ مخزن (۱۰ مخزن سقف شناور و ۹ مخزن سقف ثابت) با ظرفیت ۱۳۳۰۰۰ متر مکعب و شامل سه فرآورده اصلی بنزین موتور، نفت سفید، نفتنگاز می باشد. انبار نفت مذکور توسط یک خط لوله ۱۰ اینچ اختصاصی به طول ۵۰ کیلومتر و یک خط لوله ۸ اینچ انشعابی از خط لوله سراسری ۱۸ اینچ به طول ۵۳ کیلومتر تغذیه می شود و دارای ۹ سکوی بارگیری و انبارهای مخصوص نگهداری فرآورده های ویژه بوده که ظرفیت کوچکترین مخزن ۱۱۲۸ متر مکعب و بزرگترین مخزن ۱۷۷۷۵ متر مکعب می باشد. بحران هایی که سبب انتشار گازها و بخارات می شوند، اثرات فراوانی بر روی موجودات زنده (گیاهان، جانوران و انسان) محیط زیست (آلودگی آب، خاک و هوا) به صورت بلند مدت و یا کوتاه مدت می گذارند. مناطق مسکونی نزدیک پالایشگاه ها و مراکز تولید و انبار فرآورده های نفتی اغلب به علت برخورداری از بافت سنتی و بعضاً حالت زاغه نشینی کلنی های جمعیتی را با تراکم بالا در اطراف این واحد صنعتی بوجود می آورند، که در صورت اشتعال و انفجار این مراکز خسارت جانی و مالی را افزایش می دهند.^۶ آتش سوزی مخازن بخشی از اتفاقات مکرر در فرآیند صنعت هستند و می توانند به راحتی اثرات دومینورا تحریک نمایند. لذا درک رفتارهای آتش سوزی آنها از جمله هندسه شعله، میزان سوختن و خصوصیات تابشی مهم هستند. مدل های تجربی یا نیمه تجربی و همبستگی های ایجاد شده بر اساس داده های تجربی می توانند برای پیش بینی رفتارهای آتش سوزی استفاده شوند، در نتیجه مدل سازی رفتارهای حریق با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی (Computational Fluid Dynamics) اهمیت

فرآینده ای پیدا می کند. علاوه بر این، شبیه سازی با استفاده از مدل CFD می تواند به ارزیابی ریسک و مدل سازی حادثه برای ارزیابی پیامدهای حوادث و در نتیجه تأثیر بالقوه آنها بسیار کمک کننده باشد.^۷

به علت کمبود داده ها و نیز هزینه بالای مربوط به ایجاد آتش سوزی های آزمایشی در مقیاس بزرگ این تحقیق برای اولین بار در کشور تحولات مکانی، دمایی و زمانی سناریوهای خطرناک و غیر منتظره انفجار و اشتعال در سایت های نفتی را با استفاده از نرم افزار پیشرفته فلوئنت و مشینگ مورد بررسی قرار داده است. استفاده از این نرم افزارها از ارزش تصمیم گیری بالایی برای عملکردهای بهینه و اتخاذ تدابیر برنامه ای جهت واکنش در شرایط اضطراری برخوردار است. و اطلاعات مهمی مبتنی بر ریسک های مختلف را برای ارزیابان ریسک و متخصصان مربوطه فراهم می کند. اکثر مطالعات و تحقیقات انجام شده در خصوص مراکز بهره برداری، استخراج، تولید و توزیع صنایع وابسته به نفت و فرآورده های نفتی در کشور بیشترین توجه خود را از هر جهت فقط به سایت نفتی معطوف کرده اند و از توجه به جوامع پیرامونی خود غافل هستند. این تحقیق بدنبال حفظ سرمایه های (انسانی، فیزیکی، سایبری، معنوی و زیرساخت های شهری) جامعه و مناطق اطراف انبار نفت می باشد.

Wang و همکاران در سال ۲۰۲۰ تأثیر فاصله بین مخازن نفت از یکدیگر در محوطه انبار نفت بر میزان پراکندگی گاز و انفجار ابر بخار را ارزیابی کردند. آزمایشات را با استفاده از شبیه ساز شتاب سرعت، که یک برنامه نرم افزاری پیشرفته مبتنی بر دینامیک سیالات محاسباتی است انجام دادند. نتایج حاصل از این تحقیق گویای این مطلب است که افزایش فاصله بین انبارها منجر به کاهش حجم و اندازه قابل توجهی از ابر بخار در بیشتر موارد شده است. بنابراین فاصله جداسازی و ایجاد فاصله مناسب در طراحی مخازن ذخیره سازی نفت برای جلوگیری از پراکندگی و انفجار گاز باید مورد توجه قرار گیرد.^۸

در سال ۲۰۱۸ توسط S.M. Tauseef و همکارانش نتایج حاصل از مطالعات موردی ۲۸ حادثه مهم آتش سوزی و انفجار در محل مخازن ذخیره سازی نفت در سراسر جهان در طول ۲۰ سال گذشته مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه مشخص شد فاصله های جداسازی مخازن آسیب دیده از یکدیگر کمتر از یک دوم تا یک چهارم فاصله استاندارد بین مخازن است. برای جفت مخازن با قطر بالاتر از ۱۵ متر، حادثه و آسیب بیشتر است.^۹ مطالعه انجام شده بر روی مخازن ذخیره بنزین و گازوئیل در سال ۲۰۱۷ توسط ریکاردو ماچادو نشان داد که میزان سوختن مواد با قطر مخازن، هم برای بنزین معمولی و هم برای گازوئیل، افزایش می یابد. به عنوان یک قاعده ی کلی، با افزایش قطر مخزن، سرعت انتشار گرما بالاتر می رود. در این مطالعه نیز مشخص شد که ارتفاع متوسط شعله برای مخازن کوچکتر بیشتر است و با بزرگتر شدن قطر مخزن، ارتفاع شعله کاهش می یابد.^{۱۰}

از آنجائیکه انبار نفت مورد مطالعه در منطقه حساسی از یک کلانشهر واقع شده لذا این تحقیق با هدف برآورد میزان نرخ انرژی، دمای اشتعال، مدت زمان و ارتفاع شعله حاصل از سوختن مخازن انبار با استفاده از نرم افزار Fluent جهت دستیابی به تجزیه و تحلیل بحران به صورت یکپارچه، جامع و هماهنگ در زمان بروز بحران در این کلان شهر انجام پذیرفت.

روش کار

پیش بینی و مطالعه پراکنش آلاینده ها و جریان متلاطم در محیط های باز مانند جو و سایر محیط های بسته و نیمه باز به موضوعی قابل تامل در حیطه استفاده از نرم افزارهای CFD تبدیل شده است. در این پژوهش با استفاده از مدل CFD-Mshing، جریان متلاطم و نحوه پخش آلاینده را در اطراف انبار نفت بررسی می نماید. جهت برآورد نرخ انرژی حاصل از سوختن مخازن، ارتفاع شعله آتش مخازن و مدت زمان سوختن مخازن انبار نفت از فرمولهای هارلی (فرمول ۱ الی ۳) برگرفته

از کتاب مهندسی حفاظت از حریق Hurly و همکاران (۲۰۱۶) استفاده گردید و برای بدست آوردن دمای اشتعال ایجاد شده در انبار نفت و مناطق اطراف آن از نرم افزار فلوئنت (یک حلگر در زمینه شبیه سازی جریان سیالات و انتقال حرارت) استفاده شد. برای این منظور ابتدا طول و عرض مناطق مورد مطالعه به ابعاد دو کیلومترمربع هر طرف با در نظر گرفتن ارتفاعی معادل ۱۰ متر برای رفتار سیال در محیط نرم افزار وارد شد، سپس نقشه منطقه و حجم های مربوط به مخازن ذخیره سوخت های فسیلی به کمک نرم افزار در ابعاد مشخص شده رسم گردید. در مرحله بعد به کمک نرم افزار ماشینینگ شبکه بندی و مش زدن هندسه منطقه ترسیمی انجام و پس از مش بندی، مرزها تحت عناوین، ورودی ها، خروجی ها و دیوارهای محیط مشخص و نام گذاری شدند، تا در نرم افزار فلوئنت قابل تشخیص باشند و شرایط متناسب با هر مرز به آنها اختصاص داده شود. برای بدست آوردن نرخ انرژی بدترین سناریوی اشتعال کلیه مخازن نوزده گانه انبار نفت و توان بالای نرم افزار مد نظر قرار گرفت.



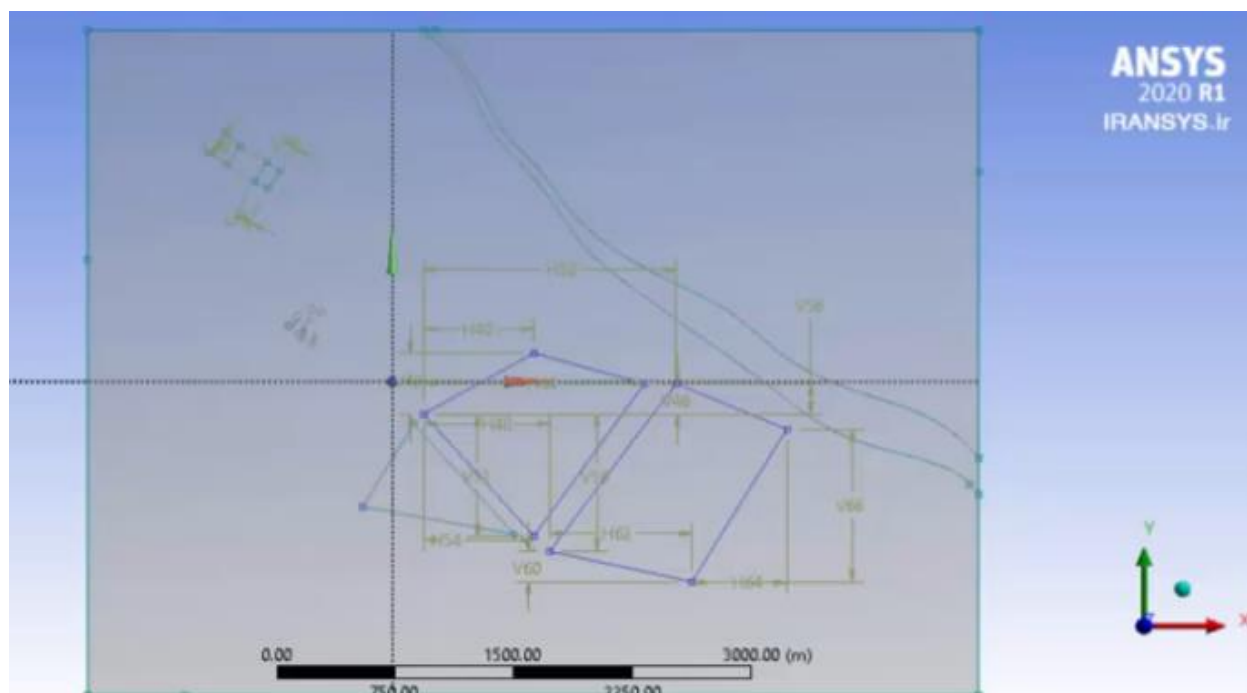
شکل ۱: گام های اجرایی این مطالعه

ایجاد هندسه

شرایط حل

حل معادلات بصورت پایا، سه بعدی و جریان آشفته انجام شده است. بدین منظور جهت حل معادلات آشفته گی از روش کی اسیلون استاندارد استفاده شده است. برای کوپلینگ معادلات فشار و سرعت از روش سیمپل (SIMPLE) استفاده گردید. ضریب آسایش برای معادله فشار 0.3 ، برای معادله مومنتوم 0.5 و برای معادلات آشفته گی 0.8 در نظر گرفته شده است.

در این تحقیق با استفاده از نرم افزار شبیه ساز انسیس فلوئنت سعی شده که میزان تاثیر حرارت و آلودگی ناشی از انفجار انبار نفت بر روی محیط زیست پیرامون مشخص شود. با توجه به اینکه شرایط آب و هوایی از جمله سرعت و جهت وزش باد و دمای هوا (محیط) بر روی میزان پخش آلاینده ها و دمای اشتعال انبار نفت تاثیرگذار هستند، به عنوان متغیرهای مهم در ترسیم کانتورآلودگی دمایی در نظر گرفته شدند. به همین دلیل برای رسیدن به شرایط بحرانی بدترین شرایط ممکن (سرعت باد 120 کیلومتر بر ساعت و دمای هوای 37 درجه سانتیگراد) در جهت های مختلف با توجه به گلباد غالب شهرستان کرج طی یک دوره دوازده ماهه (۹۸-۹۹) در نظر گرفته شده است. جهت وزش باد در ۵ حالت مختلف شمالی، شمال غربی، شمال شرقی، شرقی و غربی مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به اینکه در اطراف انبار نفت، مناطقی مسکونی و تجاری و صنعتی وجود دارد لذا فضای محاسباتی تا فاصله ۲ کیلومتری شبیه سازی شده تا تاثیر افزایش دمای ناشی از اشتعال انبار نفت بر روی این اماکن بهتر مشخص شود.



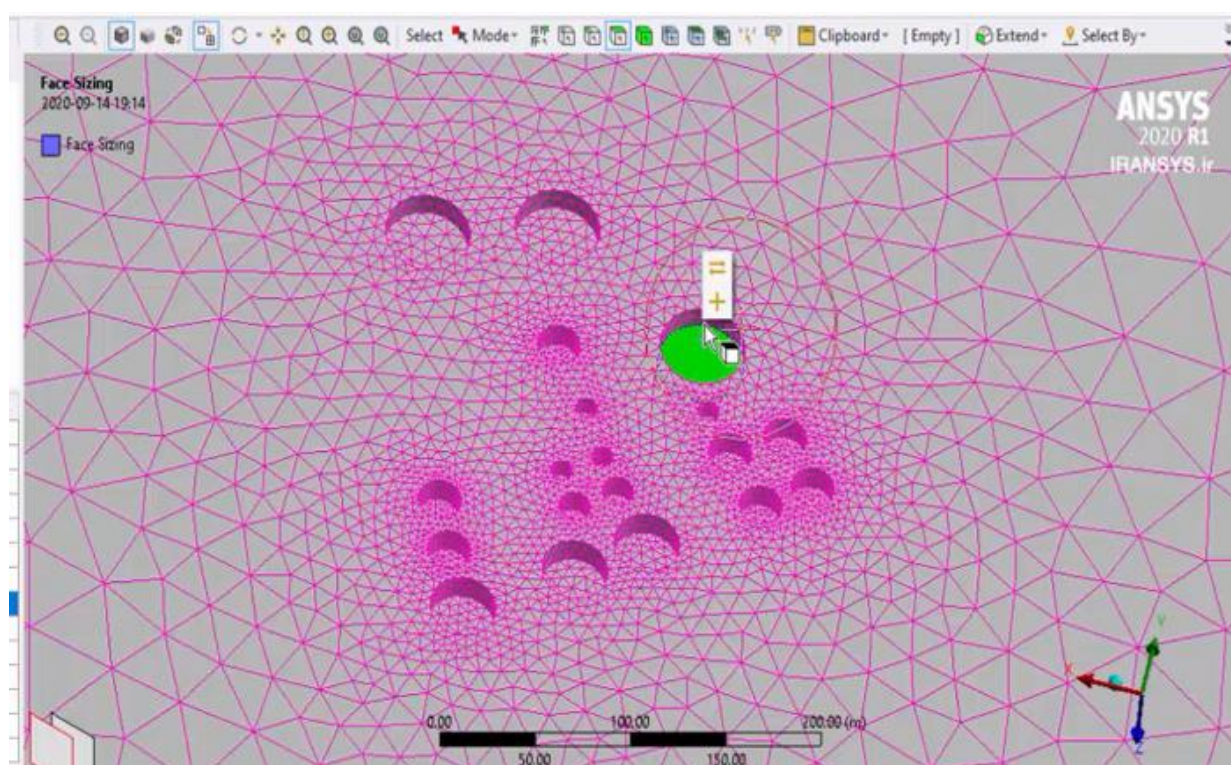
شکل ۲: ترسیم نقشه منطقه در نرم افزار ۱

تولید شبکه و مش زنی

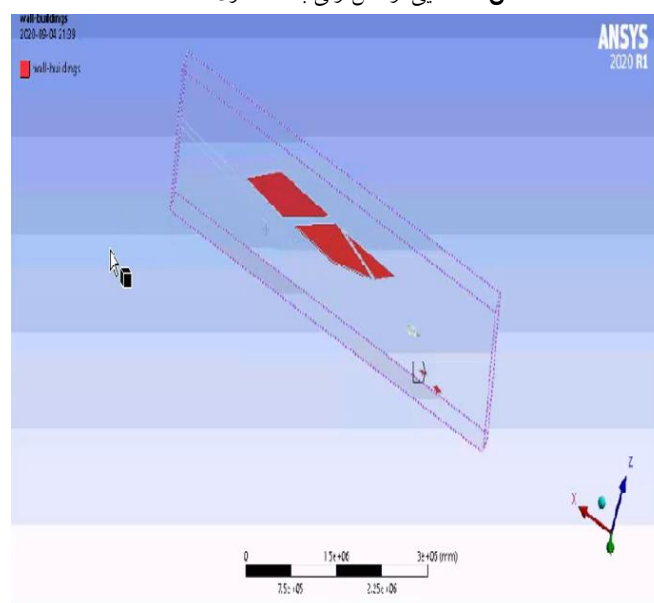
بندی ریزتری استفاده شده و در مناطق دورتر به جهت افزایش سرعت حل، از شبکه بندی درشت تر استفاده شده است. شبکه بندی در تمام فضای محاسباتی بصورت مثلثی است و تعداد ۱۷۴۶۹۷۹ سلول در فضای محاسباتی موجود است.

در این بخش به کمک نرم افزار انسیس مشینگ شبکه بندی و مش زدن هندسه انجام شد. برای این منظور هندسه ایجاد شده به قسمت انسیس مشینگ در محیط کار درگ و سپس سایر المانهای مد نظر مشخص شده و نرم افزار مذکور، مش هایی را متناسب با انتخاب ما ایجاد می کند. در نواحی نزدیک به مخازن، به دلیل بالا بودن گرادیان های دما و سرعت جریان، از شبکه

برآورد شرایط بحران آتش سوزی به صورت میزان انرژی، زمان سوختن و ارتفاع شعله در انبار نفت ۱۳۹۹



شکل ۳: نمایی از مش زنی بدنه مخازن



شکل ۴: نمایی از تولید مرزهای چهارگانه منطقه

محاسبه نرخ انرژی، ارتفاع شعله و مدت زمان سوختن
فرمول ۱. محاسبه نرخ انرژی حاصل از سوختن مخزن
مخازن با استفاده از فرمول های ۱ تا ۳ انجام پذیرفت.

$$Q = m'' \Delta H_{c,eff} (1 - e^{-k_b D}) A_{dike}$$

Where

- Q = pool fire heat release rate (kW)
 m'' = mass burning rate of fuel per unit surface area (kg/m²-sec)
 $\Delta H_{c,eff}$ = effective heat of combustion of fuel (kJ/kg)
 $A_f = A_{dike}$ = surface area of pool fire (area involved in vaporization) (m²)
 k_b = empirical constant (m⁻¹)
D = diameter of pool fire (diameter involved in vaporization, circular pool is assumed) (m)

فرمول ۲. محاسبه ارتفاع شعله آتش مخزن

$$H_f = 42 D (m''/\rho_a \sqrt{(g D)})^{0.61}$$

Where

- H_f = pool fire flame height (m)
 m'' = mass burning rate of fuel per unit surface area (kg/m²-sec)
 ρ_a = ambient air density (kg/m³)
D = pool fire diameter (m)
g = gravitational acceleration (m/sec²)

فرمول ۳. محاسبه مدت زمان سوختن مخازن

$$t_b = 4V / \pi D^2 v$$

Where

- t_b = burning duration of pool fire (sec)
V = volume of liquid (m³)
D = pool diameter (m)
v = regression rate (m/sec)

یافته ها

است که ارتفاع شعله آن ۷۰/۶۰ متر محاسبه شد. نتایج به تفکیک مخازن انبار نفت کرج در جدول ۳ ارائه شده است. مطابق اطلاعات مندرج در جدول شماره (۱) نتایج بدست آمده از فرمول شماره ۲ نشان می‌دهد که افزایش قطر مخزن منجر به افزایش ارتفاع شعله آتش شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که ارتفاع شعله آتش و قطر مخازن دارای رابطه کاملاً خطی می‌باشند، به عبارتی با افزایش ۱ متر مکعب ظرفیت اسمی مخازن ۰/۹۸ متر بر ارتفاع شعله افزوده می‌شود.

نتایج این مطالعه نشان داد که نرخ تولید حرارت ناشی از سوختن مواد موجود در کلیه مخازن حدود ۱۳۹۰۷۲/۷ کیلو وات و دما در مخازن در حال سوختن حدود ۴۰۰۰ درجه کلوین است. بالاترین زمان سوختن مخزن بدون استفاده از خاموش کننده مربوط به مخزن شماره ۱۶ و برابر با ۶/۳۴ ساعت و کمترین زمان مربوط به مخزن شماره ۹ و برابر ۴/۵۸ ساعت بود. برآورد ارتفاع شعله آتش مخزن نشان داد که بالاترین ارتفاع شعله مربوط به مخزن شماره ۱۷، ۱۸، ۱۹ با قطر ۴۵۶۰۰ میلی‌متر

جدول ۱: محاسبه مدت زمان آتش سوزی استخر و برآورد ارتفاع شعله بر اساس سرعت انتشار حرارت و قطر مخزن

شماره مخزن	قطر (میلیمتر)	ظرفیت اسمی به مترمکعب	مدت زمان آتش سوزی مخزن (دقیقه)	مدت زمان آتش سوزی مخزن (ساعت)	ارتفاع شعله مخزن متر (روش توماس)
۱	۳۴۲۰۵	۱۰۰۰۰	۳۱۴/۶۸	۵/۲۴	۵۷/۸۱
۲	۲۲۸۰۴	۵۰۰۰	۳۵۳/۹۹	۶/۲۹	۴۳/۶۲
۳	۲۴۷۱۳	۵۷۰۰	۳۴۳/۶۱	۶/۱۲	۴۶/۱۲
۴	۳۴۱۷۰	۱۱۲۳۰	۳۵۴/۱۱	۶/۳۰	۵۷/۷۷
۵	۱۲۲۱۵	۱۱۳۰	۲۷۸/۸۳	۴/۶۴	۲۸/۲۶
۶	۱۲۲۷۴	۱۱۲۸	۲۷۵/۶۷	۴/۵۹	۲۸/۳۶
۷	۳۴۲۰۰	۱۰۳۴۶	۳۲۵/۶۶	۵/۴۲	۵۷/۸۱
۸	۱۲۲۰۹	۱۲۰۰	۲۹۶/۳۹	۵/۳۳	۲۸/۲۵
۹	۱۲۳۰۰	۱۱۳۱	۲۷۵/۲۳	۴/۵۸	۲۸/۴۰
۱۰	۲۴۴۰۰	۵۷۳۰	۳۵۴/۳۴	۶/۳۰	۴۵/۷۲
۱۱	۲۴۴۰۰	۵۷۳۰	۳۵۴/۳۴	۶/۳۰	۴۵/۷۲
۱۲	۲۴۴۰۰	۵۴۲۳	۳۳۵/۳۶	۵/۵۸	۴۵/۷۲
۱۳	۱۷۰۸۰	۲۶۸۱	۳۳۸/۳۵	۶/۰۳	۳۵/۶۸
۱۴	۱۷۱۰۰	۲۶۸۱	۳۳۷/۵۶	۶/۰۲	۳۵/۷۱
۱۵	۲۲۷۴۰	۵۰۰۰	۳۵۵/۹۹	۶/۳۳	۴۳/۵۳
۱۶	۲۲۷۱۷	۵۰۰۰	۳۵۶/۷۱	۶/۳۴	۴۳/۵۰
۱۷	۴۵۶۰۰	۱۷۷۷۵	۳۱۴/۷۲	۵/۲۴	۷۰/۶۰
۱۸	۴۵۶۰۰	۱۷۷۷۵	۳۱۴/۷۲	۵/۲۴	۷۰/۶۰
۱۹	۴۵۶۰۰	۱۷۷۷۵	۳۱۴/۷۲	۵/۲۴	۷۰/۶۰

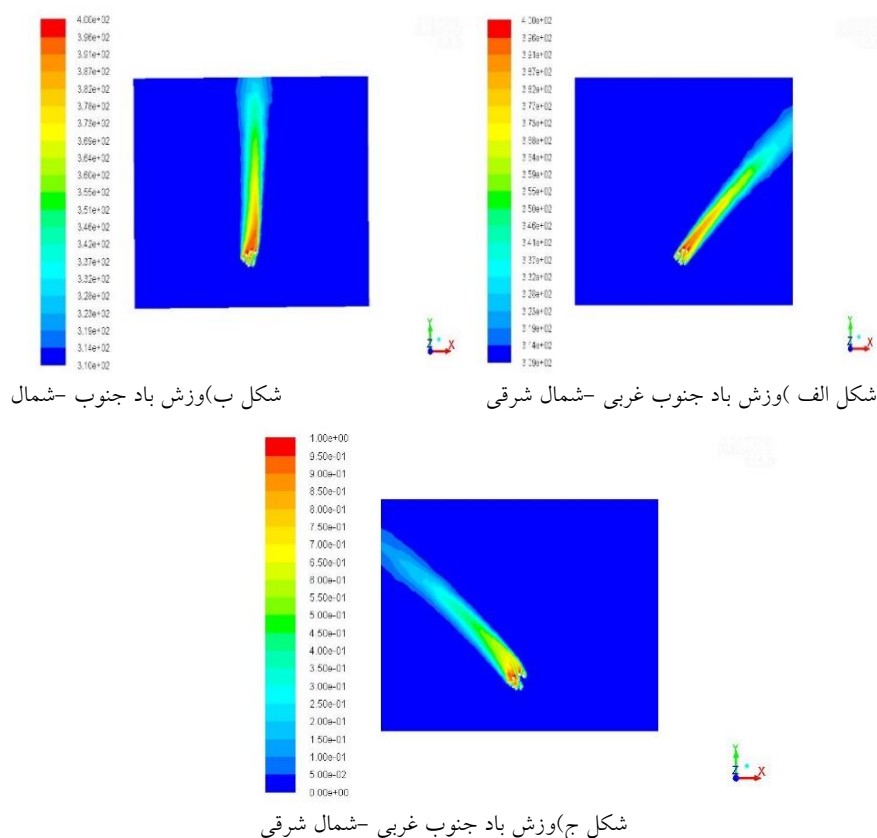
در کل می توان نتیجه گرفت که با افزایش ظرفیت اسمی و به طبع آن افزایش قطر مخازن ارتفاع شعله نزدیک به دوبرابر می شود (جدول ۱). همچنین اطلاعات بدست آمده از فرمول شماره ۳ نشان می دهد که زمان سوختن مخازن مستقل از ارتفاع شعله بوده و بین این دو رابطه ای وجود ندارد.

شبیه سازی عددی آلودگی دمایی

وزش باد در جهت های مختلف جنوبی- شمالی

نقشه هوایی پخش آلودگی دمایی در محیط پیرامون انبار نفت در صورت انفجار، تحت تاثیر شرایط آب و هوایی از جمله سرعت و جهت وزش باد و دمای محیط می باشد، برای شبیه

سازی بدترین سناریو، سرعت وزش باد ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت و دمای هوای محیط ۳۷ درجه سانتیگراد د نظر گرفته شده است. بر اساس گلباد منطقه در فصول مختلف ۵ جهت وزش باد مورد بررسی قرار گرفته که برای کلیه جهات کانتور یا حدفاصل توزیع دما در ارتفاع یک متری از سطح زمین تا حداکثر ارتفاع ۲۰۰ متر قابل مشاهده است. در صورتی که حادثه در تابستان رخ دهد دمای محیط با توجه به مسیر وزش باد بین ۱۱۰ تا ۱۱۵ درجه سلسوس می رسد. از آنجایی که اطراف انبار نفت، مناطقی مسکونی و تجاری و صنعتی موجود است، فضای محاسباتی تا فاصله ۲ کیلومتری شبیه سازی شده تا تاثیر آن بر روی این اماکن مختلف مشخص شود.



شکل ۵: کانتور توزیع دما در جهت های مختلف شمالی (الف، ب، ج) مطابق با گلباد منطقه

حرارت در عرض بیشتر خواهد شد و افزایش دما در محدوده های اطراف انبار نفت از جمله انبار غله، زندان، پادگان، پل کنارگذر بصیرت و مناطق مسکونی نزدیک در فاصله ۸۰۰ متری به دمای ۱۱۰ الی ۱۱۵ درجه سلسیوس خواهد رسید.

احتمال اینکه جهت وزش باد از سمت جنوب شرق به سمت شمال غرب (شکل ج) باشد بسیار کم است. اما با توجه به نقشه هوایی منطقه کانتور حداصل دما در صورت وزش باد در این جهت سبب افزایش دما در پادگان، زندان، مناطق مسکونی رزکان نو و محوطه راه آهن کرج خواهد شد.

وزش باد در جهت شرقی - غربی

حداصل توزیع دما در ارتفاع یک متری از سطح زمین (شکل ۶) در این الگو مسیر حرکت آلاینده دمایی بر روی زمین های خالی غرب انبار نفت خواهد بود.

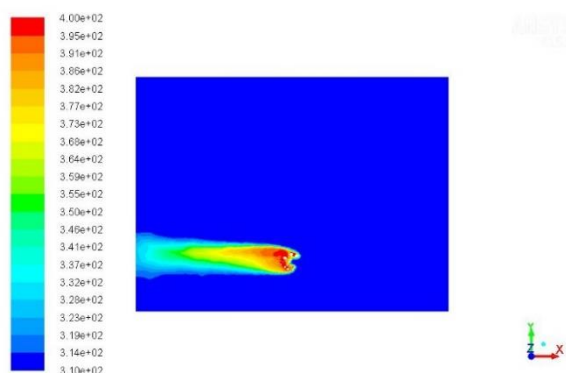
کانتور یا حداصل توزیع دما برای حالتی که جهت وزش باد جنوب غربی - شمال شرقی (شکل الف) است، تطابق این حداصل با نقشه هوایی، مشخص می کند که افزایش دما در بخش هایی از محدوده مسکونی سرحد آباد و جاده منتهی به شهرک وحدت، منطقه صنعتی سیمین دشت و رودخانه کرج رخ می دهد.

بررسی وزش باد از ضلع جنوبی به سمت شمال (شکل ب) با توجه به نرخ بالای رهایش گرما در اثر اشتعال مواد سوختنی انبار نفت، افزایش دمایی در انبار غله کرج به میزان ۷۰ درجه سلسیوس در فصول سرد سال و در فصول گرم ۱۱۰ تا ۱۱۵ درجه سلسیوس خواهد بود. در بخش هایی از منطقه مسکونی شهرک بنفشه دما حدود ۶۰ درجه سلسیوس افزایش خواهد یافت و در صورتی که سرعت وزش باد محسوس نباشد، انتشار

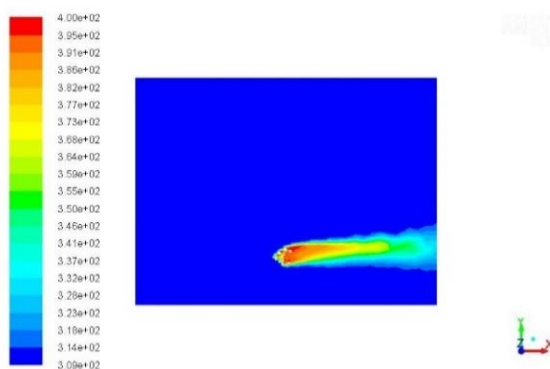
وزش باد درجهت غربی - شرقی

در نهایت وزش باد به سمت شرق مورد بررسی قرار گرفته که در این صورت وزش باد در جهت غالب شهرستان کرج بوده و احتمال به وقوع پیوستن آن مطابق گلباد منطقه بیشتر از سایر جهات است. حدفاصل توزیع دما در ارتفاع یک متری از سطح زمین در شکل ۷ مشاهده می شود. در این حالت افزایش دما در بخشی از سرحد آباد، کل منطقه شهرک وحدت، شهرک صنعتی

سیمین دشت و کل منطقه شهرک ۱۱۰ که به فاصله کمتر از ۲۰ متر از انبارها واقع شده و نیز پل ارتباطی شهریار به کرج با فاصله کمتر از ۱۰ متر و نیز جاده ملارد که شهر فردیس، ملارد و سر آسیاب را به کرج متصل می نماید با فاصله چندین متر از انبار نفت را تحت تاثیر خود قرار خواهد داد، برآوردها نشان می دهد که افزایش دمای هوای محیط بسته به فصول سال در بخش هایی از شهرک ۱۱۰ و شهرک وحدت از ۷۵ درجه تا ۱۱۰ درجه سلسیوس افزایش می یابد.



شکل ۶: کانتور توزیع دما وزش باد از شرق به غرب



شکل ۷: کانتور توزیع دما وزش باد غربی - شرقی

بحث

با توجه به یافته های این تحقیق در صورت وقوع بدترین سناریو یعنی اشتعال کلیه مخازن میزان انرژی منتشره از مخازن حدود $139072/7$ کیلو وات بر متر مربع بوده و دما در محل حریق حدود 4000 درجه کلوین (3700 درجه سانتی گراد) برآورده شده است. براساس شبیه سازی انجام شده افزایش دما، بیشترین تاثیر خود را بر روی منطقه مسکونی خیابان یکم که با فاصله حدودا 6 متر از دیوار جنوبی انبار و پل بصیرت به علت همجواری با ضلع شرقی انبار نفت قرار می دهد. نتایج تحقیق محمد بهشتی و همکاران (1396) 12 میزان تشعشع حرارتی تا فاصله 10 متری از مخزن 100 کیلو وات بر متر مربع است و در عرض 60 ثانیه باعث مرگ افراد در محل میشود و تا فاصله 12 متری از منبع نیز تشعشع حرارتی برابر 50 کیلو وات بر متر مربع بوده که ممکن است منجر به سوختگی درجه 2 گردد. در فاصله 19 متری از منبع نیز تشعشع حرارتی برابر 20 کیلو وات بر متر مربع بوده که ممکن است در طول 60 ثانیه منجر به درد موضعی گردد. در مقایسه این تحقیق با مطالعه بهشتی و همکاران، میزان انرژی رها شده چندین برابر و فاصله مخازن از مناطق مسکونی کمتر بوده که می تواند نشان دهنده وخامت اوضاع و خسارات جانی و مالی فراوان در صورت بروز حادثه باشد. برآورد مدت زمان آتش سوزی مطابق جدول شماره یک بالاترین زمان سوختن 6 ساعت و 40 دقیقه که مربوط به مخازن با قطر کمتر است. و براساس شبیه سازی صورت گرفته بدترین شرایط مدت زمان سوختن مخازن، با توجه به حجم و نوع سوخت می تواند حریق تا سه روز ادامه داشته باشد. براساس مطالعه مروری که توسط پریسا مشعشعی در سال 1397 13 در خصوص علل آتش سوزی و انفجار در مخازن سقف شناور انجام شده، نتایج نشان داد که با افزایش درجه حرارت مخازن، زمان پایداری شعله با قطر مخازن از تابع نمایی باشیب 0.7 پیروی میکند که با این مطالعه همخوانی دارد. در مطالعه تجربی دیگری که توسط Junfeng Wang و همکارانش در سال

2019^{14} در خصوص انفجار و اشتعال ذرات نفت شل انجام شد، نتایج بررسی های آزمایشگاهی نشان داد هرچه قطر ظرف یا مخزن کوچکتر باشد مدت زمان اشتعال بیشتر خواهد بود. مدت زمان بیشتر منجر به رها شدن انرژی گرمایی بیشتری در منطقه و بالا رفتن دمای محیط می شود که در صورت وزش باد در جهت جنوب به شمال، کانتور یا حداصل توزیع دما (شکل 5) در این مسیر از ارتفاع یک متری تا حداکثر ارتفاع 200 متر از سطح زمین قابل مشاهده است. با توجه به نرخ بالای رهاش گرما در صورت اشتعال و انفجار انبار نفت دمای محیط اطراف هرمیزانی که باشد حدود 70 درجه سلسیوس به آن اضافه خواهد شد. مناطق مسکونی نزدیک تر به انبار نفت شامل انبار غله کرج، پادگان، زندان شهید کجوی، مناطق مسکونی رزکان نو، محوطه راه آهن و بخش هایی از شهرک مسکونی بنفشه که در این مسیر قرار دارند بیشترین تاثیر را از این افزایش دمایی خواهند داشت. در صورتی که حادثه در تابستان رخ دهد، افزایش دما در محدوده های اطراف انبار نفت تا فاصله 800 متری به دمای 110 الی 115 درجه سلسیوس خواهد رسید. اشتعال انبار نفت می تواند تاثیر زیادی بر روی کیفیت محصولات دپوشده در انبار غله به عنوان تامین کننده استراتژیک آرد استان البرز که در فاصله 400 متری از انبارنفت واقع شده، داشته باشد. بر اساس حداقل ضوابط تاسیس و بهره برداری سیلوهای ذخیره و نگهداری گندم میزان رطوبت، عمل هوادهی و درجه حرارت غله در طول مدت زمان نگهداری حائز اهمیت بوده و باید به طور مستمر کنترل شوند. حرارت بیش از 25 درجه سانتی گراد باعث افزایش فعالیت آنزیماتیکی شده و فعالیت متابولیکی را تسریع و احتمال خود گرمایی و کلوخه شدن بیشتر را به دنبال خواهد داشت. افزایش میزان درجه حرارت غله حدود $50-60$ درجه سانتی گراد سبب خود گرمایی در انبار غله خواهد شد. هوا دهی یعنی عبور دادن هوا از میان غله ساکن به طوریکه هوای ورودی سردتر از دمای دانه باشد. هوادهی توسط هوای سرد از طریق دستگاه خنک کننده یا هوای اتمسفر انجام

می‌گیرد. در عملیات هوادهی می‌بایست درجه حرارت غله، درجه حرارت هوای بیرون، رطوبت نسبی هوا و رطوبت غله مد نظر قرار گیرد.^{۱۵} در صورت وقوع حادثه در انبار نفت فاکتورهای مذکور مانند دما، رطوبت و هوادهی متاثر شده و بر روی کیفیت محصولات سیلو تاثیر منفی خواهند داشت. در صورت وزش باد در جهت غالب، آلودگی گرمایی به سمت منطقه ای که بیشترین تراکم جمعیتی و مراکز صنعتی را دارد منتقل خواهد شد. در این حالت افزایش دما در بخشی از سرحد آباد، کل منطقه مسکونی شهرک وحدت، شهرک صنعتی سیمین دشت و کلیه منطقه مسکونی شهرک ۱۱۰ که به فاصله کمتر از ۲۰ متر از انبار نفت واقع شده رادبرمیگیرد، همچنین پل ارتباطی شهریار به کرج با فاصله کمتر از ۱۰ متر و نیز جاده ملارد که شهر فردیس، ملارد و سر آسیاب را که به کرج متصل می‌نماید را نیز تحت تاثیر خود قرار می‌دهد. برآوردها نشان می‌دهد که در نتیجه حریق، افزایش دمای هوا با توجه به فصول مختلف سال در بخش‌هایی از شهرک ۱۱۰ و شهرک وحدت از ۷۵ درجه تا ۱۱۰ درجه سلسیوس می‌رسد. در تحقیق طاهره علی نژاد با موضوع اثر افزایش دمای محیط بر سلامت و سبک زندگی انسان بیان شده، تماس با گرما باعث ایجاد طیف وسیعی از احساسات در انسان شده و از یک احساس ناخوشایند شروع و سپس کاهش عملکرد در فعالیت‌های جسمی و شناختی، بروز برخی علائم بیماری مانند بیماری‌های قلبی عروقی و تنفسی، هیپوترمی، گرم‌زدگی و بالاخره مرگ و میرا به دنبال دارد. بنابراین از نظر نویسنده، عواملی مانند سن، جنس، تناسب اندام، چربی زیرپوستی، شکل و فرم، سلامتی، دارو، سازگاری بر تحمل گرما تاثیر می‌گذارد. برآورد آستانه تحمل گرمایی برای شهرهای غرب آسیا ۲۹.۴ درجه سانتیگراد بوده که بیشترین میزان مرگ و میر مربوط به افراد مسن و بیماران تنفسی بوده است. بنابراین افراد مسن، افراد دارای بیماری مزمن، کودکان، زنان بالای ۶۵ سال و افرادی که در آب و هوای سرد زندگی کردند، نمی‌توانند به راحتی با گرما

کنار بیابندویک جمعیت آسیب پذیر محسوب می‌شوند.^{۱۶} با توجه به مطالب مندرج در تحقیق فوق وزش باد همراه با آلودگی حرارتی بر روی مناطق با تراکم جمعیتی بالا اثرات منفی را به دنبال خواهد داشت و افراد مسن، بیماران و کودکان بیشترین آسیب را خواهند دید. در تحقیق انجام شده توسط احمد علیزاده لاریمی در خصوص تنشهای حرارتی، استرس گرمایی بعنوان یکی از عوامل آزاردهنده به شمار میرود، گرما می‌تواند با تأثیر بر متابولیسم، دمای بدن، ضربان قلب و فشار خون باعث ایجاد اختلال و بیماریهای گرمایی از قبیل کرامپ عضلانی (Cramps Heat)، خستگی مفرط ناشی از گرما (Heat Exhaustion) و شوک گرمایی (Stroke Heat) شود. گرما با لغزنده کردن کف دستها به علت تعریق، بخارگرفتن معمول عینکهای حفاظتی، عدم تمرکز و سرگیجه سبب افزایش حوادث میشود. مواجهه با گرمای زیاد در محیط کار سبب افزایش خطای کار و بروز حوادث و کاهش کیفیت کار فرد میشود.^{۱۷} در صورت افزایش غیر منتظره و پیش بینی نشده دمای محیط، مانند اشتعال در انبار نفت می‌تواند منجر به ایجاد اثرات استرس گرمایی برای افراد واقع در واحد های مسکونی و صنعتی نزدیک به انبار نفت شود. در مطالعه ای دیگری که در خصوص واکاوی ناحیه اثر آتش و پیامدهای آتش سوزی در انفجار مخازن استوانه ای ذخیره گاز مایع انجام شد، شدت تشعشع تا شعاع ۲۹۰ متر از محل مخزن ۳۷.۵ کیلو وات بر متر مربع برآورد گردید، بر اساس خطوط راهنما در این میزان از شدت تابش، احتمال آسیب عمده به تجهیزات فرآیندی، تخریب سازه‌ها و مرگ و میر قطعی افراد حاضر در این ناحیه وجود دارد. و در سناریوی پیامد آتش ناگهانی در این تحقیق، در محدوده ای به شعاع ۵۰۵ متر احتمال مرگ و میر افراد صد درصد است. و پیامدهای ناشی از موج انفجار تا شعاع ۲۰۹۲ متری قابل مشاهده است.^{۱۸} با مقایسه مطالعه مذکور و میزان انرژی رها شده از انبار نفت و همچنین به دلیل هم جوار و فاصله کم مناطق مسکونی و سازه های شهری با انبار نفت می‌توان پیش

بینی نمود که خسارات جانی و مالی فراوانی را در پی داشته باشد و تاییدی بر در معرض خطر بودن مناطق نزدیک به انبار نفت باشد.

در مطالعه دیگری که توسط لیم وان پیانگ و همکاران تحت عنوان "مدلسازی ریاضی و شبیه سازی گرمای پخش شده بعلت آتش سوزی و انفجار" با استفاده از نرم افزار MATLAB بر روی مخازن ذخیره LPG در آزمایشگاه صنعتی مالزی انجام شد، آتش های کروی به فاصله ۳۰۰ متر از منبع دارای شرایط خطر شدید بوده و احتمال مرگ و میر نیز وجود دارد.^{۱۹} در مقایسه تحقیق انبار نفت با مطالعه ی لیم، بعلت هم جواری مناطق مسکونی و پل مواصلاتی شهریار - فردیس به کرج در فواصل کمتر از ده متر می توان خطرات و احتمال مرگ و میر ناشی از حریق عظیم انبار نفت را متصور بود. نتایج تحقیق حاضر با مطالعات انجام شده توسط Wang و همکارانش در سال ۲۰۱۹^{۱۴} و نیز Ricardo و همکاران (۲۰۱۷)^{۱۰} هم خوانی دارد. Wang و همکاران که در مطالعه خود عنوان کردند که هرچه قطر ظرف یا مخزن کوچکتر باشد مدت زمان اشتعال بیشتر خواهد بود. ریکاردو و همکاران نیز در مطالعه خود بیان کردند که مدت زمان سوزاندن سوخت با افزایش قطر مخازن، هم برای بنزین معمولی و هم برای گازوئیل کاهش می یابد. به عنوان یک قاعده ی کلی، با افزایش قطر مخزن، سرعت انتشار گرما در واحد سطح بالاتر می رود. در نتیجه زمان سوختن نیز کاهش می یابد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ارتفاع شعله ارتباط مستقیمی با حجم ماده سوختنی مخازن دارد. بالاترین ارتفاع شعله مربوط به مخازنی است که قطربیشتر و در نتیجه حجم سوخت بالاتری در خود جای می دهد، مخازن شماره ۱۷، ۱۸ و ۱۹ با قطر بیش از ۴۵ متر و ظرفیت اسمی ۱۷۷۷۵ مترمکعب سوخت، ارتفاع شعله حدود ۷۰ متر را به خود اختصاص داده اند. نتایج این مطالعه مشابه مطالعه Zhiyang Zhang (۲۰۲۰)^{۲۰} می باشد. آنها نیز در مطالعه خود عنوان کردند که طول شعله ناشی از آتش سوزی با میزان سوخت و

گرمای منتشر شده از مخازن رابطه مستقیم دارد. اگرچه افزایش جریان هوا ارتفاع شعله را به مقدار کمی کاهش میدهد ولی اصلی ترین علت افزایش طول شعله در این مطالعه میزان سوخت می باشد. Ping Ping و همکارانش در سال ۲۰۱۹^{۲۱} نیز تایید کردند که ارتفاع شعله با افزایش حجم سوخت و ماده سوختنی در مخازن افزایش پیدا می کند. از طرفی F. Tang (۲۰۱۲)^{۲۲} نیز در مطالعه خود عنوان کرده است که ارتفاع شعله با افزایش دما افزایش می یابد. نتایج مطالعه حاضر متفاوت با مطالعه Ricardo و همکاران (۲۰۱۷)^{۱۰} و هنگ یی و همکارانش (۲۰۲۰)^{۲۳} می باشد Ricardo و همکاران در مطالعه خود بیان کردند که ارتفاع متوسط شعله برای مخازن کوچکتر بیشتر است و با بزرگتر شدن قطر مخزن، ارتفاع شعله کاهش می یابد. هنگ یی و همکارانش (۲۰۲۰)^{۲۴} نیز در مطالعه خود بر روی مخازن سوخت با استفاده از روش CFD به این نتیجه رسیدند که ارتفاع شعله ناشی از آتش سوزی با قطر مخازن رابطه عکس دارد، یعنی هرچه قطر کوچک تر باشد ارتفاع شعله متناظر آن بلند تر است. در مطالعه ای دیگر که توسط سوتا و همکارانش بر روی آتش سوزی یک مخزن عظیم نفتی به روش CFD انجام شده مجدداً بین قطر مخزن و ارتفاع شعله رابطه عکس وجود داشته است در این مطالعه عنوان شد که در صورت وزش باد ارتفاع شعله کاهش پیدا می کند و دارای شیب مایل و به زمین نزدیک می شود^{۲۳} در حالیکه در مطالعه حاضر هرچه قطر مخازن بیشتر باشد ارتفاع شعله نیز بیشتر می شود به صورت منطقی با افزایش قطر مخزن، ظرفیت اسمی آن نیز بیشتر می شود، لذا افزایش ارتفاع شعله نیز دور از انتظار نخواهد بود. در مطالعه حاضر، بین افزایش قطر مخزن، افزایش ظرفیت اسمی و افزایش ارتفاع شعله رابطه مستقیم وجود دارد.

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که در صورت رها شدن میزان زیادی انرژی حرارتی ناشی از حریق در انبار نفت، کمتر از چند

دقیقه دمای مناطق اطراف آن افزایش چشم گیری خواهد داشت که ممکن است سبب خسارات جانی، مالی و آتش سوزی های ثانویه شود. به علت مجاورت انبار نفت با جاده مواصلاتی شهریار-فردیس به کرج، احتمال ایجاد ترافیک سنگین و گیر افتادن مسافران وسایل نقلیه در محیطی با دمای بالا وجود دارد. از طرف دیگر افراد محبوس در زندان که امکان جابه جایی سریع آنها وجود ندارد و همچنین مناطق مسکونی مجاور انبار نفت نیز با مشکل افزایش دما مواجه خواهند شد. لذا با توجه به خطر ساز بودن انبار نفت هم از لحاظ جانی و هم از لحاظ مالی، جابجایی انبار نفت از منطقه مسکونی، اولین و اساسی ترین پیشنهاد خواهد بود. از آنجایی که افزایش ظرفیت اسمی مخازن منجر به افزایش ارتفاع شعله می شود پیشنهاد بعدی استفاده از مخازن با قطر کوچکتر و ظرفیت اسمی کمتر می باشد تا بتوان از تبعات حادثه کاست. از طرفی حریق ناشی از مخازن ذخیره نفت روزمینی گسترده بوده و به لحاظ آسیب به دارایی، نگرانی های زیست محیطی و اثرات اجتماعی میتواند فوق العاده پرهزینه بشمار آید و نیازمند تعهد بالای سازمانی در تدارک منابع انسانی ماهر و تجهیزاتی میباشد. حریق در مخازن جز رویدادهای پیچیده بوده که اطفاء آنها نیازمند مدیریت هماهنگ و اجرای برنامه های پیشگیری، آمادگی و استفاده صحیح از

منابع در شرایط اضطراری می باشد. فقط با آموزش و تمرین های مداوم است که تیم های بحران در استراتژی ها و تاکتیکهای مورد نیاز برای موفقیت در اطفاء حریق یک پشتوانه کارآمد خواهند شد. در انبار نفت می بایست مانور اطفای حریق به همراه سایر سازمانهای درگیر در بحران با رویکرد بررسی جامع زیر ساخت های شهری، مدیریت ترافیک، زمان و نحوه ی رسیدن خودروهای امدادی، مشارکت سازمانهای مردم نهاد، جوامع پیرامون و سایر مواردی که باید برای تمرین در شرایط بحران انبار نفت آمادگی داشته باشند به صورت منظم و سالی یکبار انجام شود. همچنین به موازات آن وزارت نفت برنامه ای برای جابه جایی انبار نفت از منطقه مسکونی به منطقه کم خطرتر داشته باشد.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل پایان نامه دکتری دانشگاه آزاد اسلامی می باشد. لذا نویسندگان مراتب سپاسگزاری خود را از انبار نفت و دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال که حامی این مطالعه بوده است اظهار می دارد.

Reference

1. Moradian M.J, Introduction to Planning In Disaster Management. ۲۰۱۲, ۸۵
2. Sadr Momtaz, N.; Tabebi, S.; Mahmode, M., A comparative study in disaster planning in selected countries. Tehran Univ. Med. J. ۲۰۰۸, ۶۵, ۱۹-۱۴
3. Yaqin Lou Mehrangiz ; Khalili Iraqi Maryam, Crisis and Crisis Management - Investigating the positive and negative effects of crisis in organizations. ۲۰۰۷
4. Khankeh H, Hospital preparedness for accidents and disasters. Country program. ۲۰۱۳
5. Moradian M.J, Introduction to Planning In Disaster Management. ۲۰۱۲, ۸۵
6. Gupta A K.; Nair S. S, Chemical (Industrial) Disaster Management, Trainer's Module. NIDM ۲۰۱۶, ۱۴۳-۱
7. Azadboni Reza Khodadadi; Wen Jennifer X; Heidari Ali, Numerical Modeling of Flame Acceleration and Transition from Deflagration to Detonation Using OpenFOAM®. In OpenFOAM®, Springer: ۲۰۱۹; pp ۲۵۷-۳۷۲
8. Wang, Q.; Sun, Y.; Shu, C.-M.; Jiang, J.; Zhang, M.; Wang, Q.; Wang, X., Effect of separation distance on gas dispersion and vapor cloud explosion in a storage tank farm determined using computational fluid dynamics. Journal of Loss Prevention in the Process Industries ۲۰۲۰, ۱۰۴۲۸۲
9. Tauseef, S.; Abbasi, T.; Pompapathi, V.; Abbasi, S., Case studies of ۲۸ major accidents of fires/explosions in storage tank farms in the backdrop of available codes/standards/models for safely configuring such tank farms. Process saf environ ۲۰۱۸, ۱۲۰, ۳۳۸-۳۳۱

10. Leite Ricardo Machado; Centeno Felipe Roman, Effect of tank diameter on thermal behavior of gasoline and diesel storage tanks fires. J. Hazard. Mater. ۲۰۱۸, ۳۴۲(۱۵), -۵۴۴ .۵۵۲
11. Hurley M.I; Gottuk DT; Hall Jr; Harada K; Kuligowski ED; Puchovsky M; Torero jl; Watts Jr; Wiecezorek CJ, SFPE Handbook Fire Protection Engineering Manual,. [https://doi.org/ ۲۰۱۶ ۳۸_۰-۲۵۶۵-۴۹۳۹-۱-۹۷۸/۱۰.۱۰۰۷Print](https://doi.org/۲۰۱۶_۳۸_۰-۲۵۶۵-۴۹۳۹-۱-۹۷۸/۱۰.۱۰۰۷Print) ISBN: ۳-۲۵۶۴-۴۹۳۹-۱-۹۷۸, ۱۲۸۸-۱۲۶۲
12. Beheshti Mohammad Hossein; Mosavianasl Zeynab; Tajpoor Ali; Hajizadeh Roohalah, Evaluation the Extent of Explosion, Ignition and Gas Leakage Consequences in Cylinders Containing ۲۶.۲-Liters of Liquid Gas, with Passive Defense Approach. Mil. Med ۲۰۱۸, ۱۹(۶), .۵۶۱-۵۵۱
13. Moshashaei, P.; Alizadeh, S. S.; Khazini, L.; Asghari-Jafarabadi, M., Investigate the causes of fires and explosions at external floating roof tanks: A comprehensive literature review. JFAP ۲۰۱۷, ۱۷(۵), -۱۰۴۴ .۱۰۵۲
14. Wang, J.; Meng, X.; Ma, X.; Xiao, Q.; Liu, B.; Zhang, G., Experimental study on whether and how particle size affects the flame propagation and explosibility of oil shale dust. Process Saf. Prog ۲۰۱۹, ۳۸(۳), e.۱۲۰۷۵
15. Ministry of Health and Medical Education and Deputy Minister of Food and Drugs. Avialable from: https://www.mazums.ac.ir/Dorsapax/Data/Sub_/File/silo_gandom.pdf .۲۰۱۳
16. Alinejad Tahereh; Bhassu Subha; Mustafa Firuza
17. Begham; Othman Rofina Yasmin, Innate immune system
18. response against environmental temperature changes as a dangerous abiotic factor. Glob. Nest J ۲۰۲۰, ۲۲(۴), .۵۳۴-۵۲۲
19. Ahmad Alizadeh Larimi; Jamshid Yazdani Charati; Seyed Hojjat Mousavi Kordmiri; Sepideh Kamali, Evaluation of Thermal Stress Indices among Employees of Bojnord Cement Factory, in ۲۰۱۹. J. Community Health Res ۲۰۲۰, ۶(۲), .۱۰-۱
20. Kariznovi Hamid; Farshad Ali Asghar; Yarahmadi Rasoul; Khosravi Yahya; Yari Peyman, Consequence Analysis of fire and explosion of a cylindrical LPG tank in a selected industry of oil and gas. Iran Occup. Health ۲۰۱۷, ۱۴(۳), .۴۵-۳۷
21. Piang L imwan; Ahmad Arshad, Mathematical modelling and simulation of heat dispersion due to fire and explosion. J. Teknol. F ۲۰۰۲, ۳۷(۱), .۲۶-۱۵
22. He Peixiang; Xu Runzhe; Liu Qin; Wang Peng; Liu Xiaoping; Tao Changfa, The evolution of flame length for the oil tank fire with different top cover widths and lip heights. J Loss Prev Process Ind J LOSS PREVENT ۲۰۲۰, ۶۴(۱), .۱۰۴۰۷۰
23. Ping, P.; He, X.; Kong, D.; Wen, R.; Zhang, Z.; Liu, P., An experimental investigation of burning rate and flame tilt of the boilover fire under cross air flows. Applied Thermal Engineering ۲۰۱۸, ۱۳۳(۱), .۵۱۱-۵۰۱
24. Tang F; Hu LH; Delichatsios MA; Lu KH; Zhu W, Experimental study on flame height and temperature profile of buoyant window spill plume from an under-ventilated compartment fire. Int. J. Heat Mass Transf. INT J HEAT MASS ۲۰۱۲, ۵۵(۳-۱), .۱۰۱-۹۳
25. Yi, H.; Feng, Y.; Park, H.; Wang, Q., Configuration predictions of large liquefied petroleum gas (LPG) pool fires using CFD method. Journal of Loss Prevention in the Process Industries ۲۰۲۰, ۶۵, .۱۰۴۰۹۹

Estimation of the criticality of a fire incidence in the form of energy rate, burning time, and flame height in the Karaj Petroleum Depot (1399)

Seyedeh Azar Mousavifard¹, Seyed Ali Jozi², Mojgan Zaimdar³, Mansour Rezazadeh Azari⁴

¹ Ph.D. Student of Environmental Management, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Iran

² Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

³ Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Iran

⁴ Full Professor, Safety Promotion and Injury Prevention Research Center and Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Science, Tehran, Iran

*E-mail: joozii.alii@gmail.com

Received: 8 February. 2021; Accepted: 18 September. 2021

ABSTRACT

Background: In case of ignition and explosion of oil depot, it will cause a lot of human and financial losses because there is a large population around it. . Therefore, understanding how fire spread and fire modeling by using CFD software to predict the outcome of accidents and their potential effects are very helpful .This research examines for the first time dangerous and unexpected scenarios of explosion and ignition in oil sites using advanced Fluent and monitoring software in the country and seeks to preserve the life and financial assets of the areas around the oil depot.

Materials and Methods: This study is a descriptive-analytical research that was conducted in 1399 in one of the country's oil depots. Hurly formula and Ansys Fluent 15 software were used to estimate the energy rate from burning tanks, flame height and burning time of oil tanks. In this method, effective factors by dividing the case area into smaller elements and applying boundary conditions for boundary nodes were determined

Results: Energy and temperature due to burning materials in all tanks is about 139072.7 kW and 4000 degrees Kelvin. In case of ignition and explosion of oil, ambient temperature will be added about 70 degrees Celsius. Residential areas closer to the oil depot, including the grain depot, barracks and prison, Razkan Noo residential areas, parts of Banafsheh residential town and the railway area along this route will be more affected by this increase in temperature. The maximum burning time of the tank is six and a half hours and the minimum time was estimated at about 5 hours. The highest flame was calculated to be 70.60 meters.

Conclusion: The results of this study showed that if a fire occurs in the tanks. Different areas, including residential and industrial, are in the path of spreading pollution caused by fire. Due to the distance and severity of pollution produced, it can cause many financial and human losses. The results of this study showed that if a fire occurs in the tanks. Various areas are in the path of spreading pollution caused by fire, including residential and industrial, Due to the severity of pollution produced and the extent of areas involved it is predictable human and financial losses.

Key words: Energy rate, Flame height, Burning time, Fluent Software, Oil depot