

نشریه علمی-تخصصی

پژوهش‌های نوین مهندسی

ماهنامه علمی-تخصصی پژوهش‌های نوین علوم مهندسی
سال دوم، مرداد و شهریورماه ۱۳۹۶، شماره ۷ و ۸

استفاده از مبانی ارگونومیک در صنعت کشاورزی

مسعود پیردستان، شراره مهاجری، فاطمه هرسج

بررسی عددی انتقال حرارت جابجایی آزاد از دسته لوله داغ با دمای متغیر

مهدی میانسری، فتحعلی رمضانی

کاربرد نشر آوایی در ارتوپدی

میلاد همایونفر، علیرضا مشایخی

رفع چالش پیچیدگی مدل معنایی در اینترنت اشیا با رویکرد هستان‌شناسی

معنایی

محدثه مشکور، هومن کاشانیان

NRES.ir

پژوهش‌های نوین علوم مهندسی

ماهنامه علمی-تخصصی پژوهش‌های نوین علوم مهندسی،
سال دوم، شماره هفت و هشت، مرداد و شهریور ۱۳۹۶

صاحب امتیاز و مدیر مسئول:
امیرحسین یوسفی
سرمدبیر: میلاد فتاحی
مدیر داخلی: منیژه ملائی

اعضای شورای علمی نشریه:

جناب آقای دکتر محمدعلی ارجمند، دانشگاه تربیت دبیر شهیدرجایی
جناب آقای دکتر شهرورز اسدی، دانشگاه شهید بهشتی
جناب آقای دکتر رضا افضلی، دانشگاه خواجه نصرالدین طوسی
جناب آقای دکتر علی جباری، دانشگاه اراک
سرکارخانم دکتر ساغر جارجی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی
جناب آقای دکتر چنگیز دهقانیان، دانشگاه تهران
جناب آقای دکتر نعمت حسینی، دانشگاه شهید بهشتی
سرکارخانم دکتر راحله خادمیان، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی
جناب آقای دکتر علی رحمانی، دانشگاه تربیت دبیر شهیدرجایی
سرکارخانم دکتر فائزه رحمانی، دانشگاه خواجه نصرالدین طوسی
جناب آقای دکتر قدرت الله رودینی، دانشگاه سیستان و بلوچستان
جناب آقای دکتر محبعلی رهدار، دانشگاه سیستان و بلوچستان
جناب آقای دکتر مرتضی زیودار، دانشگاه سیستان و بلوچستان
جناب آقای دکتر محمدحسین کاظمی، دانشگاه شاهد
جناب آقای دکتر علی فروغی، دانشگاه تبریز
جناب آقای دکتر علی لکی روحانی، دانشگاه زنجان
جناب آقای دکتر سیدحمید هاشمی، دانشگاه اراک

۰۲۱ ۳۳ ۲۰ ۲۴ ۸۷



۰۲۶ ۳۲ ۷۲ ۴۷۸۷



۰۲۱ ۴۳ ۸۵ ۷۱ ۲۴

۰۲۶ ۳۲ ۷۴ ۷۱ ۵۸

تهران: افسریه ۱۵، متری چهارم، کوچه ۳۸، پلاک ۲۸، واحد ۲
کرج: چهارراه هفت‌تیر، خیابان لاله ۱، پلاک ۱۴، طبقه همکف

فراخوان پذیرش مقاله

توسعه پرشتاب و گسترده علوم به ویژه در حوزه فنی و مهندسی، انجام اقدامات علمی برای معرفی دستاوردهای علمی را بیش از پیش ضروری کرده است. توسعه پایدار ایران اسلامی، مستلزم ایجاد زیرساخت‌های علمی به ویژه در حوزه علوم مهندسی است. موسسه مدیریت دانش شباک با همکاری اساتید برجسته دانشگاهی با هدف معرفی پژوهش‌های علوم مهندسی و ایجاد فرصتی برای تبادل مطالعات و تجارب در این حوزه، نشریه پژوهش‌های نوین علوم مهندسی را منتشر می‌کند.

تحریریه به منظور انتشار گسترده پژوهش‌های روزآمد از اساتید، صاحب‌نظران، مهندسان، دانشجویان، کارشناسان، پژوهشگران و علاقه‌مندان علوم مهندسی، دعوت می‌کند تا با ارائه مقالات علمی ارزشمند خود، از طریق وبسایت نشریه به نشانی www.nres.ir ضمن مشارکت فعال به غنای این نشریه کمک نمایند. برای ارسال مقاله به نشریه کافی است تا در وبسایت نشریه ثبت‌نام نموده و با ورود به پنل کاربری، مقاله خود را ثبت کنید. پس از بررسی اولیه و داوری علمی از طرف تحریریه جهت انتشار مقاله با نویسنده مسئول تماس گرفته می‌شود.

موضوعات نشریه پژوهش نوین علوم مهندسی:

- مهندسی صنایع
- مهندسی عمران
- مهندسی مکانیک
- مهندسی معدن
- مهندسی هوا فضا
- مهندسی مواد و متالورژی
- مهندسی برق و الکترونیک
- مهندسی انرژی و فیزیک
- مهندسی شیمی، نفت و پلیمر
- مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات
- مبانی علوم مهندسی
- مدیریت دانش در علوم مهندسی

فهرست مقالات

صفحه	عنوان مقاله
۱	استفاده از مبانی ارگونومیک در صنعت کشاورزی مسعود پیردستان، شراره مهاجری، فاطمه هرسج
۱۳	بررسی عددی انتقال حرارت جابجایی آزاد از دسته لوله داغ با دمای متغیر مهدی میانسری، فتحعلی رمضانی
۲۵	کاربرد نشر آوایی در ارتوپدی میلاد همایون فرد، علیرضا مشایخی
۳۷	رفع چالش پیچیدگی مدل معنایی در اینترنت اشیا با رویکرد هستانشناسی معنایی محدثه مشکور، هومن کاشانیان

استفاده از مبانی ارگونومیک در صنعت کشاورزی

مسعود پیردستان^۱، شراره مهاجری^{۲*}، فاطمه هرسج^۲

۱- دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی نور، ایران

۲* - دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی نور، ایران

۳- مدرس و عضو هیات علمی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی نور، ایران

mohajerisharareh@gmail.com

چکیده

در مطالعه حاضر، مبانی ارگونومیکی بررسی می‌شوند که از پتانسیل لازم برای کاهش اختلالات اسکلتی عضلانی و بالا بردن سود در صنعت کشاورزی برخوردارند. این تحقیق در استان گیلان به مطالعه پرورش‌دهندگان سبزیجات پرداخته است. هدف از انجام این مقاله شناسایی اهمیت نسبی موانع استفاده از پنج مورد از مبانی ارگونومیک است. علاوه بر این، به مقایسه موانعی پرداخته می‌شود که افراد بی‌علاقه به استفاده از این مبانی و افراد علاقمند به استفاده از آنها با آنها روبرو هستند. در راستای انجام تحقیق، فرم نظرسنجی به کشاورزان بازار سبزیجات تازه ارسال شد تا استفاده از مبانی ارگونومیک و موانع استفاده از آنها در قالب بخشی از یک مطالعه مداخله‌ای و نیز با استفاده از روش تحلیل کی‌دو ارزیابی گردد. مواردی مانند عدم آگاهی و شناخت، هزینه‌ها، عدم مشاهده استفاده از این مبانی و عدم توانایی بررسی مبانی ارگونومیک از جمله موانع شناخته شده بودند. نتایج دو مفهوم خاص دارند. نخست آنکه نتایج نشان می‌دهند که برای عرضه مبانی ارگونومیک، فرد باید توجه دقیقی به نیازهای خاص مراحل آگاه‌سازی، متقاعدسازی و تصمیم‌گیری داشته باشد. دوم آنکه از آنجایی که مبانی ارگونومیک موانع منحصر به فردی دارند، لازم است آزمایش شوند تا این موانع آشکار گردند و پیش از عرضه به آن‌ها پرداخته شود.

واژگان کلیدی: مبانی ارگونومیک، سلامتی، هزینه، کشاورزی، سبزیجات

۱- مقدمه

استفاده از مبانی ارگونومیک در صنایع مختلف مطالعه شده‌اند (آبوت و یاربروگ، ۱۹۹۲، کاستل، ۲۰۰۱، داویلا و پانیزولو، ۱۹۹۶، کازی و همکاران، ۱۹۹۳، سوان، ۱۹۹۵، والستون و همکاران، ۲۰۰۱). این مساله به طور خاص در بخش کشاورزی و به دلیل پیشینه غنی این بخش در پراکندگی مطالعات مربوط به نوآوری (راجرز، ۱۹۹۵ و ارگونومی (میدا و همکاران، ۱۹۸۰، پالمر) قابل توجه است. موضوع محوری مقاله حاضر استفاده از مبانی ارگونومیک و به طور خاص مزارع سبزیجات تازه است. در ارتباط با عوامل افزایشی یا بازدارندگی استفاده از مبانی ارگونومیک در بخش کشاورزی نیز اطلاعات چندانی در دست نیست. به طور کلی، کاربران آن دسته از مدیرانی هستند که تمایل ندارند با موانع اقتصادی روبرو شوند که مانع از بهره‌گیری از این مبانی می‌شوند (بزوگو، ۱۹۹۵). مضاف بر این که این مدیران به اطلاعات مربوط به این موارد دسترسی خوبی دارند (راجرز،

۱- Abbott, Yarbrough, Castle, D Villa, Panizzolo, Qazi, Swan, Walston

۲- Bzugu

۱۹۹۵، فدر و اومالی، ۱۹۹۳، فلیگل، ۱۹۹۳). اما نتایج حاصل همیشه هم با این مساله سازگاری ندارند (کازی و همکاران، ۱۹۹۳). گاهی عوامل خاص مبنای ارگونومیک مثل سهولت استفاده یا ویژگی‌های خاص مزارع هم بهتر از مدیران استفاده از مبنای ارگونومیک و نوآوری‌های تولید را پیش‌بینی کنند (آدیسینا و زینا، ۱۹۹۳، آدیسینا و سیدی، ۱۹۹۵، آدیسینا بایدو-فورسون، ۱۹۹۵، نیگاتو و پاریک، ۱۹۹۹، ووسینک و همکاران، ۱۹۹۷). اما همانطور که گفته شد، شواهد تجربی چندانی در ارتباط با موانع استفاده از مبنای ارگونومیک در صنایع یا به طور خاص برای پرورش‌دهندگان سبزیجات تازه وجود ندارد.

پرورش‌دهندگان سبزیجات تازه نامزد اصلی استفاده از مبنای ارگونومیک محسوب می‌شوند. در واقع این کشاورزان، سبزیجات تازه تولید می‌کنند و در فرآیند تولید وظایفی چون آماده‌سازی خاک، کاشت، پیوند زدن، هرس کردن علف‌های هرز، برداشت‌های دستی و جابجایی محصول مثل شستن، بسته‌بندی و بارگیری محصولات جعبه شده را انجام می‌دهند. بسیاری از این وظایف مستلزم نیروی کاری زیاد و غیرکارآمد و سطح بالایی از فعالیت‌های فیزیکی است (ناگ، ۱۹۹۸، وان دین، و همکاران، ۱۹۹۷، کالیتو و همکاران، ۱۹۹۴).

در مطالعه حاضر، مبنای ارگونومیکی بررسی می‌شوند که از پتانسیل لازم برای کاهش اختلالات اسکلتی عضلانی و بالا بردن سود در صنعت کشاورزی برخوردارند. این تحقیق در استان گیلان به مطالعه پرورش‌دهندگان سبزیجات پرداخته است. هدف از انجام این مقاله شناسایی اهمیت نسبی موانع استفاده از پنج مورد از مبنای ارگونومیک است. کشاورزانی که اعلام کردند احتمالاً قادر به استفاده از این مبنای نیستند بر این باور بودند که در مرحله آگاه‌سازی، متقاعدسازی یا تصمیم‌گیری هستند. این در حالی است که آن دسته از کشاورزانی که اعلام کردند در حال برنامه‌ریزی برای استفاده از این مبنای می‌باشند در مرحله متقاعدسازی یا تصمیم‌گیری بودند (راجرز، ۱۹۹۵). با بیان این مساله که این دو گروه در استفاده از مبنای جدید با موانع متفاوتی روبرو هستند، اذعان داشت که نیازهای اطلاعات افراد در مراحل مختلف متفاوت است.

۲- روش تحقیق

مبنای ارگونومیک مربوطه می‌تواند امنیت و بازده مزارع کشاورزی را ارتقا دهند و با توجه به مطالعه جامعه هدف و بررسی‌های پیمایشی طراحی شده‌اند. از این مبنای برای ارزیابی تاثیر مداخله‌ها بر آگاهی و درک هر یک از موارد صورت گرفته استفاده می‌شود. هر ساله، گروه تازه‌ای از کشاورزان تصادفاً از جامعه هدف انتخاب می‌شوند تا بتوان مداخله‌های مورد نظر را ارزیابی کرد. در ارتباط با کشاورزان سبزیجات تازه، فهرست مشتریان و عرضه‌کنندگان بذر سبزیجات، از اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی گیلان بدست آمد. در این فهرست ۳۸ هزار و ۲۹۰ زمین زراعی وجود داشت که از این تعداد به صورت تصادفی ۱۵۳۵ (n=535) زمین زراعی به عنوان نمونه انتخاب شد.

در این زمینه پرسشنامه بر مبنای توصیه‌های استاندارد (دیلمان، ۱۹۷۸، ۱۹۹۱) طراحی شد که تکمیل آن به طور کلی بین ۱۰ تا ۱۵ دقیقه زمان می‌برد.

طرح مداخله ای از چند الگوی نظری شناخته شده (راجرز، ۱۹۹۵) و یافته‌های تحقیقات تجربی گذشته در مورد نحوه و علت استفاده از فناوری‌های کشاورزی (فیدر و اومالی، ۱۹۹۳، فلیگل، ۱۹۹۳) تشکیل شده است. در اقدامات مداخله‌ای، اصول

۱- Rogers, Feder, Umali, Fligel

۲- Qazi

۳- Adesina, Zinnah, Seidi, Baidu-Forsen, Negatu, Parikh, Wossink

۴- Nag, Van Dieen, Cavaletto

۵- Dillman

۶- Feder and Umali

۷- Fliegel

بازاریابی اجتماعی و مخاطبان باید بر مبنای مراحل الگوی نظری بخش بندی شده و سپس ابزارهای لازم طراحی و وسایل نقلیه‌ای برای تحویل در نظر گرفته شود که برای هر گروه از مخاطبان هدف مناسب‌تر بودند (راجرز، ۱۹۹۵).

فهرستی از مبنای ارگونومیک بالقوه‌ای تهیه شد که سبب بالا رفتن سطح سلامت و سودآوری پرورش‌دهندگان سبزیجات تازه می‌شود. مبنای با کشاورزان به بحث و بررسی گذاشته شدند تا مواردی انتخاب شوند که از پتانسیل لازم برای داشتن بیشترین تاثیر مثبت بر سطح سلامت و سودآوری برخوردار باشند. فرآیند انتخاب عبارت بودند از این که چه تعداد از کارگران متاثر از این مساله خواهند بود، بر چه نسبتی از سال کاری تاثیرگذار خواهد بود، چه حالت‌های کاری ارتقا می‌یابند و تامین هزینه نوآوری چه مدت به طول می‌انجامد. در این زمینه تمرکز خود را بر مبنای ارگونومیک معطوف کردیم که هزینه پایینی داشتند و بازده کاری را بالا می‌برند که عبارتند از:

کیسه‌های توری ۱ به کارگران کمک می‌کنند تا محصولات پربزرگ^۲ یا سایر محصولات تولیدی کوچک اعم از لوبیا سبز را در طول مراحل برداشت، شست‌وشو، و بسته بندی جابجا کنند. معمولاً مراحل شستن، جורسازی، وزن کردن و بسته بندی محصولات پربزرگ فرآیندهایی چون چنگ زدن‌های مکرر^۳ و حرکت‌های بازایی (اغلب در حالت کمر خمیده) را هم در بر می‌گیرند. کیسه‌های توری از لزوم انجام مرحله چنگ زدن می‌کاهند و بر حجم محصولاتی که باید جابجا شوند می‌افزایند. به این ترتیب هر فعالیت عملاً به مجموعه‌ای از عملیات‌های مختلف تبدیل می‌شود (میر^۴ و همکاران، ۱۹۹۹). هزینه هر کیسه توری ۶۰۰ تا ۱۲۰۰ تومان است و با توجه به صرفه‌جویی در زمان و هزینه بازگشت سرمایه سریعی دارد.

محفظه‌های پلاستیکی استاندارد^۵ که برای سبزیجات طراحی شده‌اند در طول مراحل برداشت، جابجایی‌های پس از برداشت و بازاریابی به طور کلی سبب تسهیل فرآیند جابجایی محصولات می‌شوند. محفظه‌های استاندارد طوری طراحی شده‌اند که می‌توان آنها را به آسانی بلند کرد، می‌توان ابعاد آنها را متناسب با حجم بار تعیین کرد، در برابر اشعه‌های UV ثابت و ماندگارند، لبه‌های تیز یا سختی ندارند، و فضای زیادی اشغال نمی‌کنند زیرا می‌توان آنها را روی هم انباشت کرد. قیمت هر یک از این محفظه‌های استاندارد ۱۲۰۰ تا ۵۰۰۰ تومان است و به دلیل هزینه پایین، تاثیر بر فضای ذخیره‌سازی، سهولت بلند کردن و کیفیت محصولات برداشت شده بازده سریعی دارند.

سیستم پالتی نازک^۶؛ پالت‌های نصفه‌ای هستند که به یک کامیون پالت دستی^۷ طراحی شده برای جابجایی جعبه‌های سبزیجات بسته می‌شوند و می‌توان آنها را با در سردکن‌های باریک جفت کرد. بسیاری از کشاورزان جعبه محصولات را به صورت جداگانه یا روی هم قرار گرفته حمل می‌کنند. اما از این طریق می‌توان تا شانزده جعبه را همزمان جابجا کرد و با استفاده از این سیستم فشار جابجایی و بلند کردن دستی کمتری را متحمل شد. هزینه سفارش کامیون و پالت‌ها نزدیک به ۶۰۰۰۰ تومان است و با فرض ۱۲ ساعت در ماه صرفه‌جویی در زمان (در مقایسه با روش‌های حمل دستی) در عرض نزدیک به ۱۰ ماه برگشت سرمایه خوبی خواهند داشت.

خطوط شست‌وشو و بسته‌بندی^۸ این نوآوری به سازماندهی مجدد خطوط شست‌وشو و بسته‌بندی بر مبنای جریان‌ات تولید، حفظ انرژی، بازده کار و جلوگیری از بروز جراحت در کارگران مربوط می‌شود. نمونه‌هایی از اقدامات مربوط به سازماندهی مجدد عبارتند از سازماندهی کار در واحدهایی که محصولات را از مرحله شست‌وشو به مرحله جورسازی، سپس به مرحله وزن‌گیری، پس از آن به مراحل بسته‌بندی و بهینه‌سازی ارتفاع کار برای متناسب‌سازی کارگران کوتاه یا بلند قد با تنظیمات صورت گرفته است.

۱- Mesh bags

۲- Leafy crops

۳- Repeated grasping

۴- Meyer

۵- Standard plastic containers

۶- Narrow pallet system

۷- Hand pallet truck

8 -Washing, sorting, and packing lines

این مراحل به صورت روزمره انجام نمی‌شوند و باید آنها را هر هفته یا چند بار در هفته انجام داد. از آنجایی که تمام مراحل فرآیند بازآرایی را هم دربر می‌گیرند هزینه‌ها به حداقل می‌رسند.

ارابه‌های میدانی نشسته: ارابه‌های سه چرخه غیرموتوری میدانی که برای کارگرانی که در حالت نشسته روی ردیف محصولات کار می‌کنند نقش تکیه‌گاهی دارند. پرورش‌دهندگان معمولاً هنگام برداشت، کاشت یا وجین کردن دولا می‌شوند، زانو می‌زنند یا سینه‌خیز حرکت می‌کنند. ارابه میدانی سه مزیت دارد: سبب تنوع بیشتر در حالات قرارگیری بدن می‌شود، بر دامنه موقعیت‌های کاری تکیه‌گاهی می‌افزاید، و هنگام جابجایی محفظه‌های محصولات برداشت شده از کارخانه‌ای به کارخانه دیگر از لزوم بلند کردن و حمل می‌کاهد و همزمان ریسک از کار افتادن ماشین‌آلات، ایجاد جراحت یا قرار گرفتن در معرض آلودگی و سروصدای ارابه‌های موتور را از میان می‌برد. هزینه اولیه این سیستم ۱۵۰۰۰ تومان است که با فرض روزانه ۳۰ دقیقه کار برداشت، بازگشت سرمایه ۱۱ تا ۱۸ هفته به طول خواهد انجامید.

در هر بخش مربوط به مبانی ارگونومیک، دو پرسش مرتبط با این تحقیق مطرح می‌گردد: ۱- آیا از این مبانی استفاده کرده‌اید؟ و ۲- چقدر احتمال دارد در ۱ تا ۵ سال آینده از این موارد استفاده کنید؟ آنهایی که از این موارد استفاده نمی‌کنند می‌توانند علت اتخاذ این تصمیم را در بخش «موانع استفاده»^۱ عنوان کنند. پاسخ‌های احتمالی عبارتند از: ۱. اصلاً در موردش نشنیده‌ام، ۲. اطلاعاتی ندارم، ۳. استفاده از آن دشوار است، ۴. مزیتی در آن نمی‌بینم، ۵. ندیده‌ام از آن استفاده شود، ۶. ایمن نیست، ۷. به نیروی فیزیکی بالایی نیاز دارد، ۸. بسیار پرهزینه است، ۹. بازگشت سرمایه پایین، ۱۰. نمی‌توانم اول من آن را امتحان کنم، ۱۱. بسیار زمان‌بر است، ۱۲. فاقد قابلیت دسترسی‌پذیری، ۱۳. سایر موارد. گروه‌بندی‌های دیگر هم بر اساس مطالعات به عمل آمده در ارتباط با نوآوری و مصاحبه‌های غیررسمی با پرورش‌دهندگان سبزیجات بازارهای محلی انجام شده است. در این زمینه اطلاعات جمعیت‌شناختی گسترده‌ای اعم از سن، جنسیت، سال‌های زراعت، آموزش، محصولات پرورش داده شده، فروش ناخالص و متراژ زمین هم جمع‌آوری شد.

۳- تحلیل داده‌ها

پرسش‌نامه‌های تکمیل‌شده کدگذاری و وارد پایگاه‌های اطلاعاتی شدند. برای توضیح نمونه مورد بررسی از آماره‌های توصیفی (مثل میانگین، انحراف استاندارد، و درصد) استفاده شد. برای نشان دادن این مساله که پاسخ‌دهنده‌ها برای هر مورد از مبانی ارگونومیک با چه مانعی روبرو هستند از درصد استفاده شد. برای آزمون این فرضیه که کاربران احتمالی این مبانی ارگونومیک در مقایسه با کاربران غیراحتمالی آنها به موانع متفاوتی اشاره می‌کنند از روش تحلیل کی‌دو^۲ استفاده شد. از آنجایی که این نخستین تحقیقی است که در آن به دامنه گسترده‌ای از موانعی اشاره می‌شود که در این خصوص کشاورزان سبزیجات تازه با آنها روبرو می‌شوند، آلفای نامی برابر ۰٫۱۰ در نظر گرفته شد تا نتایج بالقوه مهم از دست نروند. مقادیر p حاصل از جداول 2×2 که خانه‌هایی با شماره‌های مورد انتظار کمتر از ۵ دارند مشخص شدند زیرا لازم است این نتایج با دقت بیشتری تحلیل و بررسی شوند. برای آزمایش فرضیه، فقط آنهایی در تحلیل‌ها گنجانده شدند که هیچگاه در گذشته از این مبانی استفاده نکرده بودند. با توجه به پرسش‌های مربوط به احتمال استفاده از مبانی ارگونومیک در یک تا پنج سال آینده، کشاورزان هم به گروهی که در آینده نزدیک قرار است از این مبانی استفاده کنند و گروهی که احتمال نمی‌رود در آینده نزدیک از آنها استفاده کنند تقسیم شدند. آنهایی که پاسخ «احتمالاً اصلاً» یا «احتمال ندارد» دادند در گروه «کاربران غیراحتمالی»^۳ و آنهایی که پاسخ‌های «تأاندازه‌ای احتمال دارد» یا «به احتمال زیاد» داده بودند در گروه «کاربران احتمالی»^۴ قرار داده شدند. از اطلاعات سن، جنسیت، سال‌های تجربه کشاورزی،

1 -Barriers to adoption

2 -Chi-square analyses

3 -Unlikely adopters

4 -Likely adopters

فروش ناخالص، کل زمین، و تحصیلات در قالب شاخص‌های احتمال استفاده و برای آزمایش متغیرهای بالقوه مخدوش‌گر استفاده شد.

۴- نتایج

در مجموع ۱۰۳ پاسخ‌دهنده نظرسنجی‌های خود را بازگرداندند. جدول ۱ ویژگی‌های جمعیت‌شناختی نمونه قابل‌استفاده را ارائه می‌دهد. پاسخ مربوط به «مجموع اراضی» از ۰,۰۹ تا ۱۰۰۰۰ متغیر بود. تحلیل متغیرهای مخدوش‌گر نشان داد که سطح تحصیلات، مجموع اراضی و فروش ناخالص تأثیری بر احتمال استفاده از این نوآوری‌ها ندارد. تحلیل کی‌دو میزان اراضی (اکر) و حجم فروش ناخالص با احتمال استفاده از خط شست‌وشو/جورسازی را نشان داد که اگرچه مقادیر p بزرگتر از ۰,۰۵ بودند، اما از آنجایی که دست کم ۵۰ درصد خانه‌ها دارای فراوانی مورد انتظار کمتر از پنج بودند، از پایداری لازم برخوردار نبودند. جنسیت هم احتمال استفاده از اراهه‌های میدانی غیرموتوری نشسته را نشان می‌داد ($x^2=9.3, p=0.002$). ارتباط میان سن و احتمال استفاده از سیستم پالته نازک هم تأیید شد ($x^2=8.9, p=0.012$). سال‌های تجربه کشاورزی با احتمال استفاده از محفظه‌های استاندارد مرتبط شناخته شد ($x^2=8.9, p=0.012$). از میان ۳۰ آزمون مربوط به متغیرهای مخدوشگر، سه رابطه معنادار با جنسیت، سن و سال‌های تجربه کشاورزی یافت شد. حجم نمونه به تحلیل لایه‌بندی‌شده این سه رابطه معنادار کمکی نمی‌کند، از آنجایی که میان سن و سال‌های تجربه همبستگی بالایی وجود دارد، تحلیل کی‌دوی دیگری هم انجام شد. این تحلیل نشان داد که اگرچه سن و سال‌های تجربه کشاورزی رابطه معناداری با هم دارند ($x^2=8.2, p=0.017$)، متغیرهای یکسانی نیستند.

جدول ۱- ویژگی‌های جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهنده‌ها

	N	%		N	%
جنسیت			جنسیت		
مرد	185	77.1	مرد	185	77.1
زن	52	21.7	زن	52	21.7
تحصیلات			تحصیلات		
ابتدایی	7	2.9	ابتدایی	7	2.9
تا حدودی دبیرستان	51	21.3	تا حدودی دبیرستان	51	21.3
دبیرستان	25	10.5	دبیرستان	25	10.5
دبیرستان+تأه‌دودی دانشگاه	38	15.9	دبیرستان+تأه‌دودی دانشگاه	38	15.9
مدرک ۲ ساله	28	11.7	مدرک ۲ ساله	28	11.7
مدرک ۴ ساله دانشگاه تا حدودی	43	18.0	مدرک ۴ ساله دانشگاه تا حدودی	43	18.0
ابتدایی	18	7.5	ابتدایی	18	7.5
مدرک فارق‌التحصیلی	22	9.2	مدرک فارق‌التحصیلی	22	9.2
میزان ناخالص فروش			میزان ناخالص فروش		
کمتر از ۵۰۰۰ دلار	52		کمتر از ۵۰۰۰ دلار	52	
۵۰۰۰ تا ۱۴۹۹۹	50		۵۰۰۰ تا ۱۴۹۹۹	50	
۱۵۰۰۰ تا ۲۴۹۹۹	21		۱۵۰۰۰ تا ۲۴۹۹۹	21	
۲۵۰۰۰ تا ۴۹۹۹۹	29		۲۵۰۰۰ تا ۴۹۹۹۹	29	

* میانگین و انحراف استاندارد گزارش‌شده بدون در نظر گرفتن چهار پاسخ‌دهنده‌ایست که زمین‌هایشان را به ترتیب ۱۰۰۰، ۱۲۰۰، ۱۶۰۰ و ۱۰ هزار اکر گزارش کردند. بالاترین مقدار بعدی ۴۰۰ بود.

جدول ۲ درصد پاسخ‌دهنده‌هایی که از مبانی ارگونومیک آگاهی ندارند، آنهایی که آگاهی دارند اما تجربه‌ای از کار با این نوآوری‌ها را ندارند، آنهایی که از این مبانی آگاهی و تجربه استفاده از آنها را دارند، و آنهایی را نشان می‌دهد که از این مبانی استفاده کرده‌اند. آن دسته از کسانی که از وجود این مبانی آگاه‌اند اما از آنها استفاده نکرده‌اند افرادی هستند که اعلام کرده‌اند هیچ گاه از آنها استفاده نکرده‌اند، یا آنها را امتحان کرده‌اند اما دیگر استفاده نکرده‌اند. مورد محفظه استاندارد بیشترین و پس از آن طرح‌های پکینگ شید ۱ ارتقایافته، سیستم پالتی نازک، کیسه‌های غیرموتوری در حالت نشسته موارد استفاده را داشته‌اند. در ارتباط با گروهی که آگاهی داشته‌اند اما استفاده نکرده‌اند، بیشترین درصد پاسخ‌دهنده‌ها از وجود این مبانی ارگونومیک آگاهی داشته‌اند اما از آنها استفاده نکرده‌اند. ترتیب استفاده از این مبانی برای این گروه‌ها محفظه‌های استاندارد، کیسه‌های توری، ارابه‌های غیرموتوری، سیستم پالتی نازک و پکینگ شیده‌ای ارتقایافته است.

جدول ۲- درصد پاسخ‌دهنده‌های ناآگاه، آگاه اما کاربران، و کاربران*

مبانی ارگونومیک	ناآگاه (%)	آگاه، کاربران غیراحتمالی که هیچگاه مبانی مربوطه را امتحان نکرده‌اند (%)	آگاه، کاربران غیراحتمالی که هیچگاه مبانی مربوطه را امتحان نکرده‌اند (%)	کاربران
کیسه‌های توری	61.0	27.2	2.4	6.5
محفظه‌های استاندارد	27.2	29.3	3.7	35.8
سیستم پالتی نازک	71.1	16.7	0.8	7.7
طرح پکینگ شید	67.1	11.4	0.8	13.4
ارابه غیرموتوری نشسته	65.0	27.2	0.8	2.4

*درصد افزایش به ۱۰۰ درصد در نتیجه از دست رفتن اطلاعات

در جدول ۳، موانعی که مانع از استفاده از مبانی ارگونومیک می‌شوند ارائه شده است. جدول ۴ همین اطلاعات را نشان می‌دهد اما آزمودنی‌ها را به گروه‌هایی تقسیم‌بندی می‌کند که احتمالاً در ۵ سال آینده از مبانی ارگونومیک استفاده خواهند کرد و آنهایی که عنوان کرده‌اند از این مبانی استفاده نمی‌کنند. درصد استفاده از آن دسته از افرادی که از مبانی ارگونومیک آگاه بودند اما از آنها استفاده نمی‌کردند هم در ۵ سال آینده برای کیسه‌های توری، محفظه‌های استاندارد، سیستم پالتی نازک، طرح پکینگ، و ارابه‌های میدانی نشسته به ترتیب ۴۹٫۲، ۴۵٫۱، ۵۲٫۵، ۶۵٫۴ و ۴۹٫۲ درصد محاسبه شد. درصد پاسخ مثبت به هر یک از موانع نیز با استفاده از روش تحلیل کی دو مقایسه شدند. درصد‌های بدست آمده در جداول ۳ و ۴ اندکی با هم تفاوت دارند چراکه اطلاعات فرد آگاهی که از مبانی ارگونومیک استفاده نمی‌کند و به پرسش «فکر می‌کنید در یک تا پنج سال آینده چه زمان استفاده از مبانی ارگونومیک را آغاز کنید» پاسخ نمی‌دهد در جدول ۳ وجود دارد اما در جدول ۴ اطلاعاتی ندارد.

پاسخ‌دهنده‌هایی که احتمال می‌رود در یک تا پنج سال آینده از کیسه‌های توری استفاده کنند عنوان کردند که اطلاعات کافی از این مورد نداشته‌اند، قبلاً ندیده‌اند که از آن استفاده شود، و به آن دسترسی نداشته‌اند. تعداد این آزمودنی‌ها به طور معناداری بیشتر از کاربران غیراحتمالی بود. از سوی دیگر، کاربران غیراحتمالی بیشتر اعتقاد داشتند که سودی در استفاده از کیسه‌های توری نمی‌بینند. در ارتباط با محفظه‌های استاندارد هم درصد بسیار بالایی از کاربران احتمالی فاقد اطلاعات لازم و

دسترسی به آن بودند. درصد بالایی از کاربران غیراحتمالی هم بیشتر اعتقاد داشتند که سودی در استفاده از کیسه‌های توری نمی‌بینند. مانعی که در هر دو گروه بیشتر به آن اشاره شد آن بود که محفظه‌های استاندارد بسیار گران بودند.

جدول ۳- درصد کاربران غیراحتمالی آگاهی که برای مبانی ارگونومیک موانع خاصی دارند

مانع	کیسه‌های توری	محفظه‌های استاندارد	سیستم پالتی نازک	طرح پکینگ شید	ارابه غیرموتوری برای حالت نشسته
اصلا در موردش نشنیده‌ام	0.0	1.5	0.0	3.8	0.0
اطلاعاتی ندارم	26.6	19.7	30.8	23.1	29.0
استفاده از آن دشوار است	3.1	1.5	2.6	0.0	11.3
مزیتی در آن نمی‌بینم	15.6	16.7	15.4	0.0	6.5
ندیده‌ام از آن استفاده شود	17.2	10.6	15.4	7.7	22.6
غیرایمن	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
به نیروی فیزیکی بالایی نیاز دارد	1.6	1.5	0.0	0.0	1.6
بسیار پرهزینه است	7.8	43.9	10.3	30.8	27.4
بازگشت سرمایه پایین	3.1	9.1	5.1	15.4	6.5
نمی‌توانم اول من آن را امتحان کنم	7.8	7.6	10.3	3.8	24.2
بسیار زمان‌بر است	6.3	3.0	0.0	7.7	4.8
فاقد قابلیت دسترسی پذیری	9.4	10.6	20.5	15.4	14.5

در خصوص سیستم پالتی نازک هم درصد بسیار بالایی از کاربران احتمالی فاقد اطلاعات لازم و دسترسی به آن بودند و نمی‌توانستند آن را امتحان کنند. عدم وجود اطلاعات مانعی بود که درصد بالایی از کاربران احتمالی به آن اشاره می‌کردند و بی‌فایده بودن این فناوری هم مانعی بود که کاربران غیراحتمالی بیشتر به آن اعتقاد داشتند. در ارتباط با پکینگ شید، کاربران احتمالی بیشتر از کاربران غیراحتمالی به مانع عدم وجود اطلاعات اشاره می‌کردند. از میان ۱۳ مانع احتمالی، کاربران غیراحتمالی تنها به سه مانع اشاره نمودند: هزینه بالا، بازگشت سرمایه پایین و زمان مورد نیاز برای استفاده از مبانی ارگونومیک. بیشترین تفاوت‌های معنادار میان کاربران احتمالی و غیراحتمالی در استفاده از مورد ارابه غیرموتوری نشسته بود. کاربران احتمالی بیشتر از کاربران غیراحتمالی به عدم وجود اطلاعات، هزینه و عدم دسترسی اشاره نمودند. از سوی دیگر، کاربران غیراحتمالی به مراتب بیشتر به دشواری استفاده، بی‌فایده بودن، بازگشت سرمایه ضعیف و زمان بر بودن این فناوری اشاره نمودند. استفاده کنندگان احتمالی ارابه‌های غیرموتوری نشسته در این مساله که ندیده‌اند از این مورد استفاده شود و نمی‌توانند آن را امتحان کنند دوبرابر بیشتر از کاربران غیراحتمالی بودند.

۳- بحث و نتیجه گیری

هدف از انجام این مطالعه شناسایی موانع استفاده از مبانی ارگونومیک است که سلامتی و سود کشاورزان سبزیجات تازه را بالا می‌برد. در همین حال این مساله نیز بررسی می‌گردد که آیا موانعی که کاربران احتمالی به آنها اشاره می‌کنند متفاوت از موانعی است که کاربران غیراحتمالی به آنها اشاره می‌کنند. هنگام بررسی موانع مورد اشاره این دو گروه الگویی هم طراحی شد. مطالعات نشان داد که کاربران احتمالی به اطلاعات بیشتری نیاز دارند. نوع اطلاعاتی که این افراد می‌خواهند را می‌توان از انواع دیگری از موانعی که به آنها اشاره می‌کنند استنتاج کرد. در واقع کاربران احتمالی تمایل دارند بتوانند این مبانی را در عمل مشاهده کنند، خودشان آن را آزمایش کنند و بدانند که چطور می‌توانند به موارد مبانی ارگونومیک دسترسی یابند یا آنها را خریداری کنند. از سوی دیگر، کاربران غیراحتمالی هم نیازهای اطلاعاتی بسیار متفاوتی دارند. آنها سودی در استفاده از مبانی ارگونومیک نمی‌دیدند و معتقد بودند که برایشان بسیار هزینه‌بر خواهد بود.

این نتایج نشان می‌دهند که اطلاعاتی که در مرحله مقاعدسازی یا در مرحله تصمیم‌گیری به کشاورزان می‌دهند (راجرز، ۱۹۹۵) باید اطلاعات تماس محلی که می‌توان به طور عملی کارکرد مبانی ارگونومیک مربوطه را مشاهده یا آزمایش کرد (مثل تصاویر مزارع، روزهای معمولی کار یا ایستگاه‌های آزمایش کشاورزی) را هم شامل شود. در این اطلاعات لازم است فهرستی هم از کسب‌وکارهایی ارایه شود که ملزومات مبانی ارگونومیک را به فروش می‌رسانند. اطلاعات مداخله‌ای که به مرحله آگاه‌سازی مربوط می‌شوند باید بر توضیح مزایای نسبی (به لحاظ سودآوری، بازده، بهره‌وری و یا سلامتی) مبانی ارگونومیک نسبت به روش‌های متعارف متمرکز باشند. اطلاعات مربوط به کاربران غیراحتمالی هم باید بر هزینه‌های راه‌اندازی و میزان هزینه‌ای که در آن با توجه به بازده و سودآوری صرفه‌جویی می‌شود تمرکز داشته باشند.

اگر پاسخ‌دهنده‌ها به این دو گروه تقسیم‌بندی نشوند، تصویر متفاوتی پدیدار می‌گردد که اطلاعات مفیدی بدست نمی‌دهد. در ارتباط با کیسه‌های توری، ابتدا مشخص شد که عدم وجود اطلاعات لازم بزرگترین مانع است، اما پس از آنکه نمونه تحقیق تقسیم‌بندی شد، عدم وجود اطلاعات تنها مانعی بود که افراد در مرحله تصمیم‌گیری با آن روبرو بودند. برای آنهایی که احتمال نمی‌رفت از کیسه‌های توری استفاده کنند، بزرگترین مانع این بود که سودی در استفاده از این فناوری نمی‌دیدند. پس از لایه‌بندی مشخص شد که سومین مانع بزرگ در استفاده از کیسه‌های توری عدم مشاهده استفاده از این فناوری‌ها بود. اما پس از گروه‌بندی، این مساله برای تعداد اندکی از کشاورزان مانعی مشکل محسوب می‌شد. اما دومین مانع مورد اشاره کاربران غیراحتمالی فقدان اطلاعات کافی و هزینه‌های بالا بود. برای آنهایی که احتمالاً از مبانی ارگونومیک استفاده نمی‌کردند الگوهای متفاوتی از موانع شکل گرفت (جدول ۳ و ۴). نتایج حاصل با نتایج مطالعات به عمل آمده در زمینه موانع و عوامل پیش‌بینی کننده مبانی ارگونومیک محصولات کشاورزی همخوانی نداشت (فوجیساکا، ۱۹۹۴، کازی و رانا، ۱۹۹۴).

برخی از مبانی ارگونومیک موانعی دارند که خاص خودشان‌اند. متداول‌ترین مانع مربوط به محفظه‌های استاندارد برای هر دو گروه کشاورزان (کاربران احتمالی و غیراحتمالی) هزینه بود. از آنجایی که محفظه‌های استاندارد بین ۶ تا ۱۲ دلار است، این یافته‌ها نشان می‌دهند که لازم است بر این مساله تاکید بیشتری شود که چطور می‌توان محفظه‌های استاندارد کم هزینه خریداری کرد و چطور می‌توان از آنها برای کاهش هدررفت محصولات و صرفه‌جویی در زمان استفاده نمود. در ارتباط با طرح پکینگ شد، مساله مورد نگرانی کاربران احتمالی و غیراحتمالی آن بود که این مورد برگشت سرمایه ضعیفی دارد و بسیار زمان‌بر است. این اطلاعات نشان می‌دهند که مداخله‌های مربوط به این مورد بازطراحی شده باید بر برگشت سرمایه کشاورزان متمرکز باشند. در خصوص ابراهه‌های نشستی غیرموتوری هم کاربران غیراحتمالی با موانعی چون دشواری استفاده، زمان بر بودن و بازگشت سرمایه پایین روبرو بودند. از این رو اطلاعاتی که به این کشاورزان ارایه می‌شود باید در ارتباط با میزان گردش سرمایه‌ای باشد که از طریق ارتقای بازده و سودآوری استفاده از این مورد در مقایسه با نمونه‌های دستی بدست می‌آید. این به این معناست که انواع

۱- Fujisaka

۲- Qazi and Rana

متفاوت مبانی ارگونومیک موانع خاصی دارند که لازم است بررسی گردند تا بتوان بر آنها غلبه نمود. در این خصوص انجام آزمایش‌های اولیه پیش از عرضه کامل می‌تواند به تعیین اشکالات و موانع موجود کمک کند.

جدول ۴- درصد کاربران غیراحتمالی آگاهی که برای مبانی ارگونومیک موانع خاصی دارد

موانع	کیسه‌های توری		محفظه‌های استاندارد		سیستم پالتی نازک		طرح پکینگ شید		ارابه غیرموتوری برای حالت نشسته	
	غیر محتمل	محتمل	غیر محتمل	محتمل	غیر محتمل	محتمل	غیر محتمل	محتمل	غیر محتمل	محتمل
اصلا در موردش نشنیده‌ام	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	0.0
اطلاعاتی ندارم	12.1	44.8	11.1	31.0	16.7	45.5	0.0	35.3	16.1	42.9
استفاده از آن دشوار است	6.1	0.0	2.8	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	19.4	3.6
مزیتی در آن نمی‌بینم	27.3	3.4	25.0	6.9	22.2	10.0	0.0	0.0	12.9	0.0
ندیده‌ام از آن استفاده شود	9.1	27.6	8.3	13.8	5.6	25.0	0.0	11.8	16.1	32.1
غیرایمن	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
به نیروی فیزیکی بالایی نیاز دارد	3.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
بسیار پرهزینه است	12.1	3.4	41.7	48.3	11.1	10.0	37.5	29.4	19.4	39.3
بازگشت سرمایه پایین	3.0	3.4	11.1	6.9	5.6	5.0	12.5	17.6	12.9	0.0
نمی‌توانم اول من آن را امتحان کنم	3.0	10.3	5.6	10.3	0.0	20.0	0.0	5.9	16.1	35.7
بسیار زمان‌بر است	9.1	3.4	5.6	0.0	0.0	0.0	12.5	5.9	9.7	0.0
فاقد قابلیت دسترسی پذیری	0.0	17.2	2.8	20.7	5.6	35.0	0.0	23.5	6.5	25.0

b: آزمون کی‌دو در $p < 0.05$ معنادار است.

c: آزمون کی‌دو در $p < 0.05$ معنادار است، اما دس کم در یک خانه فراوانی‌های مورد انتظار کمتر از ۵ است.

d: آزمون کی‌دو در $p < 0.10$ معنادار است.

e: آزمون کی‌دو در $p < 0.10$ معنادار است، اما دس کم در یک خانه فراوانی‌های مورد انتظار کمتر از ۱۰ است.

a: پاسخ‌دهنده‌ها می‌توانستند برای هر کدام از مبانی ارگونومیک هر تعداد مانعی را انتخاب کنند.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که موانعی که کاربران احتمالی مبانی ارگونومیک به آنها اشاره می‌کنند متفاوت از موانعی باشد که کاربران غیرمحتمل به آنها اشاره کرده‌اند و این مبانی خاص با موانع منحصر به فردی در ارتباط خواهند بود. این نتایج دو مفهوم خاص دارند. نخست آنکه نتایج نشان می‌دهند که برای عرضه مبانی ارگونومیک، فرد باید توجه دقیقی به نیازهای خاص مراحل آگاه‌سازی، متقاعدسازی و تصمیم‌گیری داشته باشد. دوم آنکه از آنجایی که مبانی ارگونومیک موانع منحصر به فردی دارند، لازم است آزمایش شوند تا این موانع آشکار گردند و پیش از عرضه به آنها پرداخته شود.

مراجع

1. Abbott, E.A., Yarbrough, J.P., 1992. Inequalities in the information age: farmers' differential adoption and use of four information technologies. *Agriculture and Human Values* 9 (2), 67e79.
2. Adesina, A.A., Zinnah, M.M., 1993. Technology characteristics, farmers perceptions and adoption decisions e a Tobit-model application in Sierra-Leone. *Agricultural Economics* 9 (4), 297e311.
3. Adesina, A.A., Seidi, S., 1995. Farmers' perceptions and adoption of new agricultural technology: analysis of modern mangrove rice varieties in Guinea Bissau. *Quarterly Journal of International Agriculture* 34 (4), 358e371.
4. Adesina, A.A., Baidu-Forson, J., 1995. Farmers perceptions and adoption of new agricultural technology e evidence from analysis in Burkina-Faso and Guinea, West-Africa. *Agricultural Economics* 13 (1), 1e9.
5. Bzugu, P.M., 1995. Factors that affect package technology adoption among groundnut farmers in Ganye local government, Adamawa state, Nigeria. *Journal of Rural Development and Administration* 27 (3), 1e11.
6. Castle, N.G., 2001. Innovation in nursing homes: which facilities are the early adopters? *Gerontologist* 41 (2), 161e172.
7. Cavaletto, R., Miles, J., Meyers, J., Mehlschau, J., 1994. Evaluating strength and energy requirements for workers picking vegetables. In: Presented at ASAE Summer Meeting, Kansas City, MO, June 19e22.
8. Dillman, D.A., 1991. The design and administration of mail surveys. *Annual Review of Sociology* 17, 225e249.
9. Da Villa, F., Panizzolo, R., 1996. An empirical study of the adoption and implementation of advanced technologies in the Italian public sector. *International Journal of Technology Management* 12 (2), 181e198.
10. Feder, G., Umali, D.L., 1993. The adoption of agricultural innovations: a review. *Technological Forecasting and Social Change* 43, 215e239.
11. Fliegel, F.C., 1993. *Diffusion Research in Rural Sociology*. Greenwood Press, Westport CT.
12. Fujisaka, S., 1994. Learning from six reasons why farmers do not adopt innovations intended to improve sustainability of upland agriculture. *Agricultural Systems* 46 (4), 409e425.
13. Maeda, K., Okazaki, F., Suenaga, T., Sukarai, T., Takamatsu, M., 1980. Low back pain due to bowing posture of greenhouse farmers. *Journal of Human Ergology* 9 (2), 117e123.
14. Meyer, R.H., Newenhouse, A.C., Chapman, L.J., 1999. Mesh Produce Bags Easy Batch Processing: a Work Efficiency Tip Sheet. Biological Systems Engineering Department, Madison WI. <http://bse.wisc.edu/hfhfhp>
15. Nag, P., 1998. Chapter 64.23 manual operations in farming. In: Stellman, J. (Ed.), *Encyclopaedia of Occupational Safety and Health*. International Labor Organization, Geneva.
16. Negatu, W., Parikh, A., 1999. The impact of perception and other factors on the adoption of agricultural technology in the Moret and Jiru woreda (district) of Ethiopia. *Agricultural Economics* 21 (2), 205e216.
17. Qazi, A.R., Mirza, A.H., Cheema, S.A., 1993. Farmers characteristics affecting adoption of agricultural innovations. *Journal of Rural Development and Administration* 25 (3), 111e113.

18. Qazi, A.R., Rana, S.A., 1994. Adoption constraints of improved technology of wheat crop as experienced by the farmers. *Journal of Rural Development and Administration* 26 (4), 142e147.
19. Palmer, K., 1996. Musculoskeletal problems in the tomato growing industry: tomato trainer's shoulder? *Occupational Medicine* 46, 428e431.
20. Rogers, E., 1995. *Diffusion of Innovations*, fifth ed. Free Press, New York. Sakakibara, H., Miyao, M., Kondo, T., Yamada, S., Nakagawa, T., Kobayashi, F., 1987.
21. Swan, J.A., 1995. Exploring knowledge and cognitions in decisions about techno-logical innovation: mapping managerial cognitions. *Human Relations* 48 (11), 1241e1270.
22. van Dieen, J.H., Jansen, S.M.A., Housheer, A.F., 1997. Differences in low back load between kneeling and seated working at ground level. *Applied Ergonomics* 28 (5e6), 355e363.
23. Walston, S.L., Kimberly, J.R., Burns, L.R., 2001. Institutional and economic influences on the adoption and extensiveness of managerial innovation in hospitals: the case of reengineering. *Medical Care Research and Review* 58 (2), 194e233.
24. Wossink, G.A.A., Debuck, A.J., Vanniejenhuis, J.H., Haverkamp, H.C.M., 1997. Farmer perceptions of weed control techniques in sugarbeet. *Agricultural Systems* 55 (3), 409e423.

The use of ergonomic foundations in the agricultural industry

Abstract:

Introduction: In this study, ergonomic principles are considered which have the potential to reduce musculoskeletal disorders and increase the profit in the agricultural industry. This research has been conducted in Gilan Province to study vegetable growers. The purpose of this paper is to identify the relative importance of barriers to using five ergonomic foundations. In addition, it compares the barriers faced by unwilling people to use these bases and those who are interested in using them.

Materials and Methods: In order to conduct the research, a survey was sent to farmers in the fresh vegetable market to evaluate the use of ergonomic foundations and barriers to their use as part of an interventional study and also using the Chi-square analyses method. Some of the known barriers, such as lack of awareness and recognition, costs, lack of observation of the use of these bases, and the inability to examine ergonomic foundations were known.

Conclusion: The results have two specific notions. First, the results show that for the supply of ergonomic foundations, one must pay close attention to the specific needs of the stages of awareness, convincing, and decision making. Secondly, since ergonomic foundations have unique barriers, it is necessary to test them in order to reveal these barriers and to address them before they are presented.

key words: Ergonomic foundations, Health, Cost, Agriculture, Vegetables

بررسی عددی انتقال حرارت جابجایی آزاد از دسته لوله داغ با دمای متغیر

مهدی میانسری^{۱*}، فتحعلی رمضانی^۲

۱- استادیار علوم تحقیقات واحد قائمشهر

۲- دانشجو کارشناسی ارشد

mmiansari@yahoo.com

چکیده

یکی از تجهیزاتی که در آن از دسته لوله‌ها برای تبادل حرارت استفاده می‌شود، مبدل‌های حرارتی هستند. مبدل‌های حرارتی در تمامی شاخه‌های مهندسی و صنایع مختلف مخصوصاً در کارخانه‌های فرآیند شیمیایی و در نیروگاه‌ها به کار گرفته می‌شوند. موضوعی که درمبدل‌های حرارتی حائز اهمیت است بررسی جریان سیال و انتقال حرارت روی چیدمانی از لوله‌ها است. در این مقاله دو نوع چیدمان مثلثی و مربعی لوله‌ها با دمای متغیر در اعداد رایلی متفاوت بررسی شده‌است. انتقال حرارت از نوع جابجایی آزاد بوده و برای شبیه‌سازی و حل از نرم‌افزار Ansys-fluent استفاده شده‌است. نتایج حاکی از آن است که در هر دو چیدمان با افزایش عدد رایلی دبی هوای خروجی افزایش، سرعت متوسط هوای خروجی افزایش، نرخ انتقال حرارت از لوله‌ها افزایش اما متوسط دمای خروجی کاهش می‌یابد. در عدد رایلی 10^5 آرایش مثلثی بیشترین دمای خروجی را دارد و در رایلی 10^6 و رایلی 10^7 آرایش مثلثی و مربعی اختلاف اندکی دارند و کمترین دمای خروجی در هر سه عدد رایلی مربوط به آرایش مثلثی است. بالاترین دبی خروجی مربوط به چیدمان مربعی است اما کمترین دبی خروجی در عدد رایلی 10^5 و 10^6 مربوط به چیدمان مثلثی و در عدد رایلی 10^7 مربوط به چیدمان مربعی است.

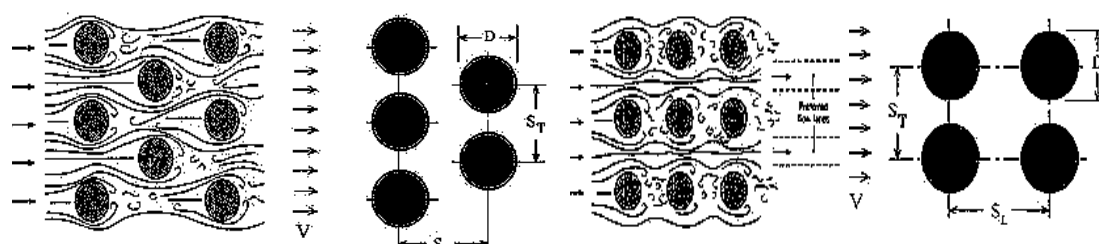
واژگان کلیدی: دسته‌لوله، فلوئنت، انتقال حرارت، جابجایی آزاد

۱- مقدمه

در سه دهه گذشته وسایل الکترونیکی گسترش بسیار یافته و تمام جنبه‌های زندگی مدرن را احاطه کرده‌است. پیشرفت سریع در صنایع الکترونیک و نیاز به حداقل کردن حجم وسایل الکترونیکی در کنار اثر نامطلوب تولید حرارت در این گونه وسایل، دلیل افزایش تمایل به بررسی پدیده خنک‌کاری وسایل الکترونیکی می‌باشد. در خنک‌سازی سیستم‌های الکترونیکی، مطالعات تجربی و تئوری زیادی انجام شده‌است. ولی اغلب، محدودیت‌هایی از جهت تنوع آزمایشات و تجهیزات وجود دارد، که سبب گردیده بررسی‌ها به سمت مطالعات محاسباتی معطوف گردد. مدلسازی همزمان انتقال حرارت جابجایی آزاد و اجباری برای یک قطعه الکترونیکی با هندسه پیچیده، به علت کاهش ابعاد، افزایش سرعت پردازش و مسایل فنی، هنوز یک مسئله نوین و ضروری برای تحقیق می‌باشد. تجهیزاتی نظیر خنک‌کن روغنی یا خنک‌کن هوایی، فن‌کویل، سوپرهیتر، هواساز و... نمونه‌های بارز سیستم‌هایی هستند که انتقال حرارت در آن‌ها دیده می‌شود. تجهیزاتی نظیر این دستگاه‌ها جزء خانواده بزرگ مبدل‌های حرارتی هستند. مبدل‌های حرارتی، گرمایش و سرمایش سیالات را به روشی آسان و با کیفیت مناسب انجام می‌دهند. این دستگاه‌ها در تمام شاخه‌های صنعتی بکار می‌روند. براساس گسترش کاربرد این تجهیزات با گذشت زمان انواع آن‌ها نیز توسعه یافته و طراحی آن‌ها

دقیق‌تر شده‌است. بطور کلی برای انتخاب یک مبدل حرارتی علاوه بر اینکه مبدل باید وظیفه خواسته شده را انجام دهد باید به دو نکته زیر دقت نمود: مبدل از نظر ابعادی کوچک باشد و مبدل از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد. نکته مهم در طراحی مبدل‌ها چگونگی عبور جریان از روی دسته لوله‌ها می‌باشد.

پدیده انتقال حرارت آزاد یک پدیده مهم در طبیعت است. گرمایش محیط‌های خانگی، اداری و صنعتی و همچنین خنک‌سازی برخی از وسایل از قبیل چیپ‌های کامپیوتری و موتورهای هوا خنک نیز در بسیاری از موارد بدین روش صورت می‌پذیرد. درک درستی از این پدیده و مدل‌سازی آن امری بسیار مهم بحساب می‌آید. در اغلب کاربردهای صنعتی، مانند تولید بخار در دیگ‌های بخار، یا سرمایش هوا در کویل دستگاه‌های تهویه مطبوع، یکی از سیالات به صورت عرضی روی یک دسته لوله جریان دارد و سیال دیگر (با دمای متفاوت) از داخل لوله‌ها عبور می‌کند. آرایش مجموعه لوله‌ها معمولاً مستطیلی یا مثلثی است.



الف) دسته لوله با آرایش مستطیلی

ب) دسته لوله با آرایش مثلثی

شکل ۱- دسته لوله‌ها

بنابراین نوع تمیزکاری و تعداد دفعات آن و همچنین روش ساخت و مطالعه انتقال حرارت و نوع رژیم جریان براساس چیدمان بهینه لوله‌ها انتخاب می‌گردد. در مبدل‌های پوسته لوله‌ای که در آن‌ها یک مایع با هوا تبادل حرارت می‌کند، معمولاً مایع را از لوله‌ها عبور می‌دهند و مجموعه لوله‌ها را در یک جعبه قرار داده و توسط فن هوا را به سمت لوله‌ها می‌رانند تا انتقال حرارت مطلوب بدست آید.

«انتقال حرارت معمولاً با افزایش سرعت جریان سیال افزایش می‌یابد. بنابراین با کاهش دادن افت فشار می‌توان مبدل را بهینه نمود. همانطور که با بررسی انواع مبدل‌ها پیداست؛ باید چیدمان لوله‌ها و فاصله قرار گرفتن آن‌ها معلوم باشد و پس از آن برای یک دسته لوله تحلیل را انجام داد و اثرات مثبت و منفی تاثیرگذار در انتقال حرارت را بدست آورد [۱]. او^۱ و همکارانش در سال ۱۹۷۶ [۲] به بررسی پدیده همزمان و آرام انتقال حرارت جابجایی آزاد و اجباری درون کانال‌های مستطیلی که دارای شرط مرزی دما و یا شار حرارتی ثابت بوده و زاویه α با سطح افق می‌سازد، پرداختند. اعمال تقریب بوزینسک^۲، ثابت بودن گرادیان فشار محوری و ناچیز گرفتن استهلاک لزج^۳ فرضیات به کار رفته در این مطالعه می‌باشند.

نتایج بدست آمده برای زوایای مختلف کانال مورد مطالعه قرار گرفته و برای حالت زاویه قائم کانال نیز نتایج با داده‌های تحلیلی مقایسه و صحت نتایج تایید گردیده است. نیسنو و همکارانش در سال ۲۰۰۲ [۳] با استفاده از روش LES^۴ به بررسی میدان جریان و انتقال حرارت در اطراف یک مجموعه از المان‌های مکعبی تولید کننده حرارت که بر روی یک بُرد الکترونیکی نصب شده بودند، پرداختند. در این تحقیق به مطالعه ساختارهای مختلف گردابه‌های تولیدی در اطراف مکعب‌ها و نقش آنها بر روی انتقال حرارت از مکعب‌ها پرداخته شده‌است. توزیع دما بر روی سطح مکعب‌ها به دلیل اغتشاش اطراف مکعب‌ها و گردابه‌های موجود غیر یکنواخت می‌باشد. در محاسبات عددی از شبکه غیر سازمان یافته، به دلیل اینکه در لایه‌های مرزی شبکه بندی

¹ Ou et al.

² Boussinesq

³ Viscous dissipation

⁴ Large Eddy Simulation

ریزتری تولید می‌شود، استفاده شده‌است. کیز و لاندن در رینولدزهای پایین برای لوله‌های دایروی با قطر کوچک و انواع چیدمان‌های تناوبی [۴] و چیدمان‌های خطی برای جریان گاز در رینولدزهای ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ انجام دادند. مک آدامز [۵] اثر پراتل و اختلاف زیاد در متغیرهای تابع دما را در دامنه بزرگی از اعداد رینولدز از آرام تا آشسته مورد بررسی قرار داد. انتقال حرارت در جریان عبوری آرام و عمود بر دسته لوله توسط برگلین و همکارانش مورد بررسی قرار گرفت [۶-۹]. آن‌ها متغیرهای بسیاری را مورد آزمایش قرار دادند، از جمله چیدمان لوله‌ها و قطر لوله و این بررسی‌ها در رینولدز کمتر از ۱۰۰۰ صورت گرفت و آن‌ها برای جریان و انتقال حرارت روابطی را پیشنهاد کردند و لزجت بی‌بعد را به معادله عمومی انتقال حرارت اضافه کردند تا تاثیر خصوصیت تابع اختلاف دما را هم در نظر بگیرند. این پیشرفت باعث شد تا نتایج بهتری برای این روابط در مقایسه با نتایج تجرب بدست آید.

خان و همکاران [۱۰] با استفاده از مدل‌های تحلیلی انتقال حرارت جابجایی روی دسته لوله‌ها را بررسی کردند. در بررسی آن‌ها شرایط هم‌دما روی لوله‌ها اعمال شده بود و لوله‌ها بصورت خطی چیده شده بودند. لاکوودس [۹] جریان و انتقال حرارت آشسته را روی دسته لوله بررسی کردند. آن‌ها از مدل‌های آشفتگی Large Eddy simulation و Unsteady Reynolds-Average Navier Stokes استفاده کردند. با افزایش استفاده چیدمان خطی لوله‌ها در واحدهای تولید بخار، جان و مانرو [۱۱] و گرام، ماک و مانرو [۱۲] در دو مقاله مشابه افت فشار کلی و ضریب انتقال حرارت را در جریان عمودی هوا برای دماهای مختلف حساب کردند.

فیرچیلد و ولج [۱۳] پس از اصلاح مقالات قبلی، گزارشی در مورد افت فشار و انتقال حرارت تهیه کردند. آن‌ها جریان عمودی هوا را برای ردیف‌های ده‌تایی در دامنه عدد رینولدز بین ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ امتحان کردند. همچنین این دو در مقاله جداگانه‌ای [۱۴] ضریب انتقال حرارت را برای هر ردیف لوله در چیدمان خطی با گام‌های مختلف (فاصله‌های مختلف) لوله بدست آوردند. تحقیقات زیادی بر روی نرخ انتقال حرارت و افت فشار در جریان عبوری بر روی لوله‌هایی با سطح صاف توسط زوکاسکاس و همکارانش صورت گرفته‌است. زوکاسکاس [۱۵] انتقال حرارت و مقاومت هیدرولیکی را برای یک لوله و انواع چیدمان آن‌ها در جریان گاز یا سیالات لزج در اعداد رینولدز بالا و عدد پراتل بین ۰/۷ تا ۵۰۰ مورد بررسی قرار داد. انتقال حرارت و افت فشارها برای هر ردیف از دسته لوله مورد مقایسه قرار گرفت و اثرات خصوصیات سیال، جهت شار حرارتی و الگوی جریان (آرام و آشسته) را بر انتقال حرارت مورد مطالعه قرار داد. در جریان عمودی روغن برای رینولدز بین ۱ تا ۲۰۰۰۰ و پراتل بین ۱۰۰ تا ۱۴۰۰۰ نرخ انتقال حرارت از ردیف اول تا آخرین ردیف توسط زوکاسکاس، یولینسکاس و سیپاوسیچ [۱۶] مقایسه شده‌است. آن‌ها فهمیدند که نرخ انتقال حرارت در ردیف اول یک چیدمان خطی با فاصله‌های ۲ در ۲ در اعداد رینولدز ۱ تا ۱۰۰۰ حدود ۲۵ درصد بیشتر از ردیف‌های پشتی است.

دین و کیوپر [۱۷] نیز بررسی را برای جریان آرام و عمودی عبوری از یک دسته لوله انجام داده و جریان و انتقال جرم را توسط عدد شروید نمایش دادند آن‌ها محدوده عدد رینولدز ۲ تا ۲۰۰ را انتخاب کرده و با گام‌های لوله ۱/۵-۱/۸۵-۲ نتایج خود را مقایسه کردند. در میدان بررسی عددی ایشان ۵ عدد لوله در نظر گرفته شده‌است. دوازده امامی، ضیایی راد و هوشنگی [۱۸] نیز جریان آرام را حول استوانه در حالت دو بعدی بررسی کردند و از الگوریتم سیمپل بهره بردند. رینولدز مورد مطالعه آن‌ها ۲۰ می‌باشد. آن‌ها کانتورهای فشار را در پشت استوانه به نمایش گذاشتند و ضرایب برا و پسا را با تعداد المان شبکه متفاوت بدست آورده و میزان خطا با مقادیر تجربی را نیز مشخص کردند.

همانطور که مشاهده می‌شود اکثر شبیه‌سازی‌های عددی آرایش دسته لوله‌ها دو بعدی هستند و همچنین شرایط دمایی لوله‌ها ثابت در نظر گرفته شده‌است. در صورتیکه در واقعیت لوله‌ها ۳ بعدی می‌باشند و شرایط دمایی در طول لوله هم متغیر می‌باشد در نتیجه نمی‌توان از بعد سوم صرف‌نظر کرد. در این مقاله دو آرایش لوله بصورت ۳ بعدی و ناپایدار بررسی شده و دمای سطح لوله‌ها هم متغیر در نظر گرفته می‌شود.

۲- بیان مساله و مدل ریاضی

معادلات حاکم بر جریان سیال، بیانگر قوانین فیزیکی بقاء به صورت عبارات ریاضی می‌باشد که برخی از این قوانین عبارتند از:

۱- جرم سیال همواره ثابت می‌ماند.

۲- نرخ تغییرات اندازه حرکت با برآیند نیروهای وارد روی ذره سیال برابر است (قانون دوم نیوتن).

۳- نرخ تغییرات انرژی با مجموع نرخ افزایش حرارت سیستم و نرخ کار انجام شده روی ذره سیال برابر است (قانون اول ترمودینامیک).

۲-۱- معادله بقای جرم

اولین قانون حاکم بر ذره سیال، قانون بقای جرم می‌باشد. این قانون را با در نظر گرفتن تعادل جرم برای یک المان سیال می‌توان بدین صورت بیان کرد که بایستی نرخ خالص جریان جرم ورودی به المان سیال برابر نرخ افزایش جرم در المان سیال باشد. یعنی با در نظر گرفتن یک المان سیال می‌توان نوشت:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho U) = 0 \quad (2)$$

در رابطه بالا، U بردار سرعت، u, v, w اجزاء بردار سرعت و ρ چگالی سیال می‌باشد.

۲-۲- معادله اندازه حرکت سیال

قانون دوم نیوتن بیان می‌کند که نرخ تغییر اندازه حرکت یک ذره سیال برابر با برآیند نیروهای وارد شده بر ذره است. با در نظر گرفتن یک المان سیال می‌توان معادلات اندازه حرکت را به صورت زیر بیان نمود:

$$\begin{aligned} \rho \frac{Du}{Dt} &= \frac{\partial(-P + \tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + S_{Mx} \\ \rho \frac{Dv}{Dt} &= \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial(-P + \tau_{yy})}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} + S_{My} \\ \rho \frac{Dw}{Dt} &= \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial(-P + \tau_{zz})}{\partial z} + S_{Mz} \end{aligned} \quad (3)$$

P فشار استاتیک وارد بر سیال است. بدون در نظر گرفتن جزئیات دقیق تأثیر کلی این نیروها را می‌توان به صورت یک چشمه S_{Mi} برای اندازه حرکت در راستای i در واحد حجم و در واحد زمان در نظر گرفت که i شامل جهتهای x, y و z می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، نرخ اندازه حرکت، با مساوی قرار دادن نرخ تغییرات اندازه حرکت ذره سیال با نیروی کلی ناشی از تنش سطحی در راستای مورد نظر به علاوه نرخ افزایش اندازه حرکت ناشی از چشمه‌ها بدست می‌آید. علامت فشار مخالف علامت تنش نرمال لزج می‌باشد، زیرا طبق قرارداد برای تنش نرمال کششی علامت مثبت در نظر می‌گیرند و در نتیجه فشار ناشی از تنش نرمال تراکمی علامت منفی خواهد داشت. اگر نیروهای حجمی فقط شامل گرانش باشند:

$$\begin{aligned} S_{Mx} &= 0 \\ S_{My} &= -\rho_0 \beta (T - T_0) g \\ S_{Mz} &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

در معادلات (۳) و (۴) نیروهای سطحی می‌توانند شامل فشار و لزجت و نیروهای حجمی شامل گرانش، گریز از مرکز و ... باشند. در بسیاری از جریان‌های سیال، تنش‌های لزج ممکن است بصورت توابعی از نرخ تغییر شکل محلی یا نرخ کرنش بیان شوند. در جریان‌های سه بعدی، نرخ محلی تغییر شکل‌ها بصورت ترکیبی از نرخ تغییرات خطی و تنش‌های لزجی دو برابر نرخ محلی از آنجایی که مایعات، تراکم‌ناپذیر هستند، معادله بقاء جرم عبارت است از $\text{div } U = 0$ و تنش‌های لزجی دو برابر نرخ محلی تغییر شکل خطی ضربدر لزجت دینامیکی می‌باشند. معادلات اندازه حرکت را می‌توان به صورت زیر نوشت که به معادلات ناویر استوکس معروف است:

$$\begin{aligned}\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \text{div}(\rho u U) &= -\frac{\partial P}{\partial x} + \text{div}(\mu \cdot \text{grad}(u)) + S_{Mx} \\ \frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \text{div}(\rho v U) &= -\frac{\partial P}{\partial y} + \text{div}(\mu \cdot \text{grad}(v)) + S_{My} \\ \frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \text{div}(\rho w U) &= -\frac{\partial P}{\partial z} + \text{div}(\mu \cdot \text{grad}(w)) + S_{Mz}\end{aligned}\quad (5)$$

۳-۲- تقریب بوزینسک

با استفاده از تقریب بوزینسک در مسائل جابه‌جایی طبیعی، تاثیرات متغیر بودن چگالی تنها در معادله مومنوم در نظر گرفته شده و در سایر معادلات چگالی ثابت در نظر گرفته می‌شود. با توجه به معادله (۴)، ترم سمت راست، همان ترم شناوری می‌باشد.

۴-۲- معادله انرژی

معادله انرژی به صورت زیر می‌باشد [۱۹].

$$\rho c_p V \cdot \nabla T = k \nabla^2 T \quad (6)$$

در این معادله c_p گرمای ویژه‌ی سیال، k رسانایی دمایی و T دمای سیال می‌باشد.

۳- نتایج

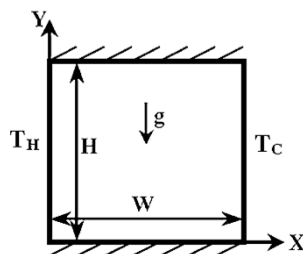
هندسۀ انتخاب شده برای مدلسازی این فرآیند، دسته‌ای از لوله‌های داغ با دمای متغیر در طول لوله است که در معرض هوای آزاد قرار گرفته‌اند، همچنین به منظور اعمال دمای متغیر در طول لوله‌ها از تکنیک کدنویسی در نرم‌افزار فلوئنت یعنی udf استفاده شده‌است. تابع اعمال شده برای متغیر بودن دما روی سطح لوله به صورت زیر تعریف شده‌است:

$$T(z) = 400 + 200z^2 \quad (7)$$

مدل‌سازی در دستگاه مختصات کارتزین سه بعدی انجام می‌شود. به عنوان یک هندسه مشابه با مدل‌سازی حاضر، می‌توان به لوله‌های شلیک گلوله کاتیوشا اشاره کرد که پس از شلیک با هوا خنک می‌شوند. حلگر بصورت فشار مبنا انتخاب می‌شود و در این حالت تغییرات چگالی بدلیل تغییرات دما خواهد بود که بدین منظور از مدل بوزینسک برای چگالی سیال استفاده می‌شود. مساله بصورت فرمول‌بندی ضمنی و به صورت گذرا حل می‌شو و رژیم جریان آرام است. در نهایت نتایج ارائه خواهد شد.

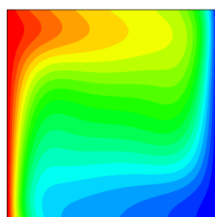
۳-۱- اعتبار سنجی

ابتدا برای اعتبار سنجی مدل یک مساله حل نمونه با جریان آزاد توسط فلونتت بررسی خواهد شد و نتایج حل با کار [۲۰] مقایسه خواهد شد. یک حفره که دیواره‌های اطراف دارای اختلاف دما بوده و دیواره‌های بالا پایین عایق می‌باشند. هندسه مورد بررسی در شکل (۲) نشان داده شده‌است.

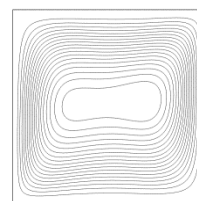


شکل ۲: هندسه مورد بررسی جریان آزاد در حفره

نتایج حل شامل خطوط جریان و کانتور دما در شکل (۳) نشان داده شده و از لحاظ کمی نمودار دما در خط مرکزی با کار [۴۷] در شکل (۴) مقایسه شده‌است. همانطور که مشخص است نتایج از تطابق خوبی برخوردار است.

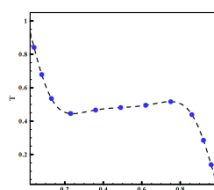


(ب)



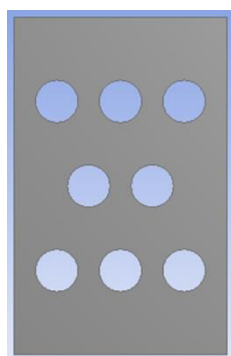
(الف)

شکل ۳: (الف) خطوط جریان (ب) توزیع دما در حفره مورد مطالعه

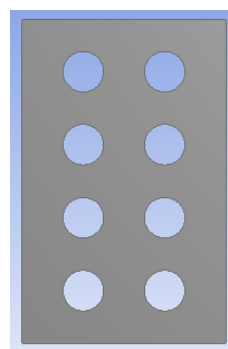


شکل ۴: مقایسه نتایج کار حاضر با [۴۷] - - - (کار حاضر) • مطالعه [۴۷]

در مرحله بعد پس از اعتبار سنجی به هدف مقاله پرداخته می‌شود. هندسه مورد بررسی در شکل (۵) نشان داده شده‌است. ابعاد مساله در جدول (۱) و (۲) آورده شده‌است. در این مقاله دو چیدمان مثلثی و مربعی دسته لوله‌ها مورد بررسی قرار گرفته‌است.



چیدمان مثلثی (ب)



چیدمان مربعی (الف)

شکل ۵: هندسه مورد بررسی (الف) چیدمان مربعی (ب) چیدمان مثلثی

جدول ۱: ابعاد هندسه مورد بررسی در چیدمان مربعی

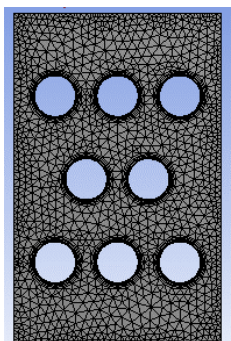
طول دامنه محاسباتی	۱ متر
عرض دامنه محاسباتی	۱٫۶ متر
عمق دامنه محاسباتی	۱ متر
قطر لوله‌ها	۰٫۲ متر
مراکز لوله‌های ردیف اول	$(۰٫۳/۳۶, ۰٫۷/۳۶), (۰٫۳/۳۶, ۰٫۷/۳۶)$
مراکز لوله‌های ردیف دوم	$(۰٫۳/۳۶, ۰٫۷/۳۶), (۰٫۳/۳۶, ۰٫۷/۳۶)$
مراکز لوله‌های ردیف سوم	$(۰٫۳/۳۶, ۰٫۷/۳۶), (۰٫۳/۳۶, ۰٫۷/۳۶)$
مراکز لوله‌های ردیف چهارم	$(۰٫۳/۳۶, ۰٫۷/۳۶), (۰٫۳/۳۶, ۰٫۷/۳۶)$

جدول ۲: ابعاد هندسه مورد بررسی در چیدمان مثلثی

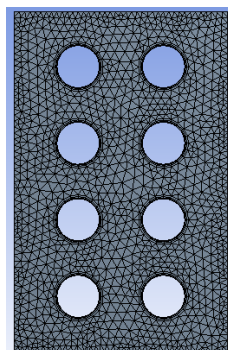
طول دامنه محاسباتی	۱ متر
عرض دامنه محاسباتی	۱٫۶ متر
عمق دامنه محاسباتی	۱ متر
قطر لوله‌ها	۰٫۲ متر
مراکز لوله‌های ردیف اول	$(۰٫۳/۳۶, ۰٫۷/۳۶), (۰٫۳/۳۶, ۰٫۷/۳۶)$
مراکز لوله‌های ردیف دوم	$(۰٫۳/۳۶, ۰٫۷/۳۶), (۰٫۳/۳۶, ۰٫۷/۳۶)$
مراکز لوله‌های ردیف سوم	$(۰٫۳/۳۶, ۰٫۷/۳۶), (۰٫۳/۳۶, ۰٫۷/۳۶)$

در مرحله بعدی شبکه ایجاد خواهیم کرد. به دلیل تغییرات شدید دور لوله‌ها حتما دور لوله‌ها باید از مش لایه‌مرزی استفاده

شود. شبکه ایجاد شده در شکل (۶) نشان داده می‌شود.



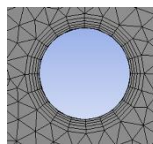
چیدمان مثلثی (ب)



چیدمان مربعی (الف)

شکل ۶: شبکه ایجاد شده

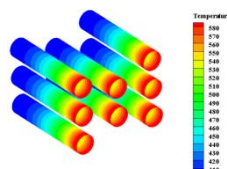
در شکل (۷) لایه مرزی ایجاد شده در اطراف لوله‌ها نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود ۵ لایه با فاکتور رشد ۱/۲ برای افزایش دقت در این ناحیه استفاده شده است.



شکل ۷: لایه مرزی ایجاد شده اطراف لوله

شرایط مرزی مساله بدین صورت است:

دیواره‌های بالا و پایین دارای مرز فشار خروجی با فشار نسبی صفر می‌باشند. بدین صورت که جریان از مرز پایین وارد شده و سپس از مرز بالا خارج می‌شود. دیواره‌های چپ و راست از نوع عدم لغزش و عایق حرارتی هستند. دیواره‌های جلو و عقب دارای مرز تقارن هستند دیواره لوله‌ها دارای شرط مرزی عدم لغزش هستند. در کارهای مشابه جریان از روی دیواره دارای دمای ثابت بوده اما در واقعیت با عبور جریان از لوله دما در طول لوله یکسان نیست. بدین منظور از یک UDF برای اعمال همچنین موردی در این مطالعه استفاده شده است. در شکل (۸) توزیع دما روی سطح لوله‌ها نشان داده شده است.



شکل ۸: توزیع دما در سطح لوله

بعد از اعمال تنظیمات فرآیند حل را شروع می‌کنیم. در جریان آزاد معیار آرام و آشفته بودن جریان عدد رایلی است. در صورتیکه عدد رایلی کوچکتر از 10^4 باشد جریان آرام و در صورتیکه بزرگتر از 10^{10} باشد جریان آشفته است، حد فاصل این دو رژیم جریان، حالت گذرا است. عدد رایلی بصورت زیر تعریف می‌شود.

$$Ra = \frac{g \beta T L^3 \rho}{\mu \alpha} \quad (۸)$$

در این مقاله حالت‌های مختلف عدد رایلی را در رژیم جریان آرام بررسی می‌کند.

۳-۲- استقلال از شبکه

برای بررسی درست بودن حل، نتایج باید مستقل از شبکه باشد. برای اینکار از سه فاکتور ریز کردن^۱ مش (۲، ۱ و ۳) در نرم‌افزار meshing استفاده شده است و نتایج با هم مقایسه شده‌اند. در جداول زیر تعداد سلول‌های محاسباتی و دمای متوسط هوای خروجی در چیدمان‌ها و زوایای مختلف بررسی شده و در هر حالت شبکه مناسب انتخاب شده است.

جدول ۳: استقلال از شبکه برای چیدمان مثلثی

فاکتور ریز کردن	تعداد سلول‌های محاسباتی	دمای متوسط هوای خروجی
۱	۱۵۵۲۲۳	۳۲۴/۲۱۵
۲	۲۰۵۴۷۸	۳۲۶/۱۴۷
۳	۳۲۵۴۲۸	۳۲۶/۳۲۶

^۱ refine

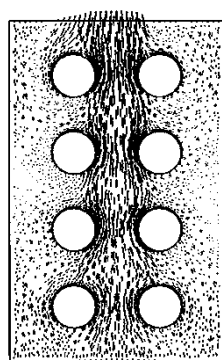
جدول ۴: استقلال از شبکه برای چیدمان مربعی

فاکتور ریز کردن	تعداد سلول‌های محاسباتی	دمای متوسط هوای خروجی
۱	۱۵۹۹۲۱	۳۲۴/۴۱۱۵
۲	۲۱۴۵۸۰	۳۲۶/۲۶۳۸
۳	۳۴۵۳۲۴	۳۲۶/۴۲۵

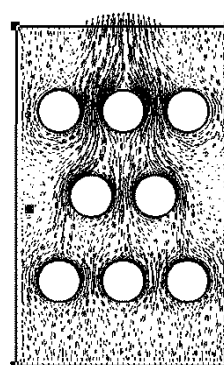
با مقایسه نتایج جدول بالا اختلاف بین دمای متوسط هوای خروجی فاکتورهای ریز کردن ۱ و ۲ بیشتر از یک درجه کلین است، اما اختلاف بین فاکتورهای ۲ و ۳ کمتر از یک درجه کلین است. برای افزایش دقت و کاهش هزینه محاسباتی در تمام شبیه‌سازی فاکتور دو بررسی می‌شود. برای چیدمان مثلثی تعداد سلول‌های محاسباتی برابر ۲۰۵۴۷۸ و برای چیدمان مربعی برابر ۲۱۴۵۸۰ است.

۳-۳- شبیه‌سازی

در شکل (۹) بردارهای سرعت لوله‌ها نشان داده شده‌است.



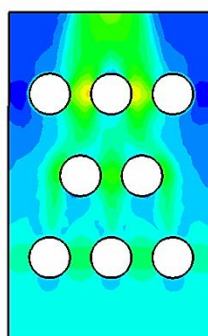
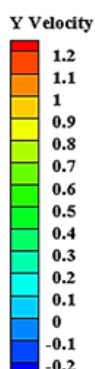
ب) چیدمان مربعی



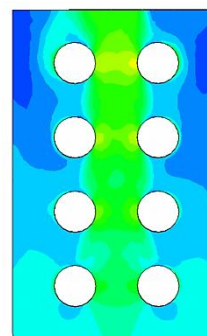
الف) چیدمان مثلثی

شکل ۹: بردارهای سرعت

با توجه به اینکه سرعت اولیه جریان صفر است و جریان کامل جابجایی آزاد است. در مناطق دور از لوله‌های داغ بردارها بسیار کوچک هستند و این نشان دهنده سرعت ناچیز در این مناطق هست. با مقایسه چیدمان‌ها، چیدمان مربعی ناحیه حرکت سیال کمتری را نسبت به چیدمان مثلثی دارد. تغییر در آرایش لوله‌ها تاثیر مستقیم روی لایه‌های مرزی ایجاد شده و ترکیب لایه‌های مرزی دارد و انتقال حرارت را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در شکل (۱۰) توزیع سرعت عمودی در صفحه وسط در راستای Z برای دو چیدمان از لوله‌ها نشان داده شده‌است.



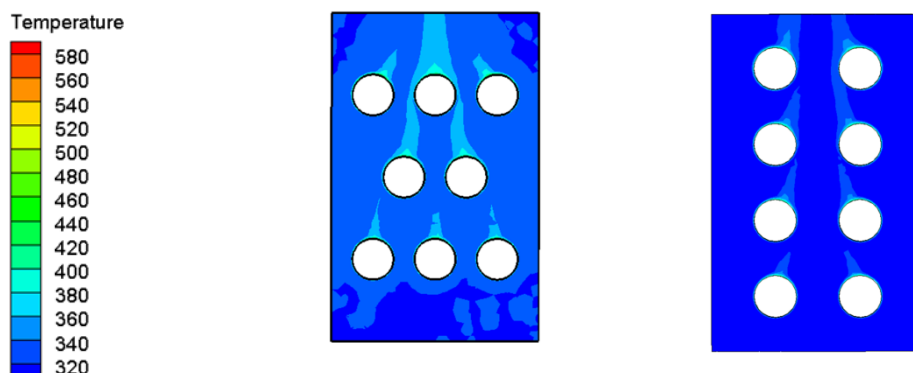
ب) چیدمان مثلثی



الف) چیدمان مربعی

شکل ۱۰: توزیع سرعت عمودی در صفحه وسط در راستای Z

با مقایسه شکل (۹) و (۱۰) در مناطق دور از لوله‌ها مقادیر سرعت عمودی بسیار کوچک است. در نواحی اطراف لوله در قسمت بالا به دلیل مرز خروجی سرعت منفی که نشان دهنده چرخش جریان می‌باشد، مشاهده شده‌است. دمای اولیه سیال داخل محفظه ۳۰۰ کلوین است و دمای لوله از ۴۰۰ تا ۶۰۰ کلوین در طول لوله‌ها متغیر هستند.



الف) چیدمان مربعی

ب) چیدمان مثلثی

شکل ۱۱: توزیع دما در صفحه وسط در راستای z

در شکل (۱۱) توزیع دما و رشد لایه مرزی در صفحه وسط در راستای عمق برای چیدمان لوله نشان داده شده‌است. با توجه به شکل (۱۱) رشد لایه مرزی در چیدمان مثلثی از لحاظ کیفی بیشتر است. رشد لایه مرزی بیشتر نشان دهنده حرکت بیشتر سیال از اطراف لوله‌های داغ به نواحی داخل محفظه لوله‌ها بوده‌است. که منجر به افزایش انتقال حرارت می‌شود. سپس در شکل (۱۲) برای هر دو چیدمان سطوح هم مقدار را برای دما با مقدار ۳۲۵ رسم می‌کنیم.



الف) چیدمان مربعی

ب) چیدمان مثلثی

شکل ۱۲: سطوح هم مقدار دما برای ۳۲۵ کلوین

در ادامه نتایج به صورت کمی برای انتخاب بهینه مقایسه می‌شوند. برای هر دو آرایش لوله در سه عدد رابلی در رژیم جریان آرام با کاهش شتاب گرانش هم بررسی انجام می‌شود. مقادیر میزان نرخ انتقال حرارت از سطح لوله‌ها، دمای متوسط هوای خروجی، دبی هوای خروجی و سرعت متوسط هوای خروجی در حالت‌های بررسی شده با هم بصورت کمی مقایسه می‌شوند.

جدول ۵: نتایج برای آرایش لوله‌ها

میزان نرخ انتقال حرارت از سطح لوله‌ها	دمای متوسط هوای خروجی	سرعت متوسط هوای خروجی	دبی هوای خروجی	عدد رایلی	
۵۵۷۲/۲۱۱	۳۰۷/۸۱۴۴	۰/۲۷۲۸۴۹۹	۰/۱۶۲۱	۱۰ ^۷	چیدمان مثلثی
۳۱۳۳/۱۴	۳۲۶/۱۴۷	۰/۰۹۸۰	۰/۰۶۲۵	۱۰ ^۶	
۱۷۵۴/۹۲۷	۳۴۲/۲۷۹۶	۰/۰۳۴۱۸۴۴	۰/۰۳۰۶۱	۱۰ ^۵	
۵۴۰۷/۳۵۸۳	۳۱۷/۳۶۳۴	۰/۲۵۷۶	۰/۱۷۹۶	۱۰ ^۷	چیدمان مربعی
۲۹۴۲/۹۴۸۲	۳۲۶/۲۶۳۸	۰/۰۹۱۸	۰/۰۶۴۳	۱۰ ^۶	
۱۵۶۴/۹۲۲۴	۳۳۷/۲۸۰۸	۰/۰۳۴۵	۰/۰۲۴۷	۱۰ ^۵	

با دقت در جدول (۵) مشاهده می‌شود که در چیدمان مثلثی با افزایش عدد رایلی دبی هوای خروجی افزایش، سرعت متوسط هوای خروجی افزایش، نرخ انتقال حرارت از لوله‌ها افزایش اما متوسط دمای خروجی کاهش می‌یابد برای چیدمان مربعی با افزایش عدد رایلی دبی خروجی افزایش، متوسط سرعت خروجی افزایش، نرخ انتقال حرارت از لوله‌ها افزایش و دمای متوسط خروجی کاهش می‌یابد. نتیجه گرفته می‌شود در هر ۲ آرایش لوله تاثیر افزایش عدد رایلی یکسان است. با مشاهده نتایج در می‌یابیم در عدد رایلی ۱۰^۵ چیدمان مثلثی دمای خروجی بالاتری دارد و در رایلی ۱۰^۶ و رایلی ۱۰^۷ چیدمان مثلثی و چیدمان مربعی اختلاف اندکی دارند. در عدد رایلی ۱۰^۵ و ۱۰^۶ چیدمان مثلثی دبی خروجی کمتر و در عدد رایلی ۱۰^۷ چیدمان مربعی دارای دبی خروجی کمتری است. در هر سه عدد رایلی چیدمان مثلثی نرخ انتقال حرارت بیشتری نسبت به چیدمان مربعی دارد. در عدد رایلی ۱۰^۷ چیدمان مثلثی سرعت متوسط خروجی کمتری دارد و در اعداد رایلی ۱۰^۶ و ۱۰^۵ چیدمان مربعی سرعت متوسط خروجی کمتری دارد.

نتیجه‌گیری

در این مقاله خنک‌کاری دسته لوله با استفاده از انتقال حرارت جابجایی آزاد بررسی شده‌است. نتایج در دو چیدمان مربعی و مثلثی و برای ۳ عدد رایلی ۱۰^۵، ۱۰^۶ و ۱۰^۷ با هم مقایسه شده‌اند. در چیدمان مثلثی با افزایش عدد رایلی دبی هوای خروجی افزایش، سرعت متوسط هوای خروجی افزایش، نرخ انتقال حرارت از لوله‌ها افزایش اما متوسط دمای خروجی کاهش می‌یابد برای چیدمان مربعی با افزایش عدد رایلی دبی خروجی افزایش، متوسط سرعت خروجی افزایش، نرخ انتقال حرارت از لوله‌ها افزایش و دمای متوسط خروجی کاهش می‌یابد. نتیجه گرفته می‌شود در هر ۲ آرایش لوله تاثیر افزایش عدد رایلی یکسان است. با مشاهده نتایج در می‌یابیم در عدد رایلی ۱۰^۵ چیدمان مثلثی دمای خروجی بالاتری دارد و در رایلی ۱۰^۶ و رایلی ۱۰^۷ چیدمان مثلثی و چیدمان مربعی اختلاف اندکی دارند. در عدد رایلی ۱۰^۵ و ۱۰^۶ چیدمان مثلثی دبی خروجی کمتر و در عدد رایلی ۱۰^۷ چیدمان مربعی دارای دبی خروجی کمتری است. در هر سه عدد رایلی چیدمان مثلثی نرخ انتقال حرارت بیشتری نسبت به چیدمان مربعی دارد. در عدد رایلی ۱۰^۷ چیدمان مثلثی سرعت متوسط خروجی کمتری دارد و در اعداد رایلی ۱۰^۶ و ۱۰^۵ چیدمان مربعی سرعت متوسط خروجی کمتری دارد.

منابع

1. Colburn, (1933), A. Method of Correlating Forced Convection Heat Exchangers Coplised with Fluid Friction, Trans. AICHe.VOL. 29, PP.174-210.
2. J. Ou, K. C. Cheng, R. Lin, (1976), Combined free and forced laminar convection in rectangular channels, Int. J. Heat Mass Trans, Vol. 19, pp. 277-283.
3. B. Niceno, A. D. T. Dronkers, K. Hanjalic, (2002), Turbulent heat transfer from a multi-layered wall-mounted cube matrix: a large eddy simulation, Int. J. Heat Fluid Flow, Vol. 23, pp. 173-185.
4. Kays ,W and London,A.L.Basic,(1952), Heat Transfer and Flow Friction Design Data For Gas Flow Normal to Banks of Staggered Tube use of Transient Technique, tech. Rpt.15, Stanford Unive ,Aug.
5. Kays ,W and London M. ,(1954),Basic Heat Transfer and Flow Friction Design Data For Gas .Flow Normal to Banks of Staggered Tube use of Transient Technique,tech. Rpt.21 Stanford Unive ,Feb,1954 .
6. Bergelin, o.p.Davis, E.S.and Hull, H.L, (1949), 4Study of three tubes Arrangements in Cobuffed Heat Exchangers. Trans.ASME.VOL.71.PP.27-369.
7. Bergelin, o, p.HullG.A, and Sullivan. F.W.,(2006),Heat Transfer and Fluid Friction during viscous flow Across Banks of Tube 4Trans.ASME, VOL.74.PP.953-960, 1952.Vol. 20, No. 4, October–December 2006.
8. Hector Iacovides, Brian Launder, Dominique Laurence, Alastair West,(2013), ALTERNATIVE STRATEGIES FOR MODELLING FLOW OVER IN-LINE TUBE BANKS,International Symposium on Turbulence and Shear Flow Phenomena, Agust 28-30.
9. W. A. Khan, J. R. Culham, and M. M. Yovanovich, Analytical Model for Convection Heat Transfer From Tube Banks, JOURNAL OF THERMOPHYSICS AND HEAT TRANSFER.
10. Jones, C.E.Monroe E.S. ,(1958), Convection Heat Transfer and pressure Drop of Air FLOWING Across Banks.Part1, Trans ASME.VOL.80.
11. Gram.A.J.Mackey, C.O.and Monroe.E.S.(1958), Convection Heat Transfer and pressure Drop of Air FLOWING Across in Line Tube Banks.part 2, Trans ASME.VOL.80, PP.25-35.
12. Fairchild. H.n and Welch, C.P, (1961),Convection Heat transfer and pressure Drop of Air FLOWING Across in Line Tube Banks at Closed Banks spacings. ASME. Paper No.61-W A-250.
13. Welch .C.P, and Faichild .H.N, (1964), Individual Row Heat Transfer in across Flow in–Line Basnks Trans.ASME .VOL, PP.143-148.
14. Zukauskas.A. (1972),Heat Transfer From Tube In Cross Flow Advanced Heat transfer, Vol 8,PP,143-148.
15. Zukauskas,A.Ulinskas ,R.V,and Sipavias,C.J, Average,(1978), Heat transfer Pressure Drop in Cross Flow of Viscous Fluid over tube bundeles at Low Re ,Heat transfer-soviet Reasearch Vol 10 .No.6.PP.90-101.
16. T.LI,G.DEEN AND J.A.M .KUIPERS, (2003), Numerical Study of Hydrodynamics and MassTransfer In-Line Fiber Arrays in Laminar cross-Flow.University of Twente ,P.O.Box217,7500 AE Enschede,A.ustralia.
17. Ala Ali Hasan,(2005), performance Analysis of Heat Transfer processes from Wet and Dry Surfaces, Cooling Towers and Heat Exchangers.
18. T. Pirasaci, M. Sivrioglu, 2011, Experimental investigation of laminar mixed convection heat transfer from arrays of protruded heat sources, Energy Conversion and Management, Vol. 52, pp. 2056–2063.
19. K. Khanafer, K. Vafai, M. Lightstone,(2003), Buoyancy-driven heat transfer enhancement in a two-dimensional enclosure utilizing nanofluids, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 46, No. 19, pp. 3639-3653.

کاربرد نشر آوایی در ارتوپدی

میلاد همایون فرد^{۱*}، علیرضا مشایخی^۲

۱- دانشجوی دکترای مهندسی مکانیک، دانشکده‌ی فنی دانشگاه تهران

۲- کارشناس ارشد مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بافق، یزد

m.homayounfard@ut.ac.ir

چکیده

در اثر گسترش ترک در داخل یک قطعه امواج صوتی و فراصوتی منتشر می‌شود که به این پدیده نشر آوایی گفته می‌شود. از این پدیده به طور گسترده‌ای در آزمون‌های غیر مخرب برای پایش سلامت سازه‌ها استفاده می‌شود. یکی از حوزه‌هایی که در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است، کاربرد فن‌آوری نشر آوایی در ارتوپدی است. خاصیت غیرمخرب بودن و حساسیت بالای تحلیل نشر آوایی، کاربرد آن را در حوزه پزشکی و به ویژه ارتپدی بسیار مناسب کرده است. در این مقاله کارایی روش نشر آوایی در حوزه‌های مختلف درمان استخوان مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که روش نشر آوایی در تشخیص تجمع ریزآسیب‌ها و تعیین موقعیت آن در استخوان، تشخیص ضعف‌های ساختاری در استخوان، پایش ساز و کار شکست در جراحی استخوان و طراحی درون کاشت بسیار کارآمد بوده و در هر دو مرحله تشخیص و درمان آسیب‌های ارتپدیک می‌توان از آن بهره‌گیری کرد.

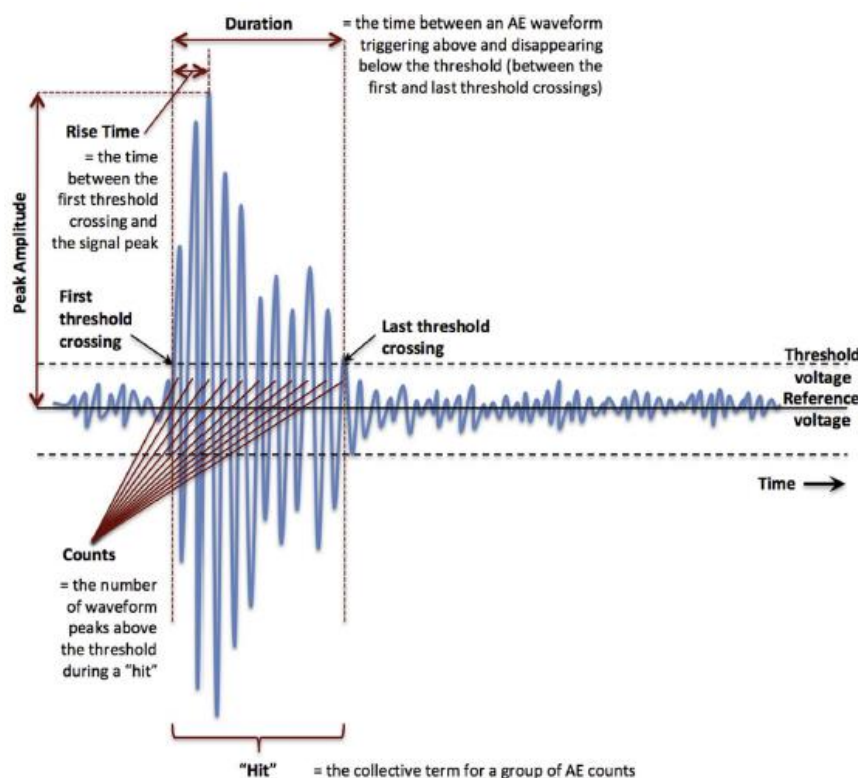
واژگان کلیدی: نشر آوایی، ارتوپدی، بیومکانیک، NDT

۱- مقدمه

پدیده تولید امواج صوتی و فراصوتی توسط قطعات تحت فرآیندهای تغییر شکل و شکست، نشر آوایی^۱ نامیده می‌شود. نشر آوایی ناشی از آزاد شدن سریع انرژی حین ایجاد و گسترش ترک داخل یک قطعه است که می‌توان آن را با استفاده از سنسورهای مخصوصی شناسایی کرد. نشر آوایی به طور گسترده‌ای در مهندسی مکانیک و عمران برای فراهم کردن روشی غیرمخرب و با حساسیت بالا برای پایش سلامت سازه‌ها استفاده می‌شود. این روش هر دو قابلیت شناسایی و یافتن موقعیت عیوب ساختاری را در حین گسترش آن‌ها، ممکن می‌سازد، بنابراین در ارزیابی رفتار دینامیکی مواد مختلف، ارزشمند است. یک سیستم نوعی و ساده نشر آوایی شامل حسگر، تقویت‌کننده و یک سیستم جمع‌آوری داده است. معمولاً سنسورهای مورد استفاده در مهندسی بیومکانیک، پیزوالکتریک است که در آن‌ها المان‌های سرامیکی بکار رفته است، تا در پاسخ کرنش مکانیکی، سیگنال‌های الکتریکی تولید کنند. حسگرها معمولاً با استفاده از چسب ترموپلاستیکی به سطح قطعه متصل می‌شوند و برای فراهم کردن مثلث‌بندی منبع نشر آوایی، استفاده از چند حسگر به صورت همزمان ضروری است. سیگنال‌های آنالوگ شناسایی‌شده توسط حسگرها با استفاده از تقویت‌کننده‌ها تقویت می‌شوند و به سیستم جمع‌آوری داده ارسال می‌شوند. سیگنال‌ها به سیگنال‌های داده دیجیتال، فیلترشده و به کاربردی منطبق با پارامترهای از پیش تعریف‌شده، تبدیل

¹ Acoustic Emission

می‌شوند. معمول‌ترین روش برای شناسایی سیگنال نشر آوایی بر اساس افتراق آستانه است به صورتیکه یک دامنه آستانه تعریف می‌گردد و هر سیگنالی از این دامنه تجاوز کند، یک اندازه‌گیری هیت^۱ را در پی دارد. در شکل ۱ نمونه‌ای از یک سیگنال نشر آوایی نشان داده شده‌است.



شکل ۱ - یک سیگنال عادی نشر آوایی تفسیرشده با عبارات معمولی با توجه به پارامترهای سیگنال [۱]

یکی از حوزه‌هایی که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته، کاربرد فن‌آوری نشر آوایی برای جراحی ارتپدی می‌باشد. خاصیت غیرمخرب بودن و حساسیت بالای تحلیل نشر آوایی، کاربرد آن را در حوزه پزشکی و به ویژه ارتپدی بسیار مناسب کرده است.

۲- بررسی خواص ساختاری استخوان

کاربردهای اولیه نشر آوایی در ارتپدی شامل استفاده آزمایشگاهی آن برای تشخیص خواص ساختاری و بیومکانیکی استخوان است. این روش به ویژه برای تحلیل دینامیکی فرآیندهای تغییر شکل و شکست استخوان مناسب است و هنوز نیز به صورت گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پژوهش‌های بعدی بر کاربرد فن‌آوری نشر آوایی در حوزه تحقیقاتی تعویض مفصل متمرکز شده است. محققان از قابلیت آن برای پایش فروسای غیرفعال ساختاری بهره بردند [۲]. این روش برای طراحی درون‌کاشت^۲ و همچنین ارزیابی سازوکارهای شکست در جراحی تعویض مفصل ران^۳ اهمیت بسزایی دارد.

^۱ hit

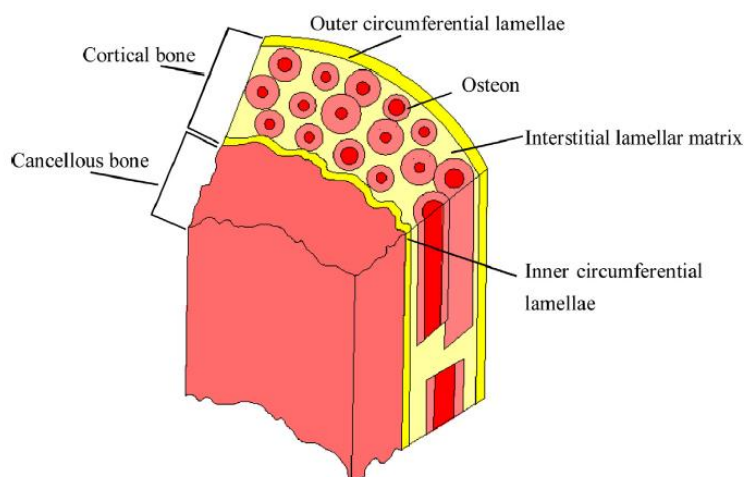
^۲ Implant

^۳ Total hip arthroplasty (THA)

افزایش قابلیت فن آوری نشر آوایی، بهبود و توسعه رایانه‌ها و منابع ذخیره‌سازی داده دیجیتالی، توجه‌ها را به کاربردهای بالینی ممکن این روش جلب کرده است. در یکی از پژوهش‌های اولیه در این حوزه، نتایج امیدبخش کاربرد نشر آوایی در مراقبت بالینی، پتانسیل گسترده و چشمگیر قابلیت این روش را نشان داده است.

۳- مطالعه خواص بیومکانیکی استخوان و سازوکارهای شکست

رابطه بین طبیعت سیگنال‌های نشر آوایی ساطع‌شده از استخوان کنسلوس^۱ تحت فشار و خواص مکانیکی آن مورد بررسی قرار گرفته است [۳]. پدیده‌های نشر آوایی حین آزمون فشار بر نمونه‌های استخوانی گرفته شده از سر استخوان ران در سه دسته سالم، با پوکی استخوان^۲ و با آرتروز^۳ بررسی شد. رفتار مکانیکی استخوان‌های با پوکی استخوان تفاوت قابل توجهی در هر دو بازه قبل و بعد از تسلیم داشتند در حالیکه استخوان‌های آرتروزی تنها در رفتار الاستیک با استخوان سالم متفاوت بودند. برای نمونه‌های هر دو دسته آرتروزی و پوکی استخوان در بازه قبل و بعد از تسلیم، پدیده‌های نشر آوایی در نرخ و دامنه بسیار بالاتری رخ می‌دهند.



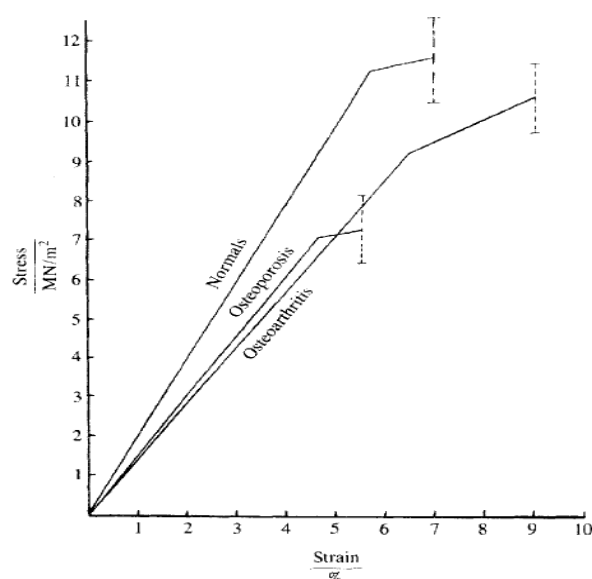
شکل ۲- شماتیکی از ساختار استخوان [۴]

پارامترهای بررسی‌شده به ترتیب ارزش‌شان در تخمین خواص مکانیکی نمونه‌ها، نرخ قبل از تسلیم، متوسط اوج دامنه و نرخ بعد از تسلیم بودند. افزایش غیرمنتظره در متوسط اوج دامنه برای استخوان ناسالم که برای آن منطقی انتظار میزان انرژی آزادشده کمتر در هر پدیده وجود دارد، به کاهش تفرق ناشی از ناپیوستگی‌ها در بافت متخلخل و بنابراین پراکندگی کمتر و افت و میرایی کمتر صوت نسبت داده شده است [۳].

^۱ Cancellous

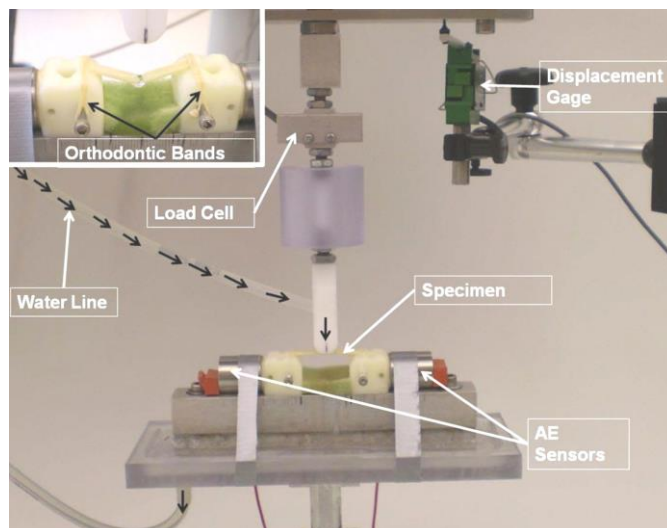
^۲ Osteoporotic

^۳ Osteoarthritic



شکل ۳- منحنی شماتیک تنش- کرنش تعیین شده با مقادیر میانگین تنش تسلیم و تنش نهایی کششی و فشاری برای نمونه- های سالم، با پوکی استخوان و آرتروزی [۳]

از تحلیل نشر آوایی برای پایش ایجاد تدریجی آسیب‌های در مقیاس میکرو طی خستگی در استخوان کورتیکال^۱ انسان استفاده شده است [۵]. مؤلفان تحلیل نشر آوایی را اتخاذ کردند و به این روش به عنوان یکی از ابزارهای محدود در دسترس برای پایش زمان واقعی تشکیل آسیب‌های در مقیاس میکرو توجه کردند. نمونه‌ها از استخوان درشت‌نی^۲ ساق پای انسان آماده شدند و تحت بارگذاری خستگی خمش سه نقطه‌ای قرار گرفتند. پیکربندی آزمایش در شکل ۴ نشان داده شده است.

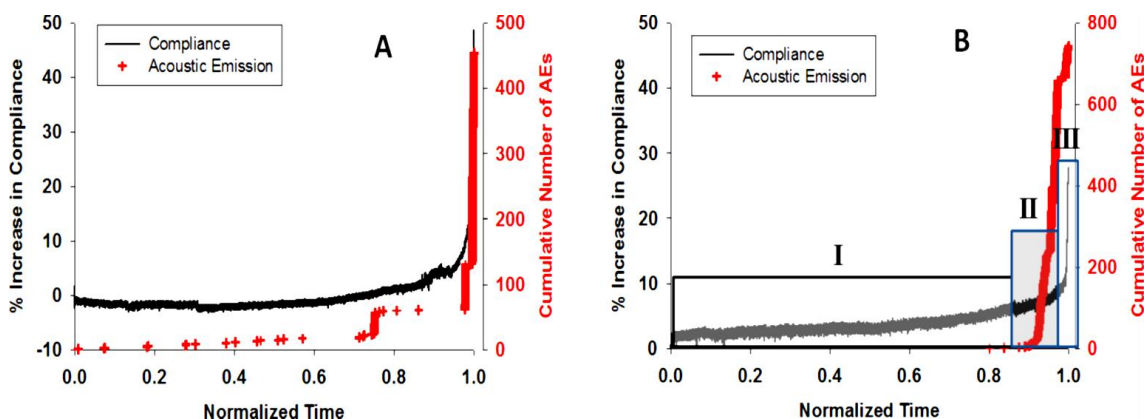


شکل ۴- ست آپ خمش سه نقطه‌ای و دریافت سیگنال نشر آوایی نمونه‌ها با استفاده از نوارهایی بر تکیه‌گاه نگه داشته شدند. حسگرهای نشر آوایی در دو طرف قسمت زیرین تکیه‌گاه قرار داده شدند. نمونه طی آزمایش با استفاده از آب مقطر که از نوک ابزار بارگذاری می‌چکید، خیس نگه داشته شدند [۵]

^۱ Cortical

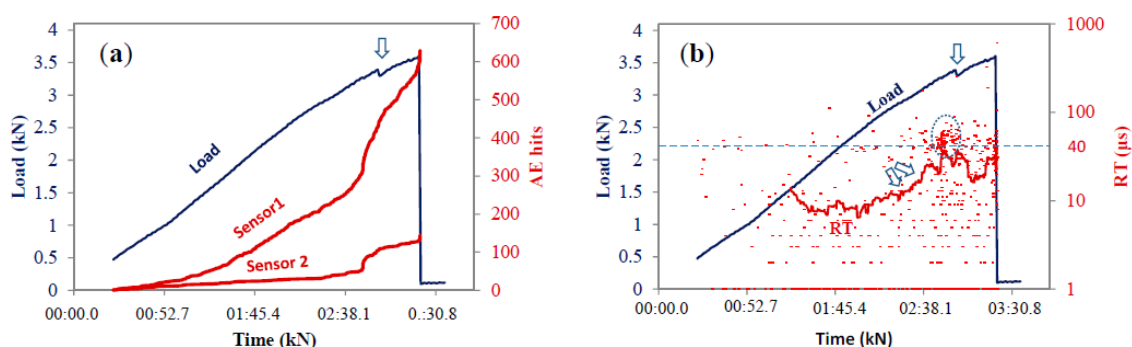
^۲ Tibia

سیگنال‌های نشر آوایی با افزایش غیرخطی تطابق نمونه که به فرآیندهای آسیب‌زا مرتبط است، انطباق داشتند و تعداد تجمعی پدیده‌های نشر آوایی در دوره قبل از شکست به صورت مجانبی افزایش یافت. تعداد سیگنال‌های نشر آوایی آزادشده از نمونه‌ها به صورت گسترده‌ای متفاوت بود و به نظر نمی‌رسید که وابسته به اختلاف در مقادیر خستگی باشد (شکل ۵).



شکل ۵- مقایسه منحنی‌های پدیده‌های نشر آوایی و انطباق بر حسب تعداد تجمعی نشر آوایی‌ها حاصل از (a) تکیه‌گاه‌های آلومینیومی و (b) تکیه‌گاه‌های دلرین: نمونه‌های تست‌شده با تکیه‌گاه آلومینیومی به دلیل ساییدن بر روی تکیه‌گاه، امواج صوتی سانس کردند در حالیکه به دلیل حذف سایش در تکیه‌گاه دلرین، امواج صوتی در محدوده نزدیک شکست ایجاد شدند. [۵]

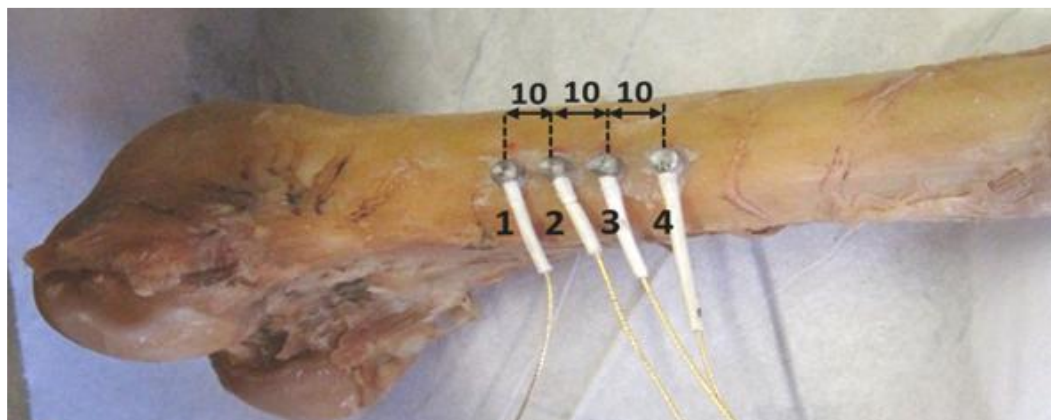
پژوهش‌های دیگری بر پذیرفتن فن‌آوری نشر آوایی به عنوان یک روش زمان-واقعی برای پایش فرآیندهای شکست به منظور درک سازوکار شکست و بیومکانیک استخوان انجام گرفته است. مطالعه کنش‌وری نشر آوایی طی شکستن استخوان ران انسان یک نمونه از این پژوهش‌ها است [۶]. نمونه‌ها در یک الگوی بارگذاری خمشی-پیچشی شکسته شدند و به صورت همزمان با دو سنسور نشر آوایی پایش می‌شدند. تعداد پدیده‌های نشر آوایی با بار اعمالی همبستگی بالایی داشت و بسیار زودتر از مشاهده به صورت ماکروسکوپی، شروع ترک‌برداری در مقیاس میکرو در بازه بین ۱۰ تا ۱۵٪ بیشینه بار نمایان شد. در شکل این نتایج نشان داده شده‌اند.



شکل ۶- منحنی بار و کنش‌وری تجمعی نشر آوایی حسگرهای مختلف (a) بر حسب زمان و (b) زمان صعود سنسور اول؛ خط RT در منحنی سمت راست متوسط لغزش با پنجره ۳۰ نقطه است. [۶]

از نقطه نظر پیشرفت‌های درون حوزه تحلیل نشر آوایی و استفاده رو به رشد و کاربردهای بالقوه آن در ارتپدی، استرانزا و همکاران [۷] مطالعه‌ای زمانی را بر توزیع امواج آکوستیک و فرسایش و تضعیف بافت استخوان ران انسان منتشر کردند. ایشان با درک طبیعت چالش‌برانگیز اعمال روش‌های موج الاستیک به ماده‌ای با چنان درجه بالایی از ناهمگنی، بر تحلیل و پررنگ کردن

پیچیدگی انتشار موج در استخوان تمرکز کردند. چند سنسور پهن‌بند نشر آوایی برای ضبط کردن پاسخ‌های گذرا بعد از تحریک گسیختگی در موقعیت‌های مختلف استفاده شدند تا پارامترهایی از قبیل سرعت، توزیع و افت موج ارزیابی گردند (شکل ۷).

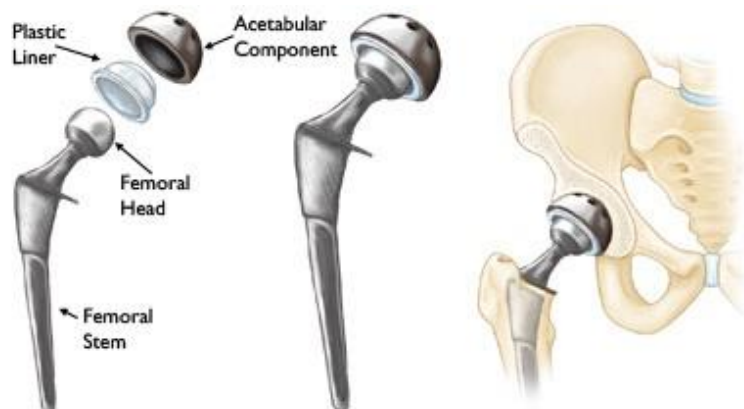


شکل ۷- سنسورهای نشر آوایی نصب‌شده بر استخوان ران [۷]

نتایج با اندازه‌گیری‌های حاصل از یک بلوک حجمی فولادی که در آن طول موج بکار رفته، خاصیت ناهمگنی از خود نشان نمی‌دهد، مقایسه شدند. مؤلفان نتیجه‌گیری کردند که میکروساختار استخوان، تمایلات قوی متفرق‌کنندگی و تضعیف‌کنندگی برای فرکانس‌های زیر ۱ MHz تحمیل می‌کند. علاوه بر این، با افزایش فاصله انتشار، تغییرات بسیاری در پارامترهایی از قبیل زمان صعود، فرکانس مرکزی و متوسط دیده می‌شود [۷].

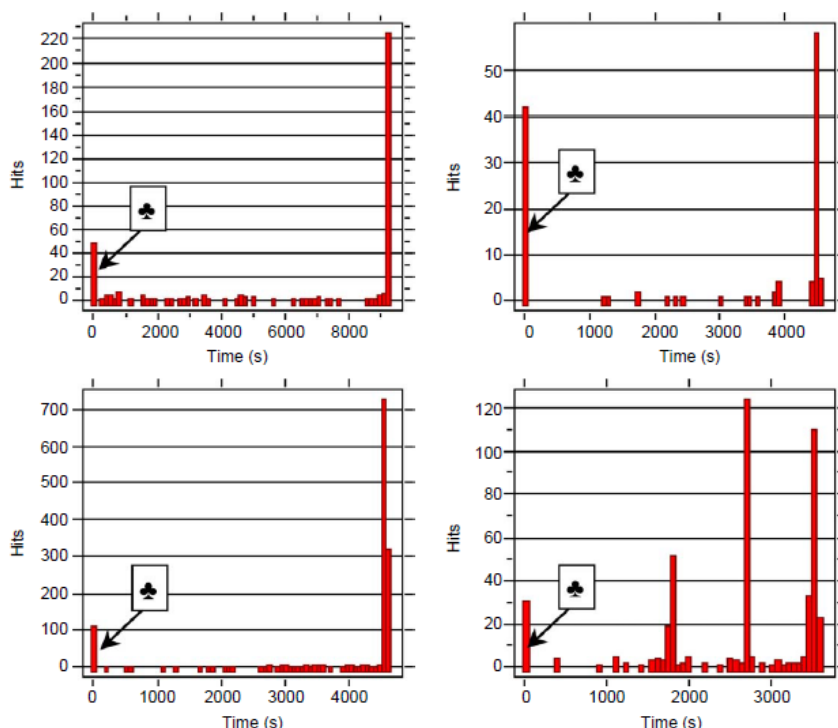
۴- سازوکار شکست مرتبط با درون‌کاشت‌های سیمانی

طراحی و ساخت درون‌کاشت و واریسی سازوکارهای شکست حوزه دیگری از پژوهش‌های ارتپدی است که عمدتاً از تحلیل نشر آوایی استفاده می‌کند. براون و همکاران [۸] همزمان با پایش سیگنال‌های نشر آوایی، آزمون خستگی را بر نمونه‌های آزمون قالب سیمان و سیمان-میله پیاده کردند. به منظور شناسایی عیوب و فراهم آوردن نگاه جزئی‌تر به انتشار ترک داخلی و الگوهای لایه‌لایه شدن، از محل ایجاد عیوب تصویربرداری فراصوتی انجام گرفت. در نمونه‌های سیمانی، تجمع آسیب غیرپیوسته بود و به شروع از ناحیه‌ی ویژه‌ای، انتشار از داخل روکش و متمرکز شدن در نواحی‌ای که عیوب در آن وجود داشت، تمایل داشتند. آسیب ایجادشده در فصل مشترک سیمان و میله در نمونه‌های سیمان-میله با استفاده از نشر آوایی بسیار زودتر از اسکن فراصوتی شناسایی شد [۸].



شکل ۸- نمایش شماتیک از مفصل مصنوعی و اجزای آن و نحوه کار گذاشتن به جای مفصل ران

جفرس و همکاران [۹] آزمون‌های خستگی کشش تک‌محوره را همزمان با پایش تجمع آسیب توسط نشر آوایی و همچنین تغییر شکل خزشی با استفاده از اکتنسومتر^۱، بر سیمان استخوانی اعمال کردند. داده‌های نشر آوایی، یک تجمع غیرخطی آسیب را با زمان در یک فرآیند نوع متوالی غیرپیوسته آشکار کرد. یک هدف از مطالعه ایشان، بررسی قابلیت روش نشر آوایی برای تعیین موقعیت آسیب بحرانی و پیش‌بینی درست‌نمایی شکست قریب‌الوقوع بود. این پژوهش در محیط آزمایشگاهی اجرا شد اگرچه مؤلفان اظهار کردند که مشکلات و سختی‌های اندازه‌گیری نشر آوایی از استخوان، کارایی آن را در محیط زنده محدود می‌کند [۹].



شکل ۹- نمایش هیتهای نشر آوایی در زمان برای نمونه‌هایی با تجمع ناپیوسته آسیب و آسیب ناگهانی اولیه قابل توجه [۹]

پژوهش نوینی پیشرفت آسیب تحت فشار را در نانوذرات حاوی سیمان استخوانی که با روش نشر آوایی پایش شده بود، گزارش داد [۱۰]. مؤلفان پیشنهاد کردند که نانوذرات هم به عنوان مکان‌های تشکیل هسته اضافی برای میکروتورک‌ها و شکاف‌ها و هم بازداشتن انتشار میکروتورک‌ها عمل می‌کنند. نشان داده شد که نشر آوایی، یک ابزار شناسایی دقیق و قابل اعتماد در آزمون فشار شبه‌استاتیکی سیمان‌های آکرلیک فراهم می‌کند [۱۰].

۵- اهمیت تشخیصی نشر آوایی

با دقت در این پژوهش‌های اولیه که بر کاربرد نشر آوایی در ارتپدی به منظور بررسی بیومکانیک استخوان، سازوکارهای شکست و ارزیابی سازوکارهای شکست درون‌کاشت متمرکز بودند، می‌توان دید که به فن‌آوری نشر آوایی به عنوان یک روش پژوهشی حائز اهمیت در محیط مصنوعی و آزمایشگاهی نگریسته شده و کارهای کمی در زمینه مطالعه پتانسیل آن برای کاربرد بالینی در محیط زنده انجام گرفته است. ضرورت توسعه روش‌های تشخیصی در ارتپدی که غیرمخرب باشند و از پرتوگیری بیمار در حین تشعشع یا آزمایش‌های هجوم‌کننده جلوگیری کنند، دریچه تازه‌ای به روی کاربردهای نشر آوایی در ارتپدی باز کرد.

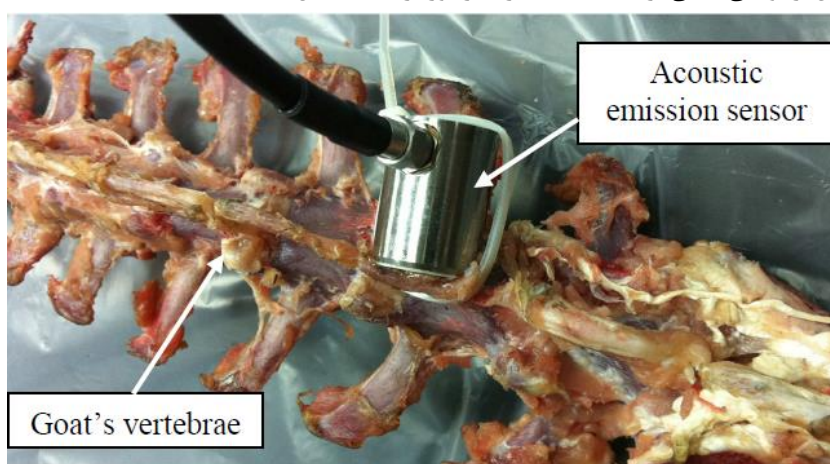
^۱ Extensometer

پتانسیل استفاده از فن‌آوری نشر آوایی به عنوان یک ابزار غیر هجوم‌کننده برای ارزیابی حالت سایشی در مفاصل انسان و تمایل به شکست استخوان‌های انسان بررسی شده است [۱۱]. با ساخت دستگاهی برای انجام آزمون سایش در مفاصل زانو به صورت آزمایشگاهی، یک اختلاف کیفی در نشر آوایی بین زانوی آسیب‌دیده با سالم مشاهده کردند. آزمون بالینی در محیط زنده شامل تعبیه سنسورهای نشر آوایی بر پوست شخص تحت آزمایش در حین انجام تعدادی از فعالیت‌های عادی روزانه می‌شد. با دقت در تحلیل توزیع دامنه و رابطه دامنه-زمان سیگنال‌های نشر آوایی بدست آمده، مؤلفان نتیجه گرفتند که ارزیابی حالت سایشی و اصطکاک مفاصل زانو تحت بار فیزیکی امکان‌پذیر است. از طریق پایش نشر آوایی در حین بارگذاری استخوان ران انسان نشان دادند که مشخصات نشر آوایی شروع ترک بسیار قبل از بار شکست قابل ردیابی است. این قابلیت امکان تعیین احتمال شکست را در پی دارد [۱۱].

۶- کاربرد بالینی نشر آوایی

در ادامه‌ی کاربردهای تشخیصی ممکن فن‌آوری نشر آوایی، در چند سال اخیر توجهات به امکان و چگونگی اعمال آن برای بهره‌بردن در جراحی ارتپدی جلب شده است. هر چند تنها بازه محدودی از کاربردهای محتمل آن مورد مطالعه قرار گرفته است. اشمیت و نوردمن [۱۲] پیشنهاد کردند که فن‌آوری نشر آوایی می‌تواند در هدایت حذف سیمان استخوانی از کانال استخوان ران حین بازبینی جراحی مفصل سودمند باشد. این کار معمولاً با استفاده از یک ماشین فرزکاری موتوریزه شده اجرا گشته که آن‌چنان که مؤلفان بیان کرده‌اند امواج صوتی با شدت‌های متفاوتی را حین فرزکاری استخوان در مقایسه با سیمان استخوانی تولید می‌کند. ایشان پیشنهاد کرده‌اند که این مسئله می‌تواند برای جلوگیری از آسیب سهوی استخوان مورد استفاده قرار گیرد که منجر به نصب و استفاده موفقیت‌آمیز از یک اندام مصنوعی جدید می‌شود.

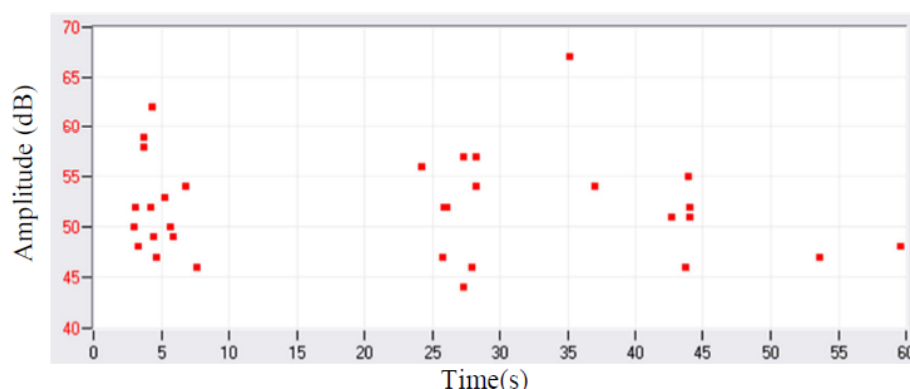
به منظور بررسی یک جایگزین ممکن برای تجربیات و دانسته‌های جراح در هدایت تعبیه پیچ پدیکول^۱ طی جراحی تثبیت نخاعی^۲، لومان و همکاران [۱۳] تأثیر نشر آوایی در اجرای جراحی بر ستون مهره‌های بز را مطالعه کردند (شکل ۱۰). مؤلفان تعدادی بیشتری از سیگنال‌های نشر آوایی را در مراحل ابتدایی تعبیه پیچ پدیکول در مقایسه با بعد دریافت کردند و نتیجه‌گیری کردند که این روش از توانایی بالایی برای استفاده تجاری برخوردار است (شکل ۱۱) [۱۳].



شکل ۱۰- نصب حسگر نشر آوایی بر ستون مهره‌های بز [۱۳]

^۱ Pedicle screw

^۲ Spinal fixation



شکل ۱۱- پارامتر بیشینه دامنه حین شکست پدیدکول قسمت زیرین [۱۳]

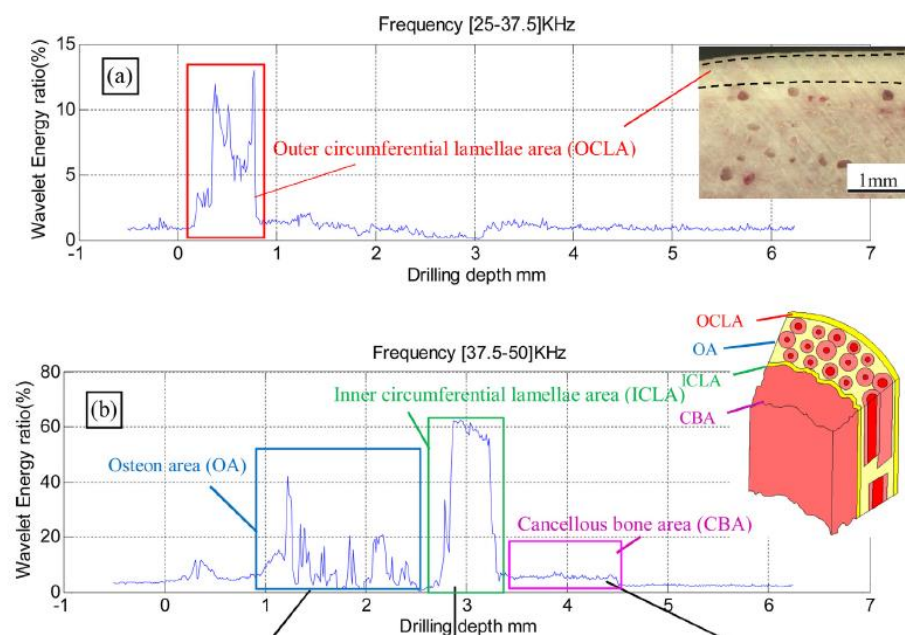
در پژوهش دیگری به بررسی تحلیل نشر آوایی به عنوان روشی نوین برای پیش‌بینی شکست قریب‌الوقوع نقاط مجاور استخوان ران طی حذف سیمان استخوانی بکار رفته در جراحی تعویض مفصل توجه شده است [۱۴]. این مسئله یک عارضه درمان‌زاد^۱ شناخته‌شده این عمل جراحی است که با مشکلات و عوارض چشمگیری همراه است که در حال حاضر جلوگیری از آن به قضاوت و تجربه شخصی جراح بستگی دارد. سیگنال‌های حاصل از هر دو حسگر نشر آوایی در طی بارگذاری یکسان بودند و کمتر از ۵٪ استحکام متفاوت بودند. هر دو افزایش چشمگیری را در انرژی و دامنه سیگنال‌های بارگذاری ۱ تا ۳ قبل از شکست استخوان نمایش دادند، که در همه موارد در قشر پوششی جلویی استخوان ران جانبی اتفاق افتاد.

هیچ ترکی با چشم غیرمسلح یا تحلیل همبستگی تصویر دیجیتال^۲ در زمان اولین افزایش قابل توجه سیگنال قابل مشاهده نبود. مؤلفان نتیجه گرفتند که تغییرات چشم‌گیر در مشخصات سیگنال‌های نشر آوایی مدت زمان کوتاهی قبل از شکست مشهود هستند و پیشنهاد کردند که فن‌آوری نشر آوایی می‌تواند برای پیش‌بینی و جلوگیری عوارض درمان‌زاد گزارش‌شده ناشی از حذف سیمان پس از جراحی تعویض مفصل ران بکار رود [۱۴].

مطالعه پتانسیل فن‌آوری نشر آوایی برای هدایت میکروسوراخکاری استخوان [۴] از دیگر پژوهش‌های این زمینه است. مؤلفان از یک مدل دنده‌دار استخوان گاوی برای پایش سیگنال‌های نشر آوایی حین میکروسوراخکاری استخوان استفاده کردند و با توجه به تشکیل و ریخت‌شناسی براده استخوان، عمق نفوذ ابزار سوراخکاری و عیوب برشکاری، این سیگنال‌ها را تحلیل کردند. مشخصات نشر آوایی در حوزه زمان و فرکانس نشان دادند که قابلیت بالایی برای پیش‌بینی نحوه تشکیل و مورفولوژی براده دارند و اعمال یک نسبت انرژی موجک، حساسیت بالایی در اندازه‌گیری عمق نفوذ میکرو دریل فراهم کردند (شکل ۱۲). تحلیل بی‌بعد ضرایب موجک امکان شناسایی و تشخیص نواقص برشکاری را می‌داد. مؤلفان نتیجه گرفتند که روش حسگری نشر آوایی پیشنهادشده، کارآمدی بالقوه و امکان استفاده و بهره‌برداری آسان در پایش فرآیند میکروسوراخکاری استخوان دارد [۴].

^۱ Iatrogenic

^۲ Digital image correlation (DIC)



شکل ۱۲- نسبت انرژی موجک سیگنال نشر آوایی در دو پهنای فرکانسی هدف (a) ۲۵-۳۷ kHz (b) ۳۷-۵۰ kHz [۴]

۸- نتیجه‌گیری

امکان بهره‌گیری از نشر آوایی در هر دو مرحله تشخیص و درمان آسیب‌های ارتپدیک سبب شده است که، به صورت چشم‌گیری، به این فن‌آوری توجه شود. تشخیص تجمع ریزآسیب‌ها و تعیین موقعیت آن در استخوان و تشخیص ضعف‌های ساختاری در استخوان مانند آرتروز و پوکی استخوان بخشی از کاربردهای این فن‌آوری در پایش وضعیت هستند. پژوهش‌های بسیاری بر کاربرد نشر آوایی در جراحی تعویض مفصل ران انجام گرفته است که از آن جمله می‌توان به بهره‌گیری از آن در طراحی درون‌کاشت و پایش سازوکار شکست، با توجه ویژه به شکست در سطح مشترک سیمان با درون‌کاشت و استخوان، اشاره کرد. فرآیند ماشین‌کاری استخوان از دیگر فرآیندهایی سخت و حساسی است که بر استخوان انجام می‌گیرد و استفاده کردن از نشر آوایی برای تأمین الزامات این عملیات یکی دیگر از حوزه‌های پژوهشی بر این فن‌آوری است. پایش شرایط برش، افزایش دقت و امنیت در طول فرآیند، بهبود کیفیت جراحی، کاهش خطاهای انسانی و کمک به جراح برای افزایش اتوماسیون عمل جراحی، از چالش‌های این بخش از پژوهش‌ها هستند. پژوهش‌هایی که تاکنون بر کاربرد نشر آوایی در ارتپدی انجام گرفته‌اند دستاوردهای مثبت و امیدبخش بسیاری داشته‌اند و از اهمیت این فن‌آوری گواهی می‌دهند. با این وجود، نشان می‌دهند که ما در آغاز کار هستیم و می‌شود چشم‌انداز روشنی برای این فن‌آوری در ارتپدی و سایر حوزه‌های پزشکی تصور کرد. کاربرد بالینی و در محیط زندگی این فن‌آوری از چالش‌هایی است که پژوهش‌گران زیادی را به خود جلب کرده است که به بار نشستن این پژوهش‌ها، دستاورد بزرگی در پزشکی محسوب خواهد شد.

مراجع

1. Kapur, R.A., *Acoustic emission in orthopaedics: A state of the art review*. Journal of Biomechanics, 2016. **49**(16): p. 4065-4072.
2. Browne, M., A. Roques, and A. Taylor, *The acoustic emission technique in orthopaedics - a review*. The Journal of Strain Analysis for Engineering Design, 2005. **40**(1): p. 59-79.
3. Leichter, I., et al., *Acoustic Emission from Trabecular Bone during Mechanical Testing: The Effect of Osteoporosis and Osteoarthritis*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine, 1990. **204**(2): p. 123-127.

4. Liao, Z. and D.A. Axinte, *On monitoring chip formation, penetration depth and cutting malfunctions in bone micro-drilling via acoustic emission*. Journal of Materials Processing Technology :۲۲۹ .۲۰۱۶ ,p. 82-93.
5. Agcaoglu, S. and O. Akkus, *Acoustic Emission Based Monitoring of the Microdamage Evolution During Fatigue of Human Cortical Bone*. Journal of Biomechanical Engineering, 2013. **135**(8): p. 081005-081005.
6. Aggelis, D., et al., *Fracture of Human Femur Tissue Monitored by Acoustic Emission Sensors*. Sensors, 2015. **15**(3): p. 5803.
7. Strantza, M., et al., *Wave Dispersion and Attenuation on Human Femur Tissue*. Sensors, 2014. **14**(8): p. 15067.
8. Browne, M., J.R.T. Jeffers, and N. Saffari ,*Nondestructive evaluation of bone cement and bone cement/metal interface failure*. Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials, 2010. **92**(2): p. 420-429.
9. Jeffers, J.R.T., M. Browne, and M. Taylor, *Damage accumulation, fatigue and creep behaviour of vacuum mixed bone cement*. Biomaterials, 2005. **26**(27): p. 5532-5541.
10. Pacheco-Salazar, O.F., et al., *Evaluation of damage progression and mechanical behavior under compression of bone cements containing core-shell nanoparticles by using acoustic emission technique*. Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials, 2015. **46**: p. 137-147.
11. Schwalbe, H.-J., G. Bamfaste, and R.-P. Franke, *Non-destructive and non-invasive observation of friction and wear of human joints and of fracture initiation by acoustic emission*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine, 1999. **213**(1): p. 41-48.
12. Schmidt, J. and K. Nordmann, *Removal of bone cement from the femoral canal using an acoustic emission-controlled milling device*. Medical and Biological Engineering and Computing, 1994. **32**(3): p. 258-260.
13. Loman, M., et al. *Utilization of the Acoustic Emission Technology in Bone Tissues*. in *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Trans Tech Publ.
14. Péchon, P.H.M., et al., *A NOVEL SENSOR TECHNOLOGY MAY BE USED TO PREDICT IMPENDING IATROGENIC FEMUR FRACTURE DURING UNCEMENTED HIP ARTHROPLASTY IN REAL TIME. ORIGINAL LABORATORY RESEARCH USING DEER FEMORA*. Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume, 2012. **94-B**(SUPP XVIII): p. 52.

رفع چالش پیچیدگی مدل معنایی در اینترنت اشیا با رویکرد هستان‌شناسی معنایی

محدثه مشکور^{۱*}، هومن کاشانیان^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نرم افزار کامپیوتر

۲- دکتری مهندسی نرم افزار کامپیوتر

mohadese.mashkoor@gmail.com

چکیده

اینترنت اشیا همگرایی اینترنت با RFID (شناسایی با فرکانس رادیویی)، سنسورها و اشیاء هوشمند است و می‌تواند همه اطلاعات در دنیای واقعی را در دسترس قرار دهد. اینترنت اشیا بزرگ‌ترین وعده تکنولوژی امروز است که هنوز فاقد یک مکانیسم جدید برای ارائه چشم‌انداز معنایی قابل درک می‌باشد. اینترنت اشیا نیاز به توسعه زیرساخت‌ها دارد تا بتواند خدماتی را ارائه کند که از چندین مقیاس‌پذیری و سازگاری با برنامه کاربردی در چندین حوزه حمایت نماید. سنسورهای شبکه جز ضروری‌ترین اجزای اینترنت اشیا هستند. استفاده از پتانسیل داده‌های جمع‌آوری شده توسط سنسورها تاثیر به سزایی در زندگی ما دارد. در این مقاله ما یک مدل معنایی ساده را پیشنهاد می‌کنیم که یک نمونه از هستی‌شناسی شبکه سنسورهای معنایی (SSN) است. این مدل بر روی کشف تمرکز می‌کند و به دنبال کمترین مفاهیم و روابطی است که بتواند برای بسیاری از درخواست‌های کاربر پاسخی را ارائه دهد.

واژگان کلیدی: اینترنت اشیا، تکنولوژی معنایی، قابلیت تعامل، سنسورهای شبکه، مدل معنایی.

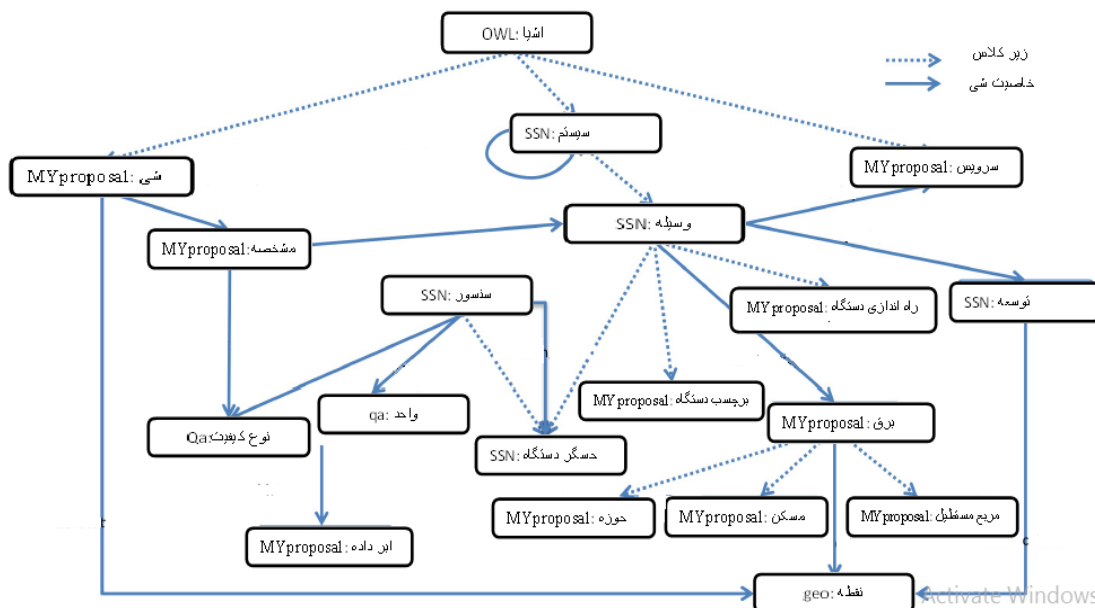
۱. مقدمه

با رشد ارتباطات ماشین‌کاری و راه‌اندازی IoT، قابلیت همکاری بین سیستم‌عامل‌های مختلف، تبدیل به یک مسئله کلیدی در ایجاد چارچوب‌های مقیاس بزرگ IoT شده است. تکنولوژی‌های معنایی، یک رویکرد مناسب اشتراک‌گذاری واژگان مشترک و ارائه بازخورد عملی متقابل داده‌ها برای ایجاد قابلیت همکاری ارائه می‌دهند. ارائه دهندگان تست IoT اخیراً شروع به اضافه کردن معانی به چارچوب خود کرده‌اند که اجازه ایجاد وب معنایی را می‌دهد. این معانی گسترش وب فعلی است که در آن اطلاعات معنایی، ارتباطات ماشینی با ماشین دیگر و ارتباطات بین اشیاء، دستگاه‌ها و افراد به خوبی تعریف می‌شود [۱]. معناشناسی معمولاً مفاهیم دامنه را با جزئیات زیادی مدل می‌کند. باید توجه داشت که اگر چه هستی‌شناسی را می‌توان برای تقریباً هر چیزی در مورد اشیا درخواست کرد، اما باعث می‌شود اغلب اجرا و استفاده از این مدل‌های پیچیده، به ویژه توسط افراد غیر کارشناسان، مشکل شود. مدل‌های IoT باید محدودیت‌های محیط‌های IoT را در نظر بگیرند. در عین حال، آنها نیاز به مدل‌سازی روابط و مفاهیمی دارند که قابلیت سازگاری بین موجودیت‌های IoT را نشان می‌دهند. نکته قابل توجه این است که مدل‌های معنایی محصول نهایی نیستند. آنها معمولاً فقط بخشی از یک راه‌حل هستند و باید برای کاربر نهایی شفاف باشند. مدل‌های حاشیه

نویسی معنایی باید با روش‌های موثر، برنامه‌های کاربردی و ابزارهایی برای پردازش معنانشناسی با توانایی استخراج اطلاعات عملی از داده‌های خام را ارائه نمایند. روش‌های پرس و جو، یادگیری ماشین، استدلال و تکنیک‌های تجزیه و تحلیل داده باید قادر به استفاده موثر از این معانی باشند. مدل‌سازی معنایی تنها بخش اولیه طراحی کل است و باید در نظر گرفته شود که چگونه مدل‌ها استفاده می‌شوند. چگونه داده‌های حاشیه‌نویسی با داده‌های زمان واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد و این که چگونه می‌توان مدل را برای محیط‌های محدود و مقیاس بزرگ در زمانی که برنامه‌های کاربردی اغلب نیاز به زمان کم برای پردازش دارند، به طور مناسب گسترش داد.

ما یک مدل معنایی ساده را طبق شکل ۱ پیشنهاد می‌کنیم که یک نمونه از هستی‌شناسی شبکه سنسورهای معنایی (SSN) است [۲]. این مدل بر روی کشف تمرکز می‌کند و به دنبال کمترین مفاهیم و روابط است به طوری که بتواند برای بسیاری از درخواست‌های کاربر پاسخی را ارائه دهند. ما بر روی نمایش داده‌های معمول برای دسترسی به داده‌ها در IoT تمرکز کرده‌ایم تا با تجزیه و تحلیل داده‌ها برای کاربران نهایی اطلاعات معنی‌دار را به دست آوریم. ما دریافتیم که نیاز به توصیف کامل و روابط پیچیده‌ای برای پاسخگویی به درخواست‌های کاربر نداریم. بعضی از رایج‌ترین مدل‌های استفاده شده در وب مدل‌های ساده‌ای مانند FOAF هستند. سادگی آن‌ها باعث می‌شود از طرف کاربران سریع‌تر پذیرفته شوند. این مدل‌ها حاوی نکات پیچیده نیستند و نیازی به پردازش‌های پیچیده ندارند. مدل‌های پهنه‌شده همچنین می‌توانند پاسخ‌های سریع‌تری را به پرسش‌ها دهند. ما همچنین دستورالعمل‌هایی را برای توسعه مدل‌های معنایی مقیاس‌پذیر و قابل استفاده مجدد در IoT پیشنهاد می‌کنیم. این روش یک هستی‌شناسی کامل برای IoT نمی‌باشد. هدف ما ایجاد هستی‌شناسی ساده‌ای است که اجازه می‌دهد تا سرعت پردازش نسبتاً سریع باشد. با توجه به برنامه‌ها این مدل می‌تواند یک بخش اصلی از یک مدل معنایی باشد که در آن، از ماژول‌های مختلف معنایی برای ارائه مفاهیم و روابط خاص دامنه و کاربردهای خاص استفاده کرد.

چندین توصیف معنایی برای دامنه IoT وجود دارد. آنتولوژی SSN یکی از مهم‌ترین و گسترده‌ترین مدل‌ها برای توصیف حسگرها و مفاهیم مربوط به IoT است. مدل IoT-A2 و [3] IoT.est برخی از پروژه‌هایی هستند که هستی‌شناسی SSN را گسترش می‌دهند تا دیگر مفاهیم مرتبط با IoT مانند خدمات و اشیاء را علاوه بر دستگاه‌های حسگر نشان دهند. تنها اجرای یک مدل معنایی صرفاً IoT-A شناخته شده توسط نویسندگان در [۴] شرح داده شده است. مدل IoT-A برای سازگاری سریع و محیط‌های پاسخگو بسیار پیچیده است. مدل IoT.est مدل IoT-A را با مفاهیم خدمات گسترده و تست گسترش می‌دهد.



شکل ۱- مرور کلی بر روش مدل معنایی پیشنهادی

کنسرسیوم مجتمع جغرافیایی (OGC) از طریق گروه 5 [Enablement Sensor Web (SWE)] مجموعه ای از استانداردها را برای توصیف سنسورها و داده‌های آن‌ها ارائه نمود که می‌توان برای نمونه به SensorML3، که زبانی برای توصیف حسگرها و مشاهدات و اندازه گیری‌ها (O & M) است، اشاره کرد. SensorML توصیف نحوی مهم با استفاده از XML که فاقد ابهام ارائه شده توسط زبان‌های آنتولوژی مانند OWL است ارائه می‌کند. [6 SemSOS] تگ‌های XML O & M را به مفاهیم OWL ترسیم کرده است. با این حال، این تنها مشاهدات و دیگر مفاهیم وابسته به IoT را نشان می‌دهد. یکی از کارهای در حال انجام، OneM2M است که OneM2M یک گزارش برای اتوماسیون خانگی منتشر کرده و مفاهیم و روابط را شرح می‌دهد [7]. ابتکار دیگر داده‌های فضایی در گروه کاری وب 4 می‌باشد که یک تلاش مشترک بین کنسرسیوم جهانی وب (W3C) و کنسرسیوم مجتمع جغرافیایی (OGC) با هدف استانداردسازی هستی‌شناسی کلیدی برای داده‌های فضایی، زمانی و سنسور در وب است [8]. پروژه‌های متعددی نیز بر روی توصیف معنایی IoT، مانند FED4FIRE5 که یک مدل معنایی بر روی ارتباطات، VITAL6 برای شهرهای هوشمند، CityPulse7 با تمرکز بیشتر بر داده‌ها و OpenIoT8، که نمونه‌های از SSN است، تمرکز کرده‌اند. عملکرد هستی‌شناسی برای مجموعه‌های بزرگ توسط دیدگاه‌های مختلف، از جمله طراحی مجدد دانش داده‌ها و واکنش زمان پاسخ پرس و جو مورد توجه قرار گرفته است [9]. پیشنهاد ما کارهای قبلی را گسترش می‌دهد و می‌تواند در ترکیب با تکنیک‌های دیگر برای پرسیدن بهبود عملکرد استفاده شود. به طور خلاصه، هستی‌شناسی‌های منتشر شده IoT، یا پیچیده هستند یا دامنه خاص برای زیر دامنه های IoT می‌باشند. ایجاد یک هستی‌شناسی سبک وزن که قابلیت همکاری و کشف داده‌های حسی در سیستم‌های ناهمگن با پیچیدگی و زمان پردازش کم داشته باشد، هنوز یک مسئله باز است. در ادامه مقاله به شرح زیر سازماندهی شده است. بخش دوم 9 قانون برای طراحی مدل معنایی خوب و مقیاس پذیر را معرفی می‌کند و مدل پیشنهادی را برای نمایش عناصر IoT ارائه می‌دهد. بخش سوم سناریوی مورد استفاده را ارائه می‌دهد. در بخش چهارم نتیجه‌گیری و کار آینده شرح داده می‌شود.

۲- 9 قانون طراحی مدل معنایی مناسب و بررسی مفاهیم مورد استفاده در تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این بخش تنها مفاهیم مورد استفاده برای تجزیه و تحلیل داده‌ها در برنامه‌های IoT، مانند داده‌های حسی، محل و نوع ارائه می‌شود. این راه سیستم‌های پاسخگو قابل مقیاس با کاهش حافظه و هزینه پردازش پرس و جو در برنامه کاربردی مقیاس بزرگ IOT ایجاد می‌کند. در سال 2003، W3C لیستی از نمونه های "هستی شناسی خوب" را منتشر کرد. عالی‌ترین هستی شناسی‌ها بر اساس ویژگی‌های به طور کامل مستند شده، حذف محرمانگی و استفاده شده توسط ارائه دهنده مستقل داده که احتمالاً توسط ابزار موجود پشتیبانی می‌شود و در دو مجموعه داده مستقل استفاده می‌گردد، مستند شدند.

روش پیشنهادی با پیروی از این ویژگی‌ها به دنبال ایجاد یک مدل با قابلیت استفاده مجدد است. اگرچه ویژگی‌های ذکر شده برای ایجاد هستی‌شناسی متقابل و قابل استفاده مجدد ضروری است، اما برای پوشش مقیاس‌پذیری، دینامیکی و مسائل مربوط به پذیرش کاربر کافی نیست. ما مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها را برای ایجاد هستی‌شناسی مقیاس‌پذیر پیشنهاد می‌کنیم. این قوانین به شرح زیر است:

(۱) فکر کنید چه کسی از معناشناسی و طراحی برای نیت خود استفاده خواهد کرد.

(۲) فراهم آوردن وسیله‌ای برای به روز رسانی و تغییر حاشیه‌نویسی معنایی

(۳) ایجاد ابزارهایی برای تست اعتبار سنجی و قابلیت همکاری

(۴) ایجاد اصطلاحات و واژگان

(۵) استفاده مجدد از مدل‌های موجود

(۶) پیوند داده‌ها و توصیف‌ها به منابع موجود دیگر

(۷) تعریف قوانین و / یا بهترین شیوه برای ارائه مقادیر برای هر ویژگی

(۸) ساده نگاه داشتن

(۹) ایجاد روش‌های موثر، ابزار و API ها برای پردازش و معنانشناسی .

در طراحی مدل، قوانین معرفی شده را در نظر گرفتیم. ابزارهایی برای حاشیه‌نویسی و اعتبارسنجی (قوانین ۲ و ۳) و همچنین API ها و استفاده از ابزارهای موجود برای پرس و جو و پردازش اطلاعات (قانون ۹) در این بخش طراحی شد. معانی تنها بخشی از راه حل است و اغلب محصول نهایی نیست. روش‌های پرس و جو، یادگیری ماشین، روش‌های استدلال و تجزیه و تحلیل داده ها باید قادر به استفاده موثر از این معانی باشند. ما مدل ساده‌ای را با هدف تعریف اصطلاحات مورد استفاده در جستجو برای مفاهیم IoT در زمینه تجزیه و تحلیل داده‌ها طراحی کرده‌ایم. ما رایج‌ترین آنتولوژی‌های استفاده شده از IoT تحت قانون (۱) را مورد مطالعه قرار دادیم.

به عنوان مثال، یک برنامه کاربردی که درجه حرارت در حال حرکت را تهیه می‌کند، در نظر بگیرید. در این برنامه هستی-شناسی نقطه پایانی خدمات سنسور دما را در هر مکان خاص بررسی می‌کند. هستی شناسی نیز نیاز دارد که مفاهیم و اصطلاحات عمیق و متصل که برای بدست آوردن نتایج دلخواه احتیاج به جستجوهای پیچیده دارند را به راحتی در دسترس داشته باشد. یکی دیگر از جنبه‌های مهم مدل‌های معنایی، قابلیت همکاری است. در طراحی این مدل ساده ما دستورالعمل‌های مربوط به داده‌ها را دنبال کردیم و از هستی‌شناسی شناخته شده به طور گسترده استفاده کردیم (مثلا SWEET و SSN). همچنین ما از تعدادی لینک به آنتولوژی‌های غیر معمول استفاده کردیم تا در صورت حذف غیرمنتظره آنتولوژی‌های مرتبط از بروز تناقضات جلوگیری نماییم. در چارچوب قابلیت همکاری، استفاده از یک واژگان مشابه نیز لازم است تا بتواند داده‌ها را از منابع مختلف به اشتراک بگذارد و ترکیب کند. به این ترتیب، ما یک طبقه‌بندی نوع و واحدهای کمکی ایجاد کرده‌ایم که در صفحه وب هستی شناسی منتشر شده است و ترکیبی از اصطلاحات استفاده شده در هستی شناسی شناخته شده مانند qu و qudt می‌باشد. در این مدل ساده ما پیش‌بینی یک صفحه وب منتشر شده، را کرده ایم تا اصطلاحات مورد استفاده را به طور کامل توضیح دهد و در آن جا مثال‌هایی ارائه شود. این امر باعث استفاده مجدد و پیوند با دیگر آنتولوژی می‌شود. با پیش نیازهای بالا، ما یک نمونه از SSN ایجاد کرده‌ایم. این طراحی یک الگو برای توسعه و نمونه‌برداری است. در واقع ما SSN را سفارشی کردیم تا آنتونوژی ساده را با مفاهیم اصلی که سه مورد اشخاص یا اشیاء، منابع یا دستگاه‌ها و خدمات هستند و در طبقه‌بندی اشیاء IoT قابل قبول می‌باشند به صورت SSN: Device MYproposal: Object, MYproposal: Service تنظیم کردیم [۱۰].

سه مفهوم شی یا نهاد، مشخصه یا صفت و دستگاه یا منبع، مفاهیم اصلی آنتولوژی هستند و در هر هست‌شناسی توصیفی IoT ضروری می‌باشند. ارتباط بین این سه مفهوم شی (یا نهاد) MYproposal: Object که دارای یک ویژگی MYproposal: Attribute است و با یک دستگاه (و یا منابع) MYproposal: Device که توسط یک سرویس MYproposal: Service نمایش داده می‌شود، استفاده نمودیم. ما بقیه آنتولوژی را در اطراف این سه مفهوم اصلی ساخته ایم و مفاهیم و روابط لازم را برای ارائه پاسخ به پرسش‌های استاندارد نشان می‌دادیم. برای سبک‌تر کردن پرس و جوها، ما بیشتر مفاهیم هستی‌شناسی را در یک کلاس اصلی (دستگاه) پیوند داده‌ایم و دو کلاس دیگر را سبک‌تر می‌کنیم. ما حداقل سه کلاس اصلی وسایل (MYproposal: Tag, ssn: Sensor, MYproposal: Actuator) را کشف کردیم و متوجه شدیم که باید با توجه به تفاوت‌هایی که برنامه‌ها برای پرس و جو دارند، جدا شوند. به عنوان مثال، در یک برنامه کاربردی که نیاز به دانستن درجه حرارت است سنسورها مورد پرسش قرار می‌گیرند، در صورتی که برنامه‌ای که نیاز به روشن کردن چراغ‌ها دارد، برای موتورهای محرکه پرس و جو می‌کند.

ssn: SensingDevice به طور مستقیم از طریق خواص و یا از طریق ارثی از خواص مربوط به مفاهیم qu: Units, QuantiKind و MYproposal: Coverage مرتبط می‌شود. بنابراین، ما فقط سه جزء نیاز داریم تا هر دستگاه حسگر را با این مفاهیم پیوند دهیم.

برای اجازه دادن به یک واژگان مشترک برای همکاری بین سیستم‌های مختلف، ما نیازمند یک طبقه‌بندی برای توصیف اندازه‌گیری دستگاه‌ها از نظر نوع و واحد مقدار، مانند درجه حرارت و درجه سانتیگراد هستیم. ما این طبقه‌بندی را با استفاده از آنتولوژی‌های خوب، مانند qu-rec20 و qudt ایجاد کرده‌ایم. ابعاد فضایی هستی‌شناسی با آنتولوژی جغرافیایی مبتنی بر مختصات مکان WGS84 می‌باشد. این هستی‌شناسی ساده و برخی از ابزارهای موجود برای کشف این‌که آیا یک نقطه متعلق به یک منطقه است به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد (مانند مناطق پوشش دایره، مستطیل و چند ضلعی) و همچنین پسوند SPARQL برای مقابله با موقعیت‌های جغرافیایی وجود دارد. ما محل‌های نسبی را به این مکان‌های جغرافیایی اضافه کرده‌ایم تا مکان‌هایی که موقعیت جغرافیایی آن‌ها کمتر شهودی است مانند ساختمان یا طبقه را در صحنه‌های داخلی تعریف کنیم، مکان نسبی نیز از اتصال به منابع مانند GeoNames پشتیبانی می‌کند که به صورت عمومی به عنوان بخشی از ابر داده مرتبط شده است.

۳. سناریوی روش پیشنهادی

یکی از مسائل کلیدی در اکوسیستم‌های ناهمگن IoT دسترسی به داده‌های حسگر از سیستم‌های مختلف است. فعال کردن توضیحات سریع و ساده سنسورها برای کارکردن حاشیه نویسی و کشف اطلاعات حسگر ضروری است. در این سناریو ۶ سنسور فرض کردیم که هر کدام اندازه‌گیری دما، میکروفون، ارتعاش، نور، حضور و مصرف انرژی انجام می‌دهند. و فرض می‌شود این حسگر با دمای اتاق همراه است. سنسور دما توسط دو نقطه در گوشه‌های مورب تعریف می‌شود. درجه حرارت را با درجه سانتی گراد و وضوح ۱۰۲۴ اندازه‌گیری می‌شود. ما موقعیت جغرافیایی را برای تعریف عرض جغرافیایی و طول جغرافیایی مورد استفاده قرار داده‌ایم. با این حال، ما همچنین ارتفاع نسبی را به عنوان طبقه ۱ برای درک بهتر انسانی توصیف کردیم. گزیده‌ای از حاشیه نویسی سنسور بر اساس هستی‌شناسی پیشنهادی در زیر آورده شده است.

```
. MYproposal:hasQuantityKind qu:temperature
; MYproposal:hasCoverage :areaRoom13CII01
, MYproposal:tableRoom13CII01 rdf:type MYproposal:Object
; owl:NamedIndividual
; MYproposal:description "http://Room13CII01/Tabl"^^xsd:anyURI
; MYproposal:hasAttribute MYproposal:temperaturTableRoom13CII01
. geo:hasLocation :locationRoom13CII01
, MYproposal:temperatureTableRoom12CII01 rdf:type MYproposal:Attribute
; owl:NamedIndividual
. MYproposal:isAssociatedWith :temperatureSensorRoom13CII01
, areaRoom13CII01 rdf:type MYproposal:Rectangle:
; owl:NamedIndividual
. MYproposal:hasPoint :NEcornrRoom13CII01 , :SWcornrRoom13CII01
, NEcornerRoom13CII01 rdf:type owl:NamedIndividual:
; geo:Point
; geo:long "-0.59316"^^xsd:float
; MYproposal:altRelative "1stFloor"^^xsd:string
. geo:lat "51.2434"^^xsd:float
, SWcornerRoom13CII01 rdf:type owl:NamedIndividual:
```

```

; geo:Point
; geo:long "-0.59315"^^xsd:float
; MYproposal:altRelative "1stFloor"^^xsd:string
. geo:lat "51.2433"^^xsd:float

, locationRoom13CII01 rdf:type owl:NamedIndividual:

; geo:Point
; geo:long "-0.593154"^^xsd:float
; MYproposal:altRelative "1stFloor"^^xsd:string
. geo:lat "51.243362"^^xsd:float

, ngsi10SensorRoom13CII01 rdf:type MYproposal:Service:
; owl:NamedIndividual
; MYproposal:endpoint "http://meassur/rom13CII01"^^xsd:anyURI
; MYproposal:description "http://meassur/room13CII01"^^xsd:anyURI
; MYproposal:type "ngsi-10"^^xsd:string
, resolution1024 rdf:type MYproposal:Metadata:
; owl:NamedIndividual
; MYproposal:value "1024.0"^^xsd:float
. MYproposal:type "resolution"^^xsd:string
    
```

۴. نتیجه‌گیری

در این مطالعه، مدل IoT معنایی ساده‌ای را پیشنهاد کردیم که مجموعه‌ای از دستورالعمل‌های طراحی آنتولوژی را برای محیط‌های پویا و پاسخگو دنبال می‌کند. آنتولوژی SSN یکی از مهمترین و گسترده‌ترین مدل‌ها برای توصیف حسگرها و مفاهیم مربوط به IoT است و در مدل پیشنهادی توسعه داده شد. در طراحی مدل ۹ قانون معرفی شد. ابزارهایی برای حاشیه‌نویسی و اعتبارسنجی و همچنین APIها و استفاده از ابزارهای موجود برای پرس و جو و پردازش اطلاعات نیز در این مدل طراحی گردید. ما همچنین در آینده از توصیف‌های روش پیشنهادی برای ایجاد قابلیت همکاری در توسعه برنامه‌های IoT و برنامه‌های کاربردی شهر هوشمند استفاده خواهیم کرد.

۵. منابع

- [1] M. H. C. B. G. Schiele, Handbook of ambient intelligence and smart environments, Springer, 2009
- [2] Michael Compton, Payam Barnaghi, Luis Bermudez, Raul Garc'ia-Castro, Oscar Corcho, Simon Cox, John Graybeal, Manfred Hauswirth, Cory Henson, Arthur Herzog, et al. The SSN ontology of the W3C semantic sensor network incubator group. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 17:25–32, 2012.
- [3] Wei Wang, Suparna De, Ralf Toenjes, Eike Reetz, and Klaus Moessner. A comprehensive ontology for knowledge representation in the internet of things. In *Trust, Security and Privacy in Computing and Communications (TrustCom), 2012 IEEE 11th International Conference on*, pages 1793–1798. IEEE, 2012.
- [4] Suparna De, Tarek Elsaleh, Payam Barnaghi, and Stefan Meissner. An internet of things platform for real-world and digital objects. *Scalable Computing: Practice and Experience*, 13(1), 2012.

- [5] Mike Botts, George Percivall, Carl Reed, and John Davidson. Ogc R _ sensor web enablement: Overview and high level architecture. In *GeoSensor networks*, pages 175–190. Springer, 2008.
- [6] Cory A. Henson, Josh K. Pschorr, Amit P. Sheth, and Krishnaprasad Thirunarayan. Semsos: Semantic sensor observation service. In *Collaborative Technologies and Systems, 2009. CTS'09. International Symposium on*, pages 44–53. IEEE, 2009. .
- [7] OneM2M. Study of abstraction and semantics enablement v.0.7.0. study of existing abstraction and semantic capability enablement technologies for consideration by onem2m. *Technical Report OneM2M*, (TR 0007), 2014.
- [8] Kerry Taylor and Ed Parsons. Where is everywhere: bringing location to the Web. *IEEE Internet Computing*, 19(2):83–87, March/April 2015.
- [9] Markus Stocker, Narasinha Shurpali, Kerry Taylor, George Burba, Mauno Rönkkö, and Mikko Kolehmainen. Emrooz: A scalable database for SSN observations. In *Joint Proceedings of the 1st Joint International Workshop on Semantic Sensor Networks and Terra Cognita (SSN-TC 2015) and the 4th International Workshop on Ordering and Reasoning (OrdRing 2015) co-located with the 14th International Semantic Web Conference (ISWC 2015), Bethlehem, Pennsylvania, United States, October 11th - and - 12th, 2015.*, pages 1–12, 2015.
- [10] Ovidiu Vermesan, Peter Friess, Patrick Guillemin, Sergio Gusmeroli, Harald Sundmaeker, Alessandro Bassi, Ignacio Soler Jubert, Margaretha Mazura, Mark Harrison, M Eisenhauer, et al. Internet of things strategic research roadmap. *O. Vermesan, P. Friess, P. Guillemin, S. Gusmeroli, H. Sundmaeker, A. Bassi, et al., Internet of Things: Global Technological and Societal Trends*, 1:9–52,(2011).

استفاده از مبانی ارگونومیک در صنعت کشاورزی

مسعود پیردستان، شراره مهاجری، فاطمه هرسج

بررسی عددی انتقال حرارت جابجایی آزاد از دسته لوله داغ با دمای متغیر

مهدی میانسری، فتحعلی رمضانی

کاربرد نشر آوایی در ارتوپدی

میلاد همایونفر، علیرضا مشایخی

رفع چالش پیچیدگی مدل معنایی در اینترنت اشیا با رویکرد هستان‌شناسی معنایی

محدثه مشکور، هومن کاشانیان

پژوهش‌های نوین
فالم‌مهندسی

۰۲۱ ۳۳۲ ۲۰ ۲۴۸۷



۰۲۱ ۴۳۸۵۷۱ ۲۴

۰۲۶ ۳۲۷۲ ۴۷۸۷

۰۲۶ ۳۲۷۴ ۷۱۵۸

تهران: افسریه، ۱۵ متری چهارم، کوچه ۳۸، پلاک ۲۸، واحد ۲
کرج: چهارراه هفت‌تیر، خیابان لاله ۱، پلاک ۱۴، طبقه همکف