

نشریه علمی ترویجی صنعت سبز نوین

دوره پنجم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۹

مهندسی مکانیک بیوسیستم،
مهندسی مکانیزاسیون
و مهندسی ماشین‌های صنایع غذایی



شماره مجوز: ۱۳۲/۱۳۰۸۰۱



- * مصاحبه با دکتر عباس زاده
- * شهر هوشمند و توسعه پایدار
- * کاربرد اینترنت اشیا در کشاورزی هوشمند
- * بررسی نقش پهباد در کشاورزی دقیق با رویکرد سنجش از راه دور
- * مبدل‌های حرارتی متداول برای گرمایش و سرمایش محصولات غذایی
- * معرفی نرم‌افزار EDEM Simulation و کاربرد آن در طراحی ماشین‌های کشاورزی

آنچه در این شماره می‌خوانیم



نشریه علمی ترویجی صنعت سبز نوین

مهندسی مکانیک بیوسیستم، مهندسی مکانیزاسیون و مهندسی ماشین‌های صنایع غذایی

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

دوره پنجم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۹

شماره مجوز: ۱۳۲/۱۳۰۸۰۱

صاحب امتیاز: انجمن علمی دانشجویی مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تهران

مدیر مسئول: محمد قوشچیان

سردبیر: محمد قوشچیان، عمار صالحی

اساتید مشاور: دکتر علی جعفری (مهندسی مکانیک بیوسیستم گرایش طراحی)، دکتر شاهین رفیعی (مهندسی مکانیک بیوسیستم گرایش انرژی‌های تجدیدپذیر)، دکتر سید سعید محتسبی (مهندسی مکانیک بیوسیستم گرایش فناوری پس از برداشت) و دکتر اسداله اکرم (مهندسی مکانیزاسیون)

هیئت تحریریه تخصصی: دکتر مصطفی جعفریان (دانش‌آموخته‌ی دکتری مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه تهران و مدرس مجتمع آموزش عالی شیروان)، محمد قوشچیان (دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه تهران)، عمار صالحی (دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه تهران)، نجمه توکلی (دانشجوی دکتری مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه تهران)، میثم امامیان (دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه تهران)، شایان محمددینی (دانشجوی کارشناسی مهندسی ماشین‌های صنایع غذایی دانشگاه تهران) و مهرداد بابایی (دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم، گرایش فناوری پس از برداشت، دانشگاه تهران)

همکاران این شماره: دکتر روزبه عباس‌زاده (عضو هیئت علمی و معاون پارک علم و فناوری سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران)، محمد حاج علی اوغلی (دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه ساپینزای رم)، سارا آموزگاری (دانش‌آموخته‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، مدرس مدعو دانشگاه لرستان)، محمد صادق رهبانی (دانشجوی کارشناسی مهندسی طبیعت، دانشگاه تهران)، پدram قیاسی (دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس)

طراحی و صفحه‌آرایی: المیرا دواتگر خرسند

ویراستاران علمی و ادبی: میثم امامیان، نجمه توکلی، عمار صالحی، محمد قوشچیان، علیرضا صبا، ناهید طاهرزاده،

با سپاس فراوان از حمایت‌های دکتر علی جعفری (مدیر گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تهران) و دکتر محمد علی زارع چاهوکی (مدیر کل فرهنگی و اجتماعی دانشگاه تهران)

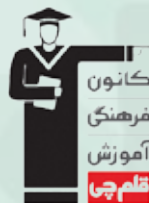
با تشکر ویژه از همکاری دکتر روزبه عباس‌زاده (عضو هیئت علمی و معاون پارک علم و فناوری سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران)

بر اساس مجوز شماره ۲۴۰۲۸۴۱ تاریخ ۱۳۹۸/۱۲/۲۰ با اعطای امتیاز نشریه حرفه‌ای به نشریه «صنعت سبز نوین» از سوی معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران موافقت شد. بر این اساس، «نشریه صنعت سبز نوین» یک نشریه علمی-ترویجی یک امتیازی محسوب می‌شود.

این نشریه با حمایت بنیاد علمی آموزشی قلم‌چی منتشر شده است.



بنیاد ملی پژوهش‌های علمی و فناوری



sanat.sabz.pub@gmail.com

<http://sanatsabzj.ut.ac>

SanatSabz_UT

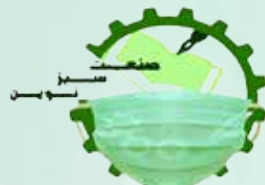
099037025739



پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
معاونت دانشجویی و فرهنگی
اداره امور فرهنگی و فوق برنامه



معاونت فرهنگی و اجتماعی
اداره کل فرهنگی و اجتماعی



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سختن آغازین

مصاحبه با دکتر
عباس زاده

۱

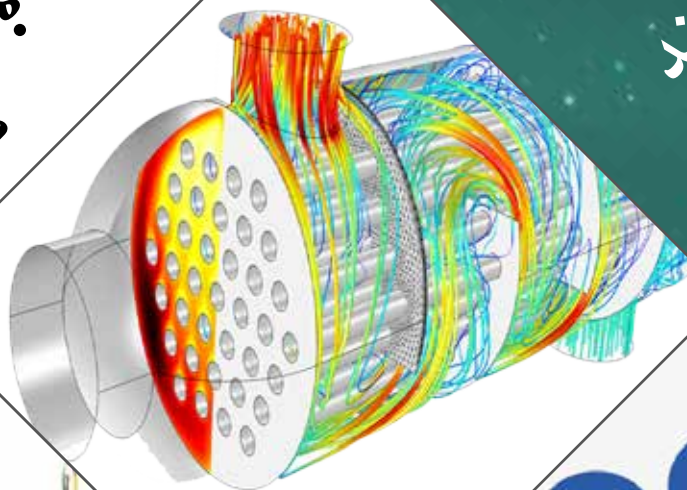
بررسی
نقش پهپاد در
کشاورزی دقیق
با رویکرد سنجش از دور

۱۶

مبدل‌های حرارتی متداول
برای گرمایش و سرمایش
محصولات غذایی

۴۴

معرفی نرم‌افزار
EDEM Simulation
۶۱



نشر هوشمند
توسعه پایدار
۲۶

EDEM
2020



۵۴

Introduction to 4D
printing technology
(part 2)



کاربرد اینترنت اشیا
در کشاورزی هوشمند
۳۱

امام علی (علیه السلام) فرمودند:

الْعِلْمُ سُلْطَانٌ، مَنْ وَجَدَهُ صَالِحًا بِهِ، وَمَنْ لَمْ يَجِدْهُ
صِلَ عَلَيْهِ

علم، اقتدار و قدرت است، هر کس آن را
بیابد، به وسیله آن غلبه پیدامی کند و هر کس آن
را نیابد، بر او غلبه پیدامی کند.



سخن آغازین

گزیده‌ای از بیانات مقام معظم رهبری در دیدار جمعی از نخبگان علمی کشور

رمز پیشرفت یک کشور، یعنی آن محور اصلی برای اقتدار یک کشور، پیشرفت همراه با اقتدار، علم است. آماج بسیاری از توطئه‌های امروزی که علیه جمهوری اسلامی هست، علم و اهل علم و دانشجویان علم و محیط علمی است؛ این را توجه داشته باشید. نگذارید این تیر طبق آن هدفگیری دشمن، به هدفی که آنها گرفته‌اند، اصابت کند. کار علمی را نگذارید متوقف بشود. از همه‌ی این حرف‌هایی که گفته شد، مهم‌تر، مسئله‌ی علم و تحقیق و پژوهش است. دنیای غرب ثروتش از ناحیه‌ی علم است، اقتدارش از ناحیه‌ی علم است، زورگوئی‌ای که امروز می‌کند، به خاطر علمی است که دارد. **پول فی نفسه اقتدار نمی‌آورد. آنی که اقتدار می‌آورد، دانش است.** امروز اگر آمریکا پیشرفتگی علمی خودش را نمی‌داشت، نمی‌توانست در دنیا اینجور زورگوئی بکند و در همه‌ی مسائل عالم دخالت بکند. **ثروت هم اگر به دست می‌آید، از ناحیه‌ی علم به دست می‌آید.** علم را اهمیت بدهید. این که من سال‌هاست روی مسئله‌ی علم، تحقیق، پژوهش، پیشرفت، نوآوری، شکستن مرزهای علمی موجود تکیه می‌کنم، به خاطر این است. **بدون انواع دانش، اقتدار کشور امکانپذیر نیست. دانش اقتدار می‌آورد.**

گیرم نطنز را بمباران کردند، کارخانه‌ی اصفهان را بمباران کردند، علم را چه جوری بمباران می‌کنند؟ علم را که نمی‌شود بمباران کرد. ببینید، **علم مصونیت می‌آورد، اقتدار می‌آورد.** مراقب باشید در دانشگاه شما، در کلاس شما، در مرکز تحقیقات شما، در کار پژوهشی شما، اختلال ایجاد نکنند. اگر دیدید دستی دارد اختلال ایجاد می‌کند، به آن دست بدبین بشوید. اقتدار شما را، آینده‌ی شما را هدف گرفته‌اند.

حالا من با شما جوان‌ها به‌خصوص، خیلی حرف دارم. یکی از کارها همین است؛ کسانی بیایند طعم نیاز بازارهای غربی را، مثلاً فرض کنید به تابلو نقاشی، به دست بیاورند، بعد بیایند اینجا، پشتیبانی مالی کنند و نقاش ما را به سمت تأمین آن نیاز سوق بدهند. عین همین قضیه در کار علمی ماست؛ **در مقاله‌ای است که در آی.اس.آی منتشر می‌شود؛ در موضوع تحقیقی است که شما در پژوهشگاه خودتان دنبال می‌کنید.** به تعبیر متأسفانه رائج فرهنگی امروز، اسپانسرها می‌آیند در بخش‌های مختلف، کمک‌های مالی، کمک‌های مادی، اعانه‌ها را می‌گذارند برای اینکه در آن جهت کار انجام بگیرد. به این توجه کنید. **استقلال علمی کشور یکی از لوازمش همین است: استقلال حرکت علمی، حرکت هنری و به طریق اولی، حرکت سیاسی.** بعضی از حرکات سیاسی هم از این قبیل است.



محمد قوشچیان



دانشجوی دکتری
مهندسی مکانیک بیوسیستم
دانشگاه تهران



mghoshchian@ut.ac.ir

مصاحبه با دکتر عباسزاده

✓ دانش آموخته‌ی رشته‌ی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
دانشگاه تهران
✓ عضو هیئت علمی پژوهشکده کشاورزی، مسئول بخش
اختراعات و معاون تجاری‌سازی و بازاریابی پارک علم و
فناوری سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران



در این گفتگو میزبان جناب آقای دکتر روزبه عباسزاده، دانش‌آموخته‌ی رشته‌ی مهندسی ماشین‌های کشاورزی هستیم. ایشان عضو هیئت علمی پژوهشکده کشاورزی، مسئول بخش اختراعات و همچنین معاون تجاری‌سازی و بازاریابی پارک علم و فناوری سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران هستند و هر سه مقطع تحصیلی خود، از کارشناسی تا دکتری را در دانشگاه تهران گذرانده‌اند. سخنان آقای دکتر عباسزاده، از آن جهت که از دانش‌آموختگان موفق رشته هستند و تجربیات بسیار خوبی در بخش‌های مختلف، مسئولیت‌ها و ارتباط با صنعت دارند؛ می‌تواند برای دانشجویان از دو جنبه مفید و راهنما باشد؛ اول اینکه پای صحبت‌های یکی از دانش‌آموختگان موفق رشته‌ی خود نشسته‌اند و می‌توانند آینده‌ی تحصیلی و شغلی خود را ترسیم کنند و دوم اینکه از راهنمایی‌های ایشان در حوزه فعالیت‌ها و مسئولیت‌هایی که به عهده دارند؛ استفاده کنند.



آقای دکتر پیشنهاد مصاحبه‌ی ما را با روی گشاده و با میل و رغبت پذیرفتند و در اولین فرصت ممکن، زمانی را در اختیار ما قرار دادند تا مصاحبه‌ای را در فضای مجازی با ایشان تدارک ببینیم. لینک دانلود فایل تصویری این مصاحبه نیز در همین مطلب درج و در کانال آپارات انجمن منتشر شده است.



همان‌طور که گفته شد؛ نمی‌توانیم خیلی عمیق شویم؛ ولی از طرف دیگر چون آشنایی با هر دو حیطه را داریم، می‌توانیم فرصت‌های جدیدی ایجاد کنیم.

- لطفاً در مورد اهداف و فعالیت‌های سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران و فعالیت‌های خودتان در این سازمان بفرمایید.

اوایل انقلاب سازمان پژوهش‌ها به مصوبه‌ی شورای انقلاب برای حمایت از پژوهشگران و صاحبان ایده تأسیس شد و در طی ۴۰ سال مأموریت‌های مختلفی برعهده گرفت.

در حال حاضر، هم بحث ایجاد و توسعه‌ی فناوری در کشور و هم یک سری فعالیت‌های حمایتی از پژوهشگران از جمله در قالب جشنواره‌ی خوارزمی، ارزیابی اختراعات و کارآموزی و موارد دیگر را بر عهده دارد.

در حوزه‌ی پژوهشی هم، پژوهشگاه فناوری‌های نوین با هفت پژوهشکده شامل: پژوهشکده‌ی کشاورزی، مکانیک، برق، فناوری اطلاعات، انرژی، مواد بیوتکنولوژی شیمی و مطالعات فناورانه فعالیت دارد. در پژوهشکده‌ی کشاورزی، سعی می‌کنیم در حوزه‌های مربوط به رشته‌ی مهندسی کشاورزی فعالیت کنیم. در سال‌های اخیر، وارد بحث پلاسمای سرد و الکترومغناطیس در کشاورزی و صنایع غذایی و به تازگی وارد بحث آیرودینامیک و هیدروپونیک کشاورزی در محیط‌های شهری و محیط‌های بسته و کشاورزی عمودی شده‌ام.

- لطفاً با توجه به اینکه سازمان پژوهش‌ها متولی اصلی جشنواره خوارزمی است؛ در مورد این جشنواره و روند آن نیز توضیح بفرمایید.

- با توجه به اینکه شما دانش‌آموخته‌ی رشته‌ی مهندسی مکانیک بیوسیستم (مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی سابق) هستید؛ به نظر شما چه ظرفیت‌هایی در این رشته برای فعالیت و اشتغال وجود دارد و در مسیر علمی و کاری چقدر رشته تحصیلی خود را مفید و کارآمد یافتید؟

یکی از اساتید در دوره‌ی کارشناسی جمله‌ی قشنگی می‌گفتند:



این رشته‌ها نیستند که شما را می‌سازند؛ این شما هستید که رشته‌ها را می‌سازید.



هر کس با توجه به علایق و توانمندی‌های خود می‌تواند مسیر خودش را پیدا کند. البته این مطلق نیست و خود رشته هم تأثیرگذار است. ماهیت رشته‌ی ما، بین رشته‌ای است. به قول اساتید و دانشجویان قدیمی، مثل یک اقیانوس کم عمق است که هم فرصت محسوب می‌شود و هم تهدید. به دلیل عمیق نشدن در مباحث علمی ناخوشایند است؛ ولی از طرف دیگر می‌توانیم ظرفیت‌های زیادی را تجربه کنیم. به عنوان مثال، آبی که حرکت می‌کند؛ راهش را پیدا می‌کند و ما هم راهنما را پیدا خواهیم کرد.

به طور کلی ظرفیت‌های زیادی در این رشته وجود دارد. عنوان تحقیقات را در کنفرانس‌ها و مجلات مشاهده می‌کنیم و طیف وسیع و گستره‌ای از موضوعات هست که دانشجویان می‌توانند وارد شوند.



به طور خلاصه، رشته‌ی ما یک بستری است که علوم و فناوری‌های مهندسی، چالش‌ها و نیازهای کشاورزی را به هم پیوند می‌دهد.



اختراع در واقع یعنی حفاظت از فکر فرد و اینکه مالکیت آن برای شخص بماند. ولی در کشور ما افراد زیادی فکر می‌کنند که یک امتیاز خاص هست و بیشتر افرادی که مراجعه می‌کنند؛ به دنبال برگه هستند و به دنبال اینکه از آن فکر بخواهند تولیدی داشته باشند و تجاری‌سازی کنند؛ نیستند.



پیشنهاد می‌کنم که هدف قاب کردن گواهی ثبت اختراع روی دیوار یا امتیاز هیئت علمی و دفاع کردن نداشته باشند و با هدف حفظ شدن مالکیت فکری و تجاری‌سازی آن را دنبال کنند.



برای ثبت اختراع باید به سامانه‌ی ثبت اختراع اداره‌ی قوه‌ی قضاییه مراجعه کنید که الان به‌صورت مجازی هست. پس از آن باید مراجعی را برای تأیید انتخاب کنید که یکی از آن‌ها سازمان پژوهش‌ها است. در مرحله‌ی اظهارنامه که شامل یک‌سری ادعا هست؛ هنوز کاری ثبت نشده است. طبق قانون برای یک اظهارنامه‌ای که ادعا مهم‌ترین بخش اختراع است؛ نوشتن آن باید با دقت انجام شود. برای اینکه ادعاهای شما به عنوان اختراع تأیید شود؛ سه شرط دارد:

۱- ایده‌ی جدیدی باشد. یعنی در دنیا اولین بار باشد.

۲- گام ابتکاری داشته باشد. یعنی برای کسی که در آن حوزه دانش متوسطی دارد، بدیهی نباشد.

۳- عملی و قابل ساخت باشد. یعنی هم از لحاظ پیاده شدن در صنعت عملی باشد و هم اعتبارسنجی اختراع را انجام دهد که مرجع اصلی آن، سازمان پژوهش‌ها است. یعنی اختراعی که ثبت شده‌است؛ شما می‌توانید در سامانه‌ی سازمان پژوهش ثبت کنید و با توجه به معیارهایی که وجود دارد؛ یک نمره بین صفر تا ده به آن اختصاص داده می‌شود

جشنواره‌ی خوارزمی تقریباً از دهه‌ی ۶۰ با هدف شناسایی و حمایت از نخبگان آغاز شده‌است. جشنواره‌ی خوارزمی دانش‌آموزی توسط وزارت آموزش و پرورش اداره می‌شود. جشنواره‌ی جوان و بین‌الملل نیز برای افراد زیر ۳۵ سال اعم از دانشجویان، اساتید جوان و هر کسی که صاحب فناوری است؛ توسط سازمان پژوهش‌ها برگزار می‌شود. جشنواره‌ی بین‌الملل یک طیف گسترده‌ای دارد که از خارج از کشور هم شرکت می‌کنند و شرایط خاص خود را دارد. در این دو جشنواره، چهار حالت طرح‌ها را بررسی می‌کنیم. اگر کسی در هر یک از موارد حرفی برای گفتن دارد؛ می‌تواند در جشنواره شرکت کند. در سال‌های اخیر، دانشجویان کشاورزی طرح‌های چندان قوی ارائه نمی‌دهند؛ درحالی‌که چه در دانشگاه و چه در صنعت موارد بهتری قابل عرضه وجود دارد. چهار حالت در جشنواره‌ی جوان و بین‌الملل شامل:

۱- طرح‌های بنیادی است که باید در لبه‌های دانش حرکت کند و مهم‌ترین معیار آن مقالات هست.

۲- طرح‌های ابتکاری که در اصل کار نوآورانه و اختراع شده باشد و مراجع مربوط به اختراع نیز تأیید کرده باشند.

۳- طرح‌های کاربردی که باید به کاربرد رسیده و عملکردش مورد تأیید باشد؛ در حد نیمه صنعتی وارد بازار شده باشد و حداقل یک یا دو مورد از آن به فروش رفته باشد.

۴- طرح‌های توسعه‌ای باید به کاربرد رسیده، تأییدیه‌ها را داشته و به فروش و تولید انبوه رسیده باشد. در رشته‌ی خودمان نیز چند مورد در جشنواره‌ی جوان بوده که از طرح دفاع کرده‌ام و برنده‌ی طرح شدند.

- لطفاً در مورد روند ثبت اختراع در سازمان توضیح بفرمایید و اگر راهنمایی به مخترعین و علاقه‌مندان به این حوزه دارید بیان بفرمایید.



و یک گواهی برای دفاع دانشجو و یا ارتقای هیئت علمی دانشگاه‌ها داده می‌شود.

– لطفاً با توجه به اشاره‌ای که فرمودید؛ در مورد فرصت‌های کارآموزی سازمان نیز توضیح بفرمایید. با توجه به اینکه بنده کارآموزی دوره کارشناسی خودم را نیز در خدمت شما بودم و بسیار فرصت مغتنمی بود و بسیار استفاده کردم.

بله ما خاطره بسیار خوبی از شما داریم و شما یکی از بهترین کارآموزان و در حال حاضر نیز از بهترین دوستان ما هستید. در زیرمجموعه‌ی معاونتی که مسئولیت آن با من هست؛ سامانه‌ای تحت عنوان «سامانه‌ی ملی کارآموزی» زیر نظر پارک علم و فناوری وجود دارد. هدف اصلی آن ایجاد بستری برای تسهیل فرآیند کارآموزی، یعنی ارتباط ایجاد کردن بین صنایعی که ظرفیت‌های خود را در سامانه ثبت کنند و از طرف دیگر بین دانشگاه است تا دانشجویها ثبت‌نام کنند و از این ظرفیت‌ها استفاده کنند. حدود بیش از دو هزار دانشگاه عضو سامانه‌ی ما هستند و صنایع خیلی زیادی ظرفیت‌های خود را اعمال می‌کنند.

پیشنهاد می‌کنم برای کسب تجربه‌های خوب، کارآموزی را جدی بگیرند.

چون هم فضای کاری را می‌توانند تجربه کنند و هم موارد تخصصی مرتبط با رشته را می‌توانند یاد بگیرند. همچنین این سامانه می‌تواند بستر مناسبی برای همه باشد.

– در داخل خود سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران چه ظرفیت‌هایی برای کارآموزی وجود دارد؟

بستگی به نوع همکاری دارد. من از وقتی که هیئت علمی شدم؛ هر سال از رشته‌ی خودمان با همکاری مسئول آموزش گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، آقای مهندس کریمی کارآموز می‌گیرم (همین الان نیز سه دانشجو در آزمایشگاه مشغول به کار هستند).

وزارت جهاد کشاورزی یک طرح کارآموزی دانشجویان کشاورزی را با استفاده از سامانه‌ی ما در حال پیاده‌سازی است که دانشجویان کشاورزی در جاهای مختلف بتوانند از این ظرفیت‌ها استفاده کنند.

– آیا شما در دانشگاه عضو انجمن‌های علمی دانشجویی یا دیگر تشکلهای دانشجویی بودید؟ به نظر شما نقش انجمن‌های علمی دانشجویی در تقویت و تحقق اهداف آموزشی و پژوهشی دانشگاه و تربیت نیروی انسانی متخصص و توانمند چیست و آیا توصیه می‌کنید دانشجویان به این فعالیت‌ها مشغول شوند؟

بله من عضو انجمن علمی، هیئت مدیره‌ی آن و تقریباً «می‌توانم بگویم که جزو هیئت مؤسس انجمن علمی گروه ماشین‌های کشاورزی در سال ۱۳۸۰ بودم.»

چون ما نیاز داریم به اینکه مهارت تعامل و مهارت کار تیمی را یاد بگیریم. انجمن یک فرصت خوبی است که کنار هم این را تمرین کنیم که چه‌گونه نظرات مختلف را بشنویم، چه‌گونه یک فعالیتی را به‌شکل تیمی پیش ببریم و در مجموع به‌نظرم فعالیت خوبی می‌تواند باشد. پیشنهاد می‌کنم که کارهای پژوهشی دسته‌جمعی را انجام دهیم.



بله حتماً پیشنهاد می‌کنم؛

اگر بتوانیم بودجه‌ی آن را نیز جذب کنیم؛ خیلی خوب است که باهم انجام بدهیم. چه‌بسا که مقدمه‌ای باشد تا بعداً کارهای دیگر را با هم انجام دهیم.

- به نظر شما چه فرصت‌های همکاری بین سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران و انجمن‌های علمی دانشجویی قابل تعریف است؟ با توجه به این که یکی از کارکردهای اصلی انجمن نیز همکاری با مراکز مختلف علمی و صنعتی است.

بحث ارتباط مهم است. شما می‌توانید بازدیدهایی را شکل بدهید که دانشجویها از نزدیک، محیط‌های مختلف و دستگاه‌ها را ببینند. همچنین از اعضای هیئت علمی سازمان یا جاهای دیگر دعوت کنید که اطلاعاتشان را به اشتراک بگذارند. همین‌طور شرایط کارآموزی را تسهیل کنند و برای پایان‌نامه‌های دانشجویان، انجمن بیاید و موضوعات اعضای هیئت علمی را که می‌تواند با آن پایان‌نامه کار شود را منتقل کند و یا در پارک علم و فناوری شرکت‌های دانش‌بنیانی هستند که انجمن علمی می‌تواند از ظرفیت آن‌ها برای کارآموزی، پایان‌نامه و برای اشتغال استفاده کند و این ارتباط را برقرار کند.

- با توجه به سابقه‌ی فعالیت شما در هیئت مدیره‌ی انجمن علمی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران که انجمن علمی اساتید رشته است؛ لزوم همکاری انجمن‌های علمی اساتید و انجمن‌های علمی دانشجویی را به چه صورت می‌بینید و به نظر شما چه همکاری‌ها و مزایایی وجود دارد؟

به نظر من هر دو انجمن به هم نیاز دارند و هر دو می‌توانند برای هم مفید باشند. انجمن دانشجویی می‌تواند در اصل شاخه‌ی جوانان و یا شاخه‌ی دانشجویی انجمن علمی سراسر کشور باشد و یک سری فعالیت‌ها را برعهده بگیرد. چون اعضای انجمن اساتید، اکثراً مشغولیت‌هایی دارند و شاید نتوانند وارد حیطه‌های زیادی بشوند. از طرف دیگر آن اعضا به واسطه‌ی تجربه و ارتباطاتشان می‌توانند بسترهایی را برای اعضای انجمن ایجاد کنند و به جاهای مختلف آن‌ها را معرفی کنند یا یک سری موارد را برای آن‌ها تسهیل کنند. به نظر من خوب است که این ارتباط دوطرفه باشد و هر کدام ببینند که چه کمکی به طرف مقابل می‌توانند بکنند.

با توجه به ماهیت سازمان، ارتباط صنعت و دانشگاه و به‌طور کل فعالیت‌ها و پژوهش‌های علمی را شما چه‌طور ارزیابی می‌فرمایید؟ آیا واقعاً صاحبان صنایع مایل به استفاده از تحقیقات دانشگاه هستند؟ به نظر شما این ارتباط ضعیف دانشگاه و صنعت که در خیلی

این بحث خیلی مفصل است و در این زمان محدود نمی‌گنجد. «بله ارتباط خوبی بین صنعت و دانشگاه وجود ندارد و دو دنیای مختلف هستند. مثلاً شما بخواهید آهن چوب را به هم جوش بدهید، خیلی با هم تفاوت دارند و دغدغه‌های آن‌ها، حال‌وهوا و همین تفاوت دنیای آن‌ها، تفاوت اهداف و تفاوت نگاه، باعث می‌شود که به هم نزدیک نشوند. آیین‌نامه‌ها، اعضای هیئت علمی را به سمت کارهایی که مرز دانش هست سوق داده‌است. درحالی که صنعت درگیر نیازهای فعلی جامعه است. موضوع پایان‌نامه‌های رشته خودمان را نگاه بکنید،



از موارد می‌بینیم؛ ناشی از چیست؟

شاید خیلی مباحث نوینی در دنیا باشند؛ در حالی که شما بین کشاورزها می‌بینید که چقدر نیازهای ابتدایی و اولیه‌ی آنها هنوز برطرف نشده است و اگر به دانشجو و یا استاد بگویید که روی این موضوع کار کنید؛ می‌گویند که مقاله‌ای از آن استخراج نمی‌شود و نوآوری ندارد.» به نظر من این خلاء باید به کمک دولت و حاکمیت پر شود و این دو مورد را تسهیل کند؛ یعنی هم آیین‌نامه و امتیازها و هم بودجه‌ای که باید گذاشته شود. چراکه صنعت یک محصول حاضر و آماده می‌خواهد؛ در حالی که پژوهش به این معنی هست که شما در یک مشکلی، یک راه حلی را حدس بزنید و اسم آن را فرضیه و آن فرضیه را به آزمون می‌گذارید. ممکن است آن فرضیه قبول شود و یا رد شود. اما صنعت نمی‌آید برای صحیح و خطای شما هزینه کند. پس



و اساتید و دانشجویان باید خودشان را به سمت نیازهای کاربردی سوق بدهند. همچنین همه چیز نباید امتیازات مادی باشد و حس خوبی که شما می‌توانید از رفع مشکل یک نفر پیدا کنید و باعث بشوید اشتغال ایجاد شود را نیز نباید فراموش کنید.



این خلاء باید پر شود

- با عنایت به تجربیات شما و ارتباط با مراکز مختلف و صنعت؛ لطفاً اگر نکته‌ای را لازم می‌دانید که دانشجویان رشته‌های مهندسی مکانیک بیوسیستم، مهندسی مکانیزاسیون و مهندسی ماشین‌های صنایع غذایی باید در طول تحصیل خود مدنظر قرار دهند؛ بفرمایید.

پیشنهاد برادرانه‌ی من این است که اول خودشان را بشناسند؛ توانمندی‌ها و علایقشان را بشناسند یکی از راه‌حل‌های این شناختن نیز که چه‌طور می‌تواند حاصل شود؛ این است که وقتی شما می‌خواهید یک هندوانه را بشناسید؛ یک ضربه به آن می‌زنید و پاسخ آن را با گوش خود می‌شنوید و براساس آن ضربه و آن پاسخ در مورد شیرین بودن



ما باید خودمان را در موقعیت‌های مختلف قرار دهیم؛ یعنی تحریک را به خودمان اعمال کنیم و با توجه به پاسخی که می‌بینیم؛ می‌فهمیم که ما چقدر به این موضوع علاقه داریم یا این موضوع جزو توانمندی و استعدادهای ما نیست. همچنین سعی کنند که از وقت خود خوب استفاده کنند. در مجامع مختلف و اماکن مختلف با افراد مختلف، برخی مسائل را تجربه کنند. به مرور شاید جرقه‌هایی بزند و مسیر خود را پیدا کنند.



آن قضاوت می‌کنید.

همان‌طور که گفتم، این رشته مثل اقیانوس هست. ان‌شاءالله بتوانند آن قسمتی را که بهتر می‌توانند کار کنند؛ پیدا کنند. البته من این را نفی نمی‌کنم که اگر کسی خواست از رشته انصراف بدهد و در یک حوزه‌ی دیگر فعالیت کند. این نیز اشکالی ندارد؛ «ولی خود فرد و نگاه فرد مهم‌تر است تا این که رشته‌ی فرد چه باشد.»

- در انتها لطفاً اگر نکته‌ای باقیمانده است که در سوالات مطرح نشد ولی برای مخاطبین ما مفید می‌دانید؛ بفرمایید. مخصوصاً در مورد پارک علم و فناوری با توجه به مسئولیت جدید شما.





استارت‌آپی را تشکیل دهند.

این فضای پارک‌ها فرصت خوبی است برای شروع. به‌خصوص آن‌هایی که برای شروع می‌خواهند اقدام کنند، باید از مراکز رشد شروع کنند. مراکز رشد، یک سری زیرمجموعه‌ی پارک‌ها هستند و یک سری نیز مستقل هستند. هدف آن‌ها این است که کمک کنند تا فرد رشد پیدا کند و برای آن یک سری تسهیلات و فضای کاری با اجاره‌ی خیلی کم ایجاد کنند و یا یک فردی را به‌عنوان منتور یا مرشد راهنمایی کنند و حتی کمک‌های بلاعوض نیز به آن‌ها می‌کنند.

شتاب‌دهنده‌ها کمک می‌کنند تا ایده‌ی خود را رشد بدهند و بتوانند تیم تشکیل دهند. برای شروع کسب‌وکار، می‌تواند سرمایه‌ی زیادی نخواهد و احتمال ریسک و ضرر آن نیز پایین باشد و این پارک‌ها فرصت‌های خوبی باشند.

با توجه به این که چند ماهی بیشتر نیست که این مسئولیت را پذیرفته‌ام؛ ولی با این فضای اکوسیستم نوآوری پارک‌ها و مراکز رشد آشنا شدم؛ این نیز زمینه‌ی خوبی برای دانشجویان می‌تواند باشد. در ابتدا یکی از اصلی‌ترین اهداف پارک‌ها این بود که سرریز پژوهش‌های دانشگاه‌ها باشد. یعنی اینکه آن پژوهشی که در پارک انجام شده‌است به یک فناوری یا یک محصول تبدیل شود. درحال حاضر آن چیزی که در ایران وجود دارد این است که پارک‌ها یک بستری هستند که شرکت‌ها یا کسب‌وکارهای کوچک و متوسط یا واحدهای تحقیق و توسعه‌ی شرکت‌های بزرگ می‌توانند مستقر شوند و از یک سری خدمات یا تسهیلات استفاده کنند. همچنین یک فضای خیلی خوبی هست برای کسانی که ایده‌ای دارند؛ دوست دارند که کار آفرین باشند؛ یک محصول یا خدمتی را توسعه دهند و یا



بررسی نقش پهپاد در کشاورزی دقیق با رویکرد سنجش از دور

مهرداد بابایی



دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم،
گرایش فناوری پس از برداشت، دانشگاه تهران



babaei_hs@ut.ac.ir





چکیده

روش‌های کشاورزی نوین به سرعت در حال تکامل است و یکی از فناوری‌های شگفت‌آور و نوظهور، استفاده از پهپادها در کشاورزی دقیق است. پهپادهای کشاورزی وسایل پرنده بدون سرنشینی هستند که قادرند با هزینه پایین و در هر زمان، اطلاعات محصولات را جمع‌آوری نمایند و یا در امور سم‌پاشی و کاشت به کار گرفته شوند. در این مطالعه، با هدف معرفی پتانسیل کاربردی پهپادها در کشاورزی، نقش پهپادها در کشاورزی دقیق با رویکرد سنجش از دور مورد بررسی قرار گرفته است. پهپادها امکان تصویربرداری با وضوح بالا و تصویربرداری زنده را روی زمین‌های کشاورزی فراهم می‌کنند و به کشاورزان کمک می‌کنند با صرف زمان و هزینه کمتر، اطلاعات مورد نیاز خود را کسب نمایند و اقدامات لازم را انجام دهند.



دقیق شامل مجموعه اقداماتی از قبیل آبیاری، کوددهی، بذریاشی، سمپاشی و علف‌کشی در زمان و مکان مناسب است که موجب افزایش بهره‌وری و سودآوری محصولات کشاورزی می‌شود (صیدی‌پور و همکاران، ۱۳۹۷).

هدف کشاورزی دقیق، جمع‌آوری اطلاعات و تجزیه و تحلیل آن‌ها بر روی خاک، وضعیت محصول و مزرعه است. کشاورزان می‌توانند به‌وسیله سیستم کشاورزی دقیق، تغییرات و مشکلات داخل مزارع را شناسایی نموده و سپس در جهت رفع مشکلات و افزایش بهره‌وری گام بردارند (غلامرضا و صادقیان، ۱۳۹۵).

امروزه با پیشرفت فناوری، اتوماسیون امور در صنعت کشاورزی نیز در حال رشد است. استفاده از روش‌ها و تکنیک‌های جدید، علاوه بر کاهش هزینه‌های تولید و افزایش بهره‌وری، به حفظ منابع طبیعی نیز کمک می‌کند. از جمله فناوری‌های کاربردی در کشاورزی که می‌تواند به‌طور وسیع در همه مراحل کاشت، داشت و برداشت به کار گرفته‌شود، رویکرد سنجش از راه دور است. در سال‌های اخیر، استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مطالعات کشاورزی و تهیه نقشه‌های موضوعی گسترش فراوانی پیدا کرده است. پیش‌بینی میزان محصول، تعیین وضعیت مزرعه، مشخص کردن مناطق آلوده به علف‌های هرز، بیماری‌ها و کمبودهای غذایی و تعیین سطح نورخواست رنگ‌دانه‌ها (ایجاد و تشکیل مواد آلی در گیاهان به کمک روشنایی) از جمله کاربردهای سنجش از دور در پیشبرد کشاورزی دقیق می‌باشند (غلامرضا و صادقیان، ۱۳۹۵).

اگرچه امروزه تمام علوم در حال توسعه روزافزون هستند ولی هنوز تأمین غذای بشر یکی از دغدغه‌های اصلی سردمداران جهان است. متأسفانه آمار تولیدات محصولات کشاورزی رابطه‌ای معکوس با ازدیاد جمعیت در دنیا دارد. بالا بودن هزینه‌های تولید و کمبود محصولات کشاورزی و مواد غذایی بسیار نگران‌کننده است. هشدارهای پی‌درپی سازمان خواربار جهانی^۱ (FAO) در سال‌های اخیر نیز این مطلب را تصدیق می‌کند (فرشاد و فرزانه، ۱۳۹۶).

نیاز به غذا و امنیت غذایی و اهمیت آن‌ها از چالش‌های عصر حاضر و آینده هستند که صنعت کشاورزی را به سمت افزایش عملکرد در واحد سطح سوق داده‌اند. از طرفی کمبود آب و تلاش برای حفظ محیط زیست و منابع انرژی، متخصصان علوم کشاورزی را بر آن داشته تا با ایجاد شیوه‌های نوین، به دنبال کاهش مصرف نهاده‌ها و افزایش عملکرد و در نهایت بالا بردن بازده اقتصادی باشند. برای دستیابی به این اهداف کشاورزی دقیق^۲ برای کاربرد ابزار و ماشین‌ها در عملیات کشاورزی پا به عرصه نهاده است (مخلص آبادی فراهانی و همکاران، ۱۳۹۲).

کشاورزی دقیق یک اصل مدیریتی و یک فناوری است که به آن کشاورزی خاص مکانی نیز می‌گویند. این روش مناطق کوچک در مزرعه را مدیریت می‌کند؛ تغییرات را در مزرعه تشخیص داده و کوشش دارد میزان نهاده‌ها و انواع آن‌ها را با نیازهای واقعی محصولاتی که در مناطق کوچک‌تر زمین قرار دارند، تطبیق دهد (بردبار و حسینی، ۱۳۸۹). کشاورزی

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations
2. Precision Agriculture





پهپادها

هواپیمای بدون سرنشین به اشیای پرنده‌ای هدایت‌پذیر از راه دور^۳ (RPV) گفته می‌شود. هواپیماهای بدون سرنشین در ایران به «پهپاد» شهرت دارند که از حروف اول «پرنده هدایت‌پذیر از راه دور» گرفته شده است. پرنده‌های بدون سرنشین هدایت‌پذیر از راه دور که امروزه در بسیاری از علوم به کار گرفته شده‌اند، چندسالی است وارد علوم نقشه‌برداری و کشاورزی نیز شده‌اند (غلامرضا و صادقیان، ۱۳۹۵).

اجزای اصلی یک پهپاد عبارتند از: بدنه، موتور و محموله. بدنه یک پهپاد باید علاوه بر دارا بودن شرایط مناسب آیرودینامیکی، طوری طراحی شود که بتواند سامانه‌های ارتباطی، جنگ‌افزارها، اشخاص و محموله‌ها و کلیه لوازم مرتبط با مأموریت محوله‌اش

را در خود جای دهد و همچنین با شرایط جوی منطقه مأموریت سازگار باشد. پهپادها نیاز به نوع خاصی از موتورها دارند. منظور از محموله‌های پهپاد در واقع تجهیزات و اجزای اضافی است که همراه پرنده برای انجام مأموریت خاصی فرستاده می‌شود. (رئیزی، ۱۳۹۵).

پهپادهای امروزی می‌توانند امکانات فناوری تصویربرداری هوایی و ماهواره‌ای را با قیمتی بسیار ارزان‌تر و با وضوح و کیفیتی بسیار بالاتر برای مصارف مختلف فراهم کنند، به گونه‌ای که در اکثر کشورهای پیشرفته به یک ابزار بسیار مفید، ارزان‌قیمت، سریع، کم‌خطر و کارآمد تبدیل شده‌اند (نصیری اردکانی و همکاران، ۱۳۹۲).



پهپادها در صنعت کشاورزی

معمولاً دارای چهار موتور (کوادکوپتر) یا شش موتور (هگزاکوپتر) و یا هشت موتور (اکتاکوپتر) هستند.

بال ثابت^۵:

این نوع پهپاد شبیه به یک هواپیما است. مشکل آن، عدم شناور بودن در آسمان و کنترل سخت است، اما قادر به پوشش مناطق و فاصله‌های زیاد می‌باشد. پهپادهای بال ثابت دارای طراحی ساده‌تر هستند و به همین دلیل کم‌تر نیاز به تعمیر و نگهداری دارند و همچنین دارای خاصیت آیرودینامیکی بهتری نسبت به مولتی‌روتورها هستند، بنابراین می‌توانند سریع‌تر و طولانی‌مدت پرواز کنند.

علاوه بر این، آن‌ها می‌توانند بارهای سنگین‌تر را با استفاده از قدرت کم‌تر حمل کنند. برخواستن و فرود این نوع پهپادها کمی پیچیده است. به طور کلی برای مزارع و باغ‌های کوچک استفاده از مولتی‌روتورها و برای مزارع و باغ‌های بزرگ پهپادهای بال ثابت توصیه می‌شود (توکلی، ۱۳۹۷).

در دهه گذشته، توسعه هواپیماهای بدون سرنشین و در ابعاد کوچک، معروف به پهپاد^۴ (UAV)، یک راه‌حل جدید برای مدیریت و نظارت بر محصولات زراعی ارائه داده که قادر به تهیه به‌موقع تصاویر با وضوح بالا است، به خصوص در مواقعی که نیاز به نظارت بر منطقه کوچکی باشد (اونال و توپاکچی، ۲۰۱۵).

پهپادهای کشاورزی انواع مختلفی دارند. معمولاً پهپادهای بال ثابت و مولتی‌روتورها در کشاورزی کاربرد دارند و هر کدام از این دو نوع پهپاد دارای مزایا و محدودیت‌های خاص خود هستند.

مولتی‌روتورها:

این نوع پهپادها قادر به حفظ موقعیت پایدار هستند و کنترل آن‌ها آسان است، اما از جنبه استقامت محدودیت دارند. پهپادهای مولتی‌روتور از یک بدنه اصلی و چندین موتور ساخته شده‌اند که

4. Unmanned Aerial Vehicle

5. Fixed wing



پرواز در ارتفاع پایین و مانورپذیری بسیار بالای پهپادها به خصوص نمونه‌های عمودپرواز باعث می‌گردد تصاویری که آن‌ها از سطح زمین برداشت می‌کنند، وضوح بسیار بالایی داشته و این میزان از توان تفکیک، امکان ثبت پدیده‌های متنوعی از جمله تشخیص آفات و علف‌های هرز، تعیین سطح زیر کشت محصولات مختلف، پایش اراضی و جلوگیری از تخریب آن‌ها و ارزیابی خسارات به مزارع و باغات در سوانح غیرمترقبه را در فرایند آنالیز تصاویر به‌وجود می‌آورد (توکلی، ۱۳۹۷).

از گذشته تا به امروز پهپادهای گوناگون برای مصارف مختلف در کشاورزی به کار گرفته شده‌اند که از جمله می‌توان به پهپاد غیرنظامی شرکت یاماها که برای استفاده در برنامه‌های کاربردی کشاورزی مانند کنترل آفات و حشرات در شالیزارهای برنج، سویا و گندم طراحی شد. اولین سیستم سم‌پاشی هوایی با کنترل از راه دور^۶ (RCASS) و به دنبال آن بالگرد R۵۰ با ظرفیت حمل بار ۲۰ کیلوگرم و یک سیستم لیزری برای تعیین ارتفاع می‌باشد. همچنین می‌توان به بالگردهای شرکت خدمات بالگرد یانمار، اوساکای ژاپن برای ساخت بالگردهای KG-AYH۳,۱۳۵ و YH۳۰۰ برای سم‌پاشی آفت‌کش‌ها بر روی مزارع محصول با ظرفیت حمل بار تا ۲۲/۷ کیلوگرم و سقف پروازی ۱۵۰۰ متر و نیز مداومت پرواز پنج ساعت اشاره کرد (غلامرضا و صادقیان، ۱۳۹۵).

استفاده از پهپادها برای تصویربرداری از مزارع و نواحی کوچک تا متوسط بسیار مناسب بوده و به‌طور کلی می‌تواند در موارد زیر مورد استفاده قرار گیرد:

(۱) برای تشخیص تنش و بیماری در گیاهان و نمایی از خسارت ناشی از آفات گیاهی

(۲) تصاویر خاک‌های بدون پوشش اگر در زمان مناسب برداشت شود، برای تشخیص نوع خاک کارساز می‌باشد.

(۳) عکس‌های هوایی پیوسته و چندلایه می‌تواند برای تشخیص مسائل و مشکلات آبیاری و زهکشی مورد استفاده قرار گیرد.

(۴) برای بعضی از محصولات، این امکان وجود دارد تا با تهیه عکس‌هایی با وضوح بالا و پردازش آن‌ها، تخمین خوبی از میزان تولید و ارزیابی عملکرد داشته باشیم (ریاضی و همکاران، ۱۳۹۳).

استفاناکیس^۷ در سال ۲۰۱۳ برای پرورش محصولات متنوع جهت تعیین شاخص‌های رشد، توسعه، محصول‌دهی و هم‌چنین فراهم کردن اطلاعات جامع، یک بستر هوایی سنجش از راه دور کامل خودکار ساخت. سیستم هوایی بدون سرنشین حامل سنسورها و دوربین‌هایی بود که در منطقه موردنظر پرواز و داده‌های برنامه‌ریزی شده را به صورت آنی جمع‌آوری و ارسال می‌کرد. داده‌های جمع‌آوری شده عبارت بودند از پوشش زمین، موقعیت جغرافیایی، داده‌های آب و هوایی، داده‌های ژئومورفولوژیکی، قسمت‌های تصحیح شده و داده‌های کیفی، پوشش زیست‌توده و سایر پارامترهایی که از طریق روال‌های محاسباتی GIS (سیستم اطلاعات جغرافیایی) به سامانه معرفی شده‌اند. تصویر پهپاد ساخته شده در تصویر بعد نشان داده شده است. این پهپاد توسعه‌یافته به عنوان بستر سنجش از دور برای کشاورزی دقیق مورد آزمایش قرار گرفته است. پهپاد حین پرواز بر فراز منطقه مورد مطالعه، اطلاعاتی از زمین‌های زراعی، میزان تولید محصول و زیست توده فعلی را جمع‌آوری می‌کند. گیاهان تحت فشار و مناطق کم‌آب یا فاقد خاک حاصلخیز را به صورت زنده از طریق فرآیندهای محاسباتی مشخص می‌کند (اونال و توپاکچی، ۲۰۱۵).

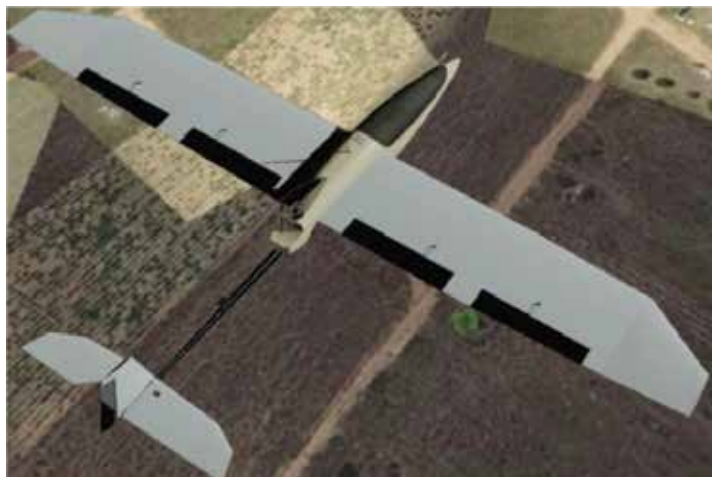


منابع و مآخذ

- اونال، ایلکر و توپاکچی، محمد (۲۰۱۵). مروی بر موارد استفاده از هواپیمای بدون سرنشین در کشاورزی دقیق، دانشگاه آکدنیز، دانشکده فنی و حرفه‌ای علوم فنی، گروه ماشین آلات کشاورزی، دانشکده کشاورزی، آنتالیا - ترکیه.

- بردبار، مرضیه و حسینی، سیدمحمود (۱۳۸۹). بررسی مناسب بودن استفاده از فناوری کشاورزی دقیق در استان فارس از دیدگاه کارشناسان کشاورزی، مجله پژوهش‌های ترویج و آموزش کشاورزی، سال سوم، شماره ۲، صص ۱۰-۱.

- توکلی، حمید (۱۳۹۷). نقش پهپادها در کشاورزی، کنفرانس ملی فناوری‌ها و کاربردهای نوین ژئوماتیک، دانشگاه تبریز، تبریز.



طی گزارشی که از سوی انجمن بین‌المللی وسایل نقلیه بدون سرنشین منتشر شده، پیش‌بینی می‌شود که قانونی شدن هواپیماهای بدون سرنشین تجاری در سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ بیش از ۷۰ میلیارد یورو رشد اقتصادی (هم‌چون درآمد و ایجاد شغل) ایجاد خواهد کرد و کشاورزی دقیق سهم بالایی را در این رشد اقتصادی خواهد داشت (فرشاد و فرزانه، ۱۳۹۶).

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیقات انجام شده که در این مطالعه بررسی شده‌اند نشان‌دهنده توانایی پرنده‌های بدون سرنشین (پهپادها) در گردآوری داده‌های لازم در خصوص آبیاری، کوددهی، بذرپاشی، سمپاشی، علف‌کشی، ارزیابی و ... جهت استفاده در کشاورزی دقیق می‌باشند. پهپادهای کشاورزی ظرفیت بی‌نظیری برای تجزیه و تحلیل داده‌ها در اختیار کشاورزان قرار می‌دهند.

نیاز به نیروی انسانی کمتر، افزایش سرعت عمل، افزایش دقت، افزایش بازدهی، صرفه‌جویی در هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری و عملکرد، صرفه‌جویی در مصرف آب، افزایش امنیت غذایی و نداشتن تاثیرات زیست محیطی همگی از مزیت‌های استفاده از پهپادهای کشاورزی هستند.



- ریاضی، قدرت‌الله؛ شیردره، ایمان و ریاضی، علیرضا (۱۳۹۳). نقش پرنده‌های بدون سرنشین مجهز به حسگرهای سنجش از دور در کشاورزی دقیق، اولین همایش ملی فناوری‌های نوین برداشت و پس از برداشت محصولات کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد مقدس.
- رئیسی، الناز (۱۳۹۵). گذری بر تاریخ پهلپاده‌ها، فصلنامه علمی فرهنگی انجمن علمی هوافضا، شماره ۱، صص ۵-۶.
- صیدی‌پور، عرفان، صمدزادگان، فرهاد، دادرش جوان، فرزانه و عسکری، امید (۱۳۹۷). تشخیص بیماری زوال مرکبات با استفاده از سامانه بدون سرنشین هوایی مجهز به دوربین چندطیفی، نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، سال ششم، شماره ۳، صص ۳۱-۴۹.
- غلامرضا، علی و صادق‌یان، سعید (۱۳۹۵). بررسی نقش پهلپاد در کشاورزی دقیق با رویکرد سنجش از دور، کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و منظر شهری، ترکیه - دانشگاه استانبول، دبیرخانه دائمی همایش، دانشگاه استانبول.
- فرشاد، عباس و فرزانه، علی (۱۳۹۶). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آنها در منابع طبیعی، کشاورزی و محیط زیست، انجمن آبخیزداری ایران، چاپ دوم.
- مخلص آبادی فراهانی، مرتضی؛ سواری، مسلم و مطیعی، ناصر (۱۳۹۲). کشاورزی دقیق، چشم انداز نوین در کشاورزی جهان، اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، تهران، موسسه آموزش عالی مهر اروند، گروه ترویجی دوستداران محیط زیست و و انجمن حمایت از طبیعت ایران.
- نصیری اردکانی، فاطمه؛ گلزاریان، محمودرضا و آق خانی، محمد حسین (۱۳۹۲). مروری بر روش‌های غیرتماسی مبتنی بر تصویر به منظور ارزیابی و تخمین محصولات کشاورزی، هشتمین کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی (بیوسیستم) و مکانیزاسیون، دانشگاه فردوسی مشهد.



شهر هوشمند و توسعه پایدار

سارا آموزگاری



دانش آموخته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، مدرس مدعو دانشگاه لرستان.



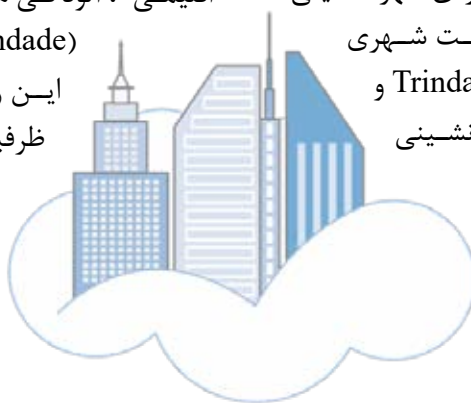
Sara.amouzegar@gmail.com



توسعه شهرنشینی تا قبل از انقلاب صنعتی، روندی منطقی و متعادل داشته است؛ اما با رشد تکنولوژی و پیشرفت علوم، این تعادل با چالش مواجه شده است. به طوری که امروزه شهرها به صورت مداوم در بطن خود با تنش‌ها و مسائل تازه و مشکلات متعدد و درهم‌تنیده، روبه‌رو هستند. تراکم جمعیت و مهاجرت شدید به سمت فرصت‌های موجود در شهر از یک سو و مصرف بی‌رویه انرژی و تخریب منابع محیطی به منظور ارتقاء سطح رفاه از سوی دیگر، باعث ناپایداری در مراکز شهری شده است، لذا برنامه‌ریزان شهری و سایر متخصصان در سطح کلان و مقیاس جهانی تلاش می‌کنند تا با نگاهی یک سو به همه‌ی زوایای شهرنشینی و به منظور برآورده ساختن توقعات و درخواست‌های جدید شهر و شهروند امروز، مدل‌هایی را برای رشد کیفی شهرهای قرن ۲۱ ارائه دهند. هدف این نگارش توصیفی، آشنایی با تعاریف و مفاهیم نظری شهر هوشمند، توسعه پایدار، چالش‌های پیش روی شهر هوشمند و ارائه نمونه‌های موردی موفق در اجرای شهر هوشمند و اشتراک آن با علاقمندان به مطالعه‌ی این حوزه می‌باشد.

واژگان کلیدی: توسعه پایدار^۱، شهر هوشمند^۲، محیط زیست، فناوری

انسان ذاتاً موجودی اجتماعی است و میل سیری‌ناپذیر به افزایش رفاه و بالابردن سطح امکانات زندگی دارد. هر چند پرورش این میل، سال‌ها و قرن‌ها و به تدریج شکل گرفت، اما اکنون به جایی رسیده که طغیان نموده و در موارد بسیاری غیر قابل کنترل شده است (Trindade و همکاران، ۲۰۱۷). پاسخ‌گویی به این میل، به قیمت فرسایش و تخریب ذخایر تجدیدنپذیر کره زمین صورت گرفته است که برای انسان امروز، منجر به دریافت برچسب خودکامگی و امانت‌دار نبودن از سوی آیندگان شده است (Shcherbina و Gorbenkova، ۲۰۱۸). هزاره سوم میلادی هزاره‌ی شهرنشینی است، زیرا برای نخستین بار جمعیت شهری دنیا از مرز ۵۰ درصد می‌گذرد (Trindade و همکاران، ۲۰۱۷). اندازه و سرعت شهرنشینی معاصر به حدی شتابان است که تمام دولت‌ها را به تکاپو واداشته است. رشد شهرنشینی با شروع هزاره‌ی سوم که عصر حاکمیت فناوری اطلاعات در زمینه‌های مختلف حیات شهری به شمار می‌رود، روند پر شتاب‌تری از گذشته به خود گرفته است (Colldahl و همکاران، ۲۰۱۳)، به گونه‌ای که پیش‌بینی شده، میزان شهرنشینی در سال ۲۰۵۰ به بیش از ۷۰ درصد جمعیت جهان افزایش خواهد یافت (UN، ۲۰۰۸). بنابراین روند، شهری شدن زود هنگام جهان واقعیتی گریزناپذیر است (Shcherbina و Gorbenkova، ۲۰۱۸). قرن ۲۱، قرن شهرها است. شهر به عنوان مکانی برای تمرکز سرمایه‌های فیزیکی و انسانی، نقش محوری در اقتصاد دولت‌ها دارد (Ahvenniemi و همکاران، ۲۰۱۷). ۸۰ درصد تولید ناخالص جهانی مربوط به شهرهاست و پیش‌بینی شده تا سال ۲۰۵۰، تقریباً



۶۰۰ شهر از بزرگ‌ترین شهرهای جهان، ۶۰ درصد از تولید داخلی جهان را تولید کنند (Dobbs و همکاران، ۲۰۱۱). اما شهرنشینی علی‌رغم دستاوردهای بزرگ برای بشر، مسائل و مشکلاتی را با خود همراه داشته که با وجود پیشرفت‌های عظیم علمی و فنی، حل بسیاری از این مشکلات با ناکامی همراه بوده است (Colldahl و همکاران، ۲۰۱۳). در حال حاضر، شهرها ۷۵ درصد از انرژی جهانی را مصرف و حجم زیادی ضایعات تولید می‌کنند (Ferraro، ۲۰۱۳). هفتاد درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای که نشأت گرفته از شهرهاست سهمی اساسی در تشدید تغییرات اقلیمی^۱، آلودگی هوا و اضمحلال محیط زیست دارند (Trindade و همکاران، ۲۰۱۷). از طرفی این رشد شتابان شهرها متناسب با ظرفیت گسترش زیرساخت‌هایشان نیست و فشار فزاینده‌ای به زیرساخت‌های شهری تحمیل می‌کند. بنابراین، همواره آن‌ها از پیامدهای نامطلوب رنج می‌برند (Basiri و همکاران، ۲۰۱۷). این وضعیت در کشورهای در حال توسعه و از جمله ایران که با فشارهای فزاینده‌ای برای ارائه‌ی بیشتر و بهتر خدمات پایه به جمعیت در حال رشد مواجه‌اند؛ بغرنج‌تر است (پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۷). بعد از جنگ جهانی دوم تلاش کشورهای صنعتی برای افزایش استانداردهای زندگی از یک سو و تلاش کشورهای در حال توسعه برای تأمین نیازهای اساسی توسعه از دیگر سو با نیاز بیشتر به مواد خام و انرژی و به‌طور کلی فشار بیشتر بر منابع طبیعی همراه بود. این روند کره‌خاکی را با تهدیدات عمده‌ای مواجه ساخت و برنامه‌ریزان، سیاست‌مداران و حکومت‌ها را بر آن داشت که به دنبال کاهش پیامدهای فعالیت‌های



شهر هوشمند

یکی از عناوین تازه‌ای که در حوزه‌ی برنامه‌ریزی شهری با محوریت مقابله با تنش‌ها و چالش‌های شهری و به‌عنوان مدار تحول و توسعه‌ی شهری و طرح مفاهیم نو ورود نموده و اتفاقاً مدت زیادی از شروع عمر آن نمی‌گذرد؛ کلیدواژه‌ی «شهر هوشمند» است (Colldahl و همکاران، ۲۰۱۳) که اخیراً به‌دلیل ادغام توانمندی‌های جهان حقیقی و مجازی، جهت حل مسائل شهری با نگاه به توسعه‌ی پایدار، در کانون تمرکز و توجه خاص متخصصین امر قرار گرفته‌است (Basiri و همکاران، ۲۰۱۷). البته ضمن تلاش اکثر جوامع شهرنشین پیشرفته برای یکی‌شدن با مصداق شهر هوشمند و دستیابی به شاخص‌های استاندارد تشکیل آن و با وجود ارائه مفاهیم گسترده در مورد شهرهوشمند (Ahvenniemi و همکاران، ۲۰۱۷؛ Deakin، ۲۰۱۳)، تا کنون شفافیت آراء و اجماع واحدی در این باره لحاظ نشده و محققان حوزه‌های مختلف علمی، هر کدام مفهوم متفاوت و مجزایی را عنوان نموده‌اند (Trindade و همکاران، ۲۰۱۷).

انسانی باشند. از دهه ۱۹۹۰، توسعه‌ی اینترنت و فناوری‌های ارتباطی، منجر به پیدایش یک سبک زندگی خاص با هدف ایجاد فضاهای ارتباطی و تبادل اطلاعات توسط جوامع در سطح محلی یا منطقه‌ای شده‌است (Shcherbina و Gorbenkova، ۲۰۱۸). اینترنت و رشد سریع ارتباطات، امکان ذخیره‌ی انرژی و صرفه‌جویی در مصرف منابع را برای انسان فراهم کرده‌است. هم‌اکنون برنامه‌ریزان شهری و سایر متخصصان در سطح کلان و مقیاس جهانی تلاش می‌کنند تا با نگاهی یک سو به همه‌ی زوایای شهرنشینی و به‌منظور برآورده‌ساختن توقعات و درخواست‌های جدید شهر و شهروند امروز، مدل‌هایی را برای رشد کیفی شهرهای قرن ۲۱ ارائه دهند که هم‌سو با توسعه‌ی پایدار باشد. شهرنشینی شتابان، نگرانی‌های زیست محیطی، انگیزه‌های اقتصادی، تغییرات جمعیتی و پیشرفت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات، از جمله ضرورت‌های مطرح شده جهت سوق به‌سوی شهر هوشمند هستند (Basiri و همکاران، ۲۰۱۷).



تعدادی از صاحب‌نظران، کاربست و اجرای فناوری‌های هوشمند را به‌تنهایی مهم‌ترین جزء شهر هوشمند می‌دانند اما برخی دیگر معتقدند که باید در کنار عنصر فناوری‌های هوشمند، به شرایط جغرافیایی، سیاست و سطح فناوری منطقه نیز اهمیت داد. یعنی نمی‌توان یک نسخه واحد را برای مکان‌های مختلف شهری رونویسی نمود.



اصطلاح شهر هوشمند و ریشه‌ی آن را باید از جنبش رشد هوشمند که در اواخر دهه‌ی ۱۹۸۰ و اوایل ۱۹۹۰ به وجود آمد و از سیاست‌های جدید برنامه‌ریزی شهری حمایت می‌کرد؛ پیگیری نمود (Harrison و Donnelly، ۲۰۱۲). اصطلاحات مشابهی همچون: جامعه هوشمند، شهر دیجیتالی، شهر باهوش، شهر الکترونیک، شهر فراگیر، شهر مجازی، شهر اطلاعاتی، شهر خلاق، شهر یادگیری، شهر دانش، جوامع بی‌سیم، جوامع شبکه‌ای و نوآوری شهری، همه مفاهیمی هستند که همگام و هم‌معنی با شهر هوشمند در جهان به کار می‌روند (Basiri و همکاران، ۲۰۱۷؛ Deakin، ۲۰۱۳). به‌طور کلی شهر هوشمند را می‌توان این‌گونه تعریف کرد: شهری پایدار و کارآمد با کیفیت بالای زندگی که هدف آن مقابله با چالش‌های شهری از طریق استفاده از فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی بین ذی‌نفعان و سهام‌داران کلیدی (شهروندان، دانشگاه‌ها، دولت و صنعت) و سرمایه‌گذاری در سرمایه‌های اجتماعی است (Mosannenzadeh و Vettorato، ۲۰۱۴). اکثریت قریب به اتفاق، عنوان «شهر هوشمند» را به‌عنوان کاربردها و فناوری‌هایی تعریف می‌کنند که سه ویژگی زیر را برآورده می‌کنند:

(الف) گروه هدف شهرها و جوامع هستند.

(ب) روش زندگی و کار در منطقه بهبود یافته است.

(ج) از فناوری اطلاعات و ارتباطات استفاده می‌شود (Stübinger و Schneider، ۲۰۲۰).

البته باید رقابت‌پذیری و عدم توان یکسان شهرها، عدم توان مالی شهرها، بافت پیچیده و نیاز به همراهی سیاست حاکم، امکان شکست در سرمایه‌گذاری‌ها، پیشرفت آهسته‌ی پروژه‌ها، اشتباه در تکرار یکسان فناوری، قدیمی‌بودن زیرساخت‌های شهر هوشمند، اختلافات اجتماعی، مسائل و مشکلات مربوط به حفظ حریم خصوصی و گردآوری اطلاعات شخصی شهروندان، فقدان کارکنان آموزش دیده و ضرورت به‌روز رسانی مکرر، دسترسی نابرابر به فناوری اطلاعات و... را به‌عنوان چالش‌های پیش‌روی

شهر هوشمند شناخت (Trindade و همکاران، ۲۰۱۷). شاید بتوان گفت یکی از مفیدترین کارهای شهر هوشمند، کمک به سالمندان و افراد کم‌توان برای انجام امور روزانه‌شان است (صفایی‌پور و همکاران، ۱۳۹۵). عدم نیاز به مراجعه حضوری برای مداوا و انجام کارهای اداری، یکی از مصادیق این کمک‌هاست (حاتمی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۴).

مفهوم توسعه‌ی پایدار به‌طور گسترده‌ای به کار می‌رود اما به‌ندرت تعریف روشنی از آن ارائه شده است (Trindade و همکاران، ۲۰۱۷). این اصطلاح برای اولین بار در سال ۱۹۸۰ توسط اتحادیه‌ی حفاظت جهان^۱ در نشریه «راهبرد حفاظت جهان» منتشر شد و در سال ۱۹۸۷ با انتشار «آینده مشترک ما» توسط کمیسیون جهانی، وارد عرصه‌ی سیاسی شد. به‌طور کلی، توسعه پایدار به‌دنبال حفاظت از منابع طبیعی و استفاده‌ی منطقی و درست از این منابع است. تمام تصمیم‌گیری‌های خرد و کلان در همه‌ی سطوح محلی، منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی باید منطبق بر توسعه پایدار تنظیم و اجرا شوند. گزارش «برانت لندن»، توسعه پایدار را بدین شرح تعریف می‌نماید: «توسعه‌ای که نیازهای نسل حاضر را بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای تأمین نیازهای خود برآورده می‌سازد» (صرافی، ۱۳۹۳).



توسعه پایدار به‌ویژه در ساختن شهرها، اهمیت بسیار دارد؛ چرا که منابع طبیعی بسیاری برای شهرسازی و مدیریت شهری لازم است که اگر این مدیریت و ساخت‌وساز، به‌گونه‌ای سازگار با طبیعت انجام نگیرد؛ منابع طبیعی و محیط‌زیست و طبعاً زندگی انسان در معرض تخریب و نابودی قرار می‌گیرند.





am smart erdam
city

نمونه‌های شهر هوشمند

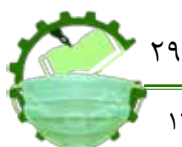
است. حدود ۹۰ درصد از خانوارهای این شهر مالک دوچرخه هستند، شهری که از سیستم پیشرفته خدمات خودکار برای خدمات عمومی و دوچرخه‌های همگانی بهره می‌برد.

براساس برنامه‌ریزی‌های صورت گرفته تا سال ۲۰۲۵، تردد خودروهای دیزلی و بنزینی در این شهر ممنوع خواهد شد؛ اتفاقی که آمستردام را به تنها شهر اروپایی با آلاینده‌گی صفر تبدیل خواهد کرد. این شهر در رتبه‌بندی هوشمندترین شهرهای جهان، در سطوح جهانی و منطقه‌ای، به ترتیب در رتبه‌های سه و دو جای دارد. به عبارتی این شهر عملکردی فراتر از سطح کل دارد و در حوزه‌های اقتصاد، تکنولوژی، نفوذ بین‌المللی و جابه‌جایی و حمل‌ونقل از پیشگامان است.

سرمایه‌ی انسانی، همبستگی اجتماعی، اقتصاد، حکمرانی، محیط‌زیست، حمل و نقل و جابه‌جایی، برنامه‌ریزی شهری، نفوذ بین‌المللی و تکنولوژی شاخص‌های مورد ارزیابی برای انتخاب شهر هوشمند هستند. ده شهر اول جهان در لیست «شهرهای هوشمند ۲۰۱۹» با اعلام رتبه هر یک از آنها در حوزه‌های سنجش کیفیت زندگی، معرفی شدند:

آمستردام:

پایتخت هلند، بزرگ‌ترین شهر و مرکز مالی و فرهنگی اصلی این کشور است. مجموعه‌ای از تکنولوژی‌های مالی، کارآیی انرژی و وضعیت فرهنگی، آمستردام را به یکی از قدرت‌های مهم اروپا تبدیل کرده





Barcelona Smart City

بارسلونا:

دوم شهر برتر اسپانیا در رتبه‌بندی هوشمندترین شهرهای جهان است که در رده‌بندی کلی، در جایگاه ۲۸ ایستاده است. این شهر تقریباً در تمام حوزه‌ها عملکردی مطلوب دارد: در حکمرانی، برنامه‌ریزی شهری، نفوذ بین‌المللی، تکنولوژی و جابه‌جایی و حمل‌ونقل، نام بارسلونا در ۳۰ رتبه‌ی برتر به چشم می‌خورد. این شهر به‌خاطر جمعیت بالای طراحان صنعتی، استفاده‌ی گسترده از تلفن‌های هوشمند و استفاده کلان از داده‌ها برای مدیریت ترافیک شناخته شده‌است و در میان ۲۵ شهر برتر تکنولوژیکی جهان حضور دارد.

لندن:

پایتخت و پرجمعیت‌ترین شهر انگلیس است و بزرگ‌ترین منطقه‌ی شهری این کشور را داراست. لندن به‌عنوان بهترین شهر جهان در جایگاه اول رتبه‌بندی امسال قرار گرفته است. تقریباً در تمام حوزه‌ها این شهر موقعیتی برتر دارد: رتبه نخست در حوزه‌های «سرمایه انسانی» و «نفوذ بین‌المللی» و جزو ۱۰ شهر برتر در حوزه‌های زیر است: جابه‌جایی و حمل‌ونقل، حکمرانی، تکنولوژی و برنامه‌ریزی شهری. بدترین عملکرد این شهر مربوط به حوزه همبستگی اجتماعی است که در رده ۴۵ ایستاده است.



LONDON





مادرید:

پایتخت و پرجمعیت‌ترین شهر اسپانیا است که در رتبه‌بندی هوشمندترین شهرهای جهان است. این شهر در حوزه‌های جابه‌جایی و حمل‌ونقل (رده ۹) و نفوذ بین‌المللی (رده ۱۷) عملکرد مطلوب دارد. مدیران این شهر تعهد خود را به توسعه‌ی شهری نشان داده‌اند. راه‌اندازی پلتفرم «مادرید هوشمند» این امکان را فراهم ساخته‌است تا شهروندان با استفاده از تلفن‌های همراه خود هر مشکل مدیریتی و اشکال در خدمات عمومی را به شورای شهر گزارش دهند. مدیران این شهر همچنین پلتفرم تحت‌عنوان «تصمیمات مادرید» راه‌اندازی کرده‌اند که بر مبنای مشارکت شهروندان به دموکراسی مستقیم مدیریت شهری کمک می‌کند.



NEW YORK



نیویورک:

یکی از بزرگ‌ترین و پرجمعیت‌ترین نواحی شهری در جهان و پس از مکزیکوسیتی، بالاترین تراکم جمعیتی را در آمریکای شمالی دارد. هرچند در رتبه‌بندی امسال، این شهر جایگاه نخست را به لندن داده است؛ اما همچنان در حوزه اقتصاد پیشتازی می‌کند. نیویورک مهم‌ترین مرکز اقتصادی جهان است و بالاترین تولید ناخالص داخلی شهری را در جهان داراست. این شهر که لقب «سیب بزرگ» به آن داده شده است، علاوه بر رتبه نخست «اقتصاد»، در حوزه‌های سرمایه‌انسانی (رتبه ۳)، برنامه‌ریزی شهری (رتبه ۲)، نفوذ بین‌المللی (رتبه ۸)، تکنولوژی (رتبه ۱۱)، و جابه‌جایی و حمل‌ونقل (رتبه ۵) نیز عملکردی مطلوب دارد.





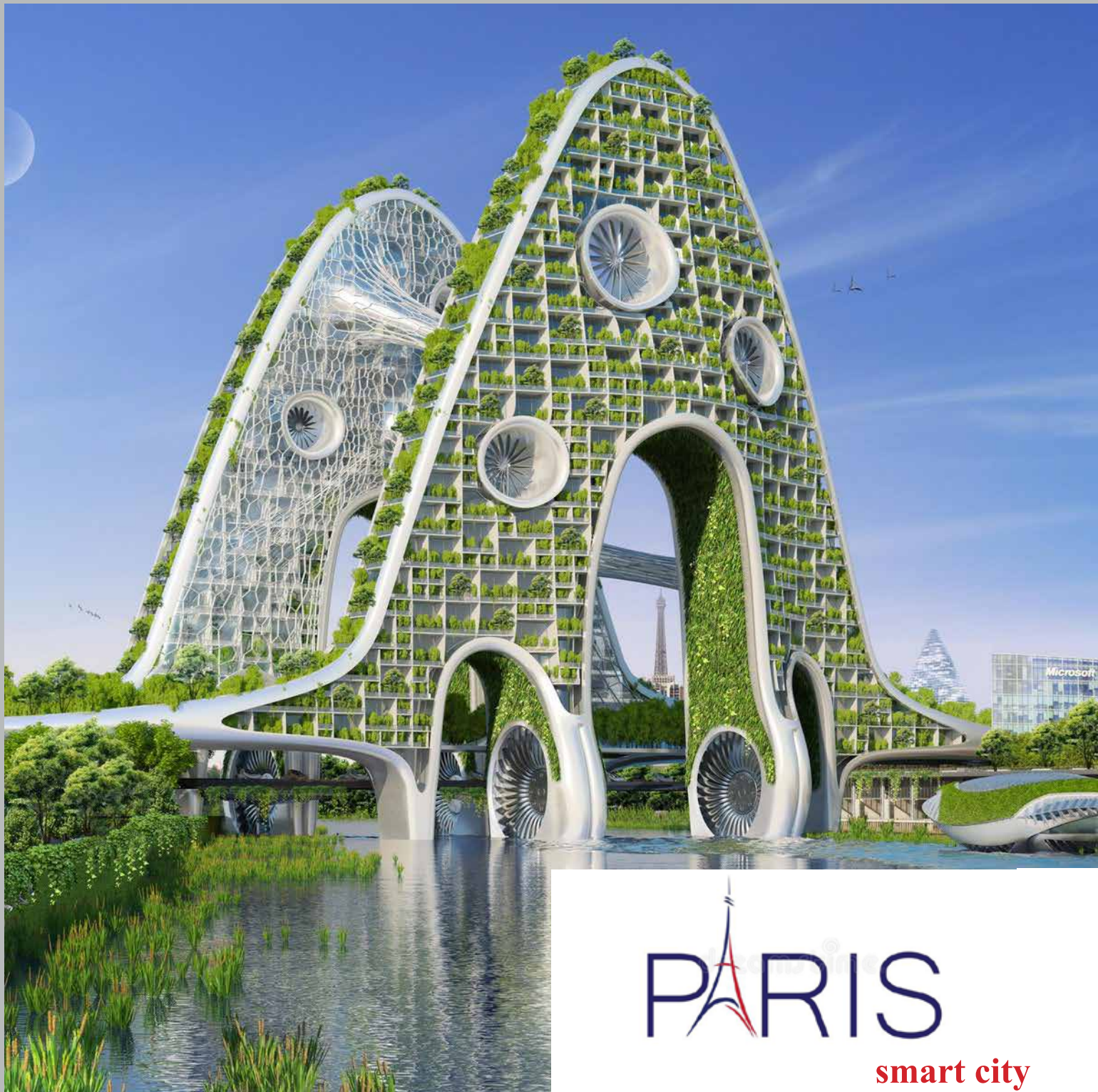
اسلو:

این شهر اسکاندیناوی در رتبه‌بندی کلی هوشمندترین شهرهای جهان در رده ۱۴، و در حوزه محیط‌زیست در جایگاه هشتم ایستاده است. در سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۸، این شهر بیشترین پیشرفت را در شاخص هوشمندترین شهرهای جهان داشت. تحولی که البته با توجه به برنامه‌ریزی مدیران شهری برای تبدیل اسلو به شهری هوشمند، سبز، نوآور و فراگیر برای همه، غافل‌گیرکننده نبود.

تست اتوبوس‌های الکتریکی، ساخت سایت‌هایی با انتشار آلاینده صفر، بازسازی ساختمان‌های موجود با هدف ارتقای سیستم مدیریت زباله و انرژی سبز از طریق فرآیند بازیافت، از محدود پروژه‌های اجرایی در این شهر هستند.

تمام خدمات مربوط به شهروندان این شهر، دیجیتالی شده یا خواهند شد.





PARIS

smart city

پاریس:

چراغ‌ها» لقب گرفته، تلاش می‌کنند با رونق استفاده از دوچرخه، خودروهای الکتریکی و پلتفرم اطلاعاتی در دسترس همه، حمل‌ونقلی پاک برای شهر به ارمغان آورند (اقتصادنیوز، ۲۰۱۹).

پایتخت فرانسه مهم‌ترین مرکز مالی اروپا است که شعبه‌ی اصلی نیمه‌ی از غول‌های اقتصادی فرانسه و ۲۰ شرکت از ۱۰۰ شرکت بزرگ دنیا در این شهر قرار دارد. مدیران این شهر که به اصطلاح «شهر



۳۵

نشریه علمی‌ترویجی صنعت سبز نوین، دوره پنجم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۹

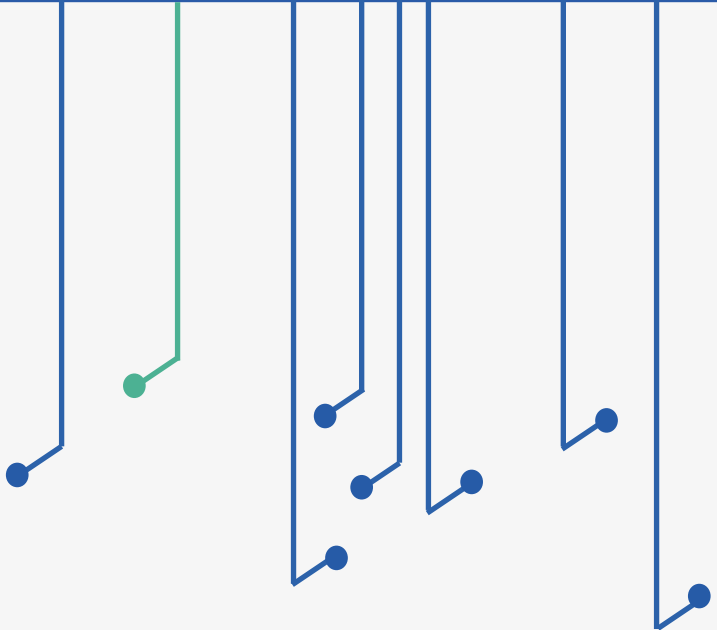
برای اجرای پروژه‌های شهر هوشمند باید مختصات خاص هر مکان و نیز ویژگی‌های شهروندان ساکن در آن را به صورت جداگانه بررسی و چارچوبی متناسب با آن طراحی و اجرا نمود، آنچه مسلم است، نمی‌توان یک دستور کلی را برای کاربست آن تجویز نمود اما ارتقاء کیفیت زندگی و دستیابی به توسعه پایدار باید هدف کلی ایجاد شهر هوشمند در هر مکانی باشد.

شهر هوشمند به عنوان گامی ضروری در جهت اجرای توسعه‌ی پایدار، ضمن حفاظت از محیط زیست، خدمات زیادی به شهروندان ساکن ارائه می‌دهد. به عنوان مثال از مقدار مراجعات اداری و رفت و آمدهای خودرویی می‌کاهد؛ بنابراین سبب کاهش ترافیک و آلودگی‌های ناشی از آن و سالم ماندن هوای پاک و حفظ محیط زیست پایدار و به تبع آن، استفاده کمتر از ذخایر انرژی و نیز حفظ سلامت شهروندان می‌شود.

به طور خاص در کشورهای در حال توسعه مثل کشور ایران که تصمیم گیران کلانش رویای توسعه دارند، برای دستیابی به توسعه‌ی پایدار باید مفهوم شهر هوشمند مورد نظر قرار بگیرد. این مهم نیازمند وحدت نظر و تلاش همگانی و یکدست در سطوح مختلف مقامات شهری و بافت اجتماعی شهروندان است. شهر هوشمند یک مفهوم کلی و راهکاری جهت رفع و یا دست کم تقلیل چالش‌های زندگی شهری و استفاده از فناوری‌های نوین و کارآمد است. با توجه به تفاوت‌های موجود در بین شهروندان و نیز توانمندی‌های هر شهر،



۱. پوراحمد، ا. و زیاری، ک. و حاتمی نژاد، ح. و پارسا پناه آبادی، ش. ۱۳۹۷. مفهوم و ویژگی‌های شهر هوشمند. باغ نظر، ۱۵ (۵۸)، ۲۶-۵.
۲. حاتمی نژاد، حسین و دیگران. ۱۳۹۴. سیاست‌های فضایی در برنامه‌ریزی شهری. تهران: انتشارات پاپلی.
۳. صفایی‌پور مسعود، آموزگاری سارا، بافقی‌زاده محمد (۱۳۹۵): سنجش وارزش‌یابی پارک‌های منطقه ۴ اهواز با رویکرد بهبود وضع موجود برای کودکان، سالمندان و معلولان، فصل‌نامه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری چشم انداز زاگرس، ۸ (۳۰)، pp. ۱۸۵-۲۰۶.
۴. صراف‌ی، مظفر و توکلی نیا، جمیله و محمدیان مصمم، حسن؛ ۱۳۹۳. اندیشه‌های نو در برنامه‌ریزی شهری؛ موسسه انتشارات قدیانی.
5. Ahvenniemi, H., Huovila, A., Pinto-Seppä, I. and Airaksinen, M., 2017. What are the differences between sustainable and smart cities? *Cities*, 60, pp.234-245.
6. Basiri, M., Azim, A.Z. and Farrokhi, M., 2017. Smart city solution for sustainable urban development. *European Journal of Sustainable Development*, 6(1), pp.71-71.
7. Colldahl, C., Frey, S. and Kelemen, J.E., 2013. Smart cities: Strategic sustainable development for an urban world.
8. Deakin, M. ed., 2013. Smart cities: governing, modelling and analysing the transition. Routledge.
9. Dobbs, R., Smit, S., Remes, J., Manyika, J., Roxburgh, C. and Restrepo, A., 2011. Urban world: Mapping the economic power of cities. McKinsey Global Institute, 62.
10. Ferraro S. (2013). Smart Cities, Analysis of a Strategic Plan. (Master thesis).
11. Harrison C and Donnelly, I.A. (2012). A Theory of Smart Cities. Retrieved from IBM Cor.
12. <https://www.eghtesadnews.com>. 2019
13. Johannes Stübinger *and Lucas Schneider, Department of Statistics and Econometrics, University of Erlangen-Nürnberg, Lange Gasse 20, 90403 Nürnberg, Germany; 2020.
14. Mosannenzadeh, F. Vettorato, D. (2014). Defining Smart City: A conceptual framework based on key word analysis. *Journal of Land Use, Mobility and Environment*. ISSN 1970-9889, e- ISSN 1970-9870.
15. Shcherbina, E. and Gorbenkova, E., 2018, June. Smart city technologies for sustainable rural development. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 365, No. 2, p. 022039). IOP Publishing.
16. Trindade, E.P., Hinnig M.P.F., Moreira da Costa, E., Marques, J.S., Bastos, R.C. and Yigitcanlar, T., 2017. Sustainable development of smart cities: A systematic review of the literature. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 3(3), p.11
17. UN, United Nation. (2008). World Urbanization Prospects: The 2007 Revision Population Database. Available from: <http://esa.un.org/unup>



کاربرد اینترنت اشیاء در کشاورزی هوشمند

(قسمت دوم)



محمد صادق رهبانی



دانشجوی کارشناسی مهندسی طبیعت، دانشگاه تهران



sadeghrohban@gmail.com





چکیده

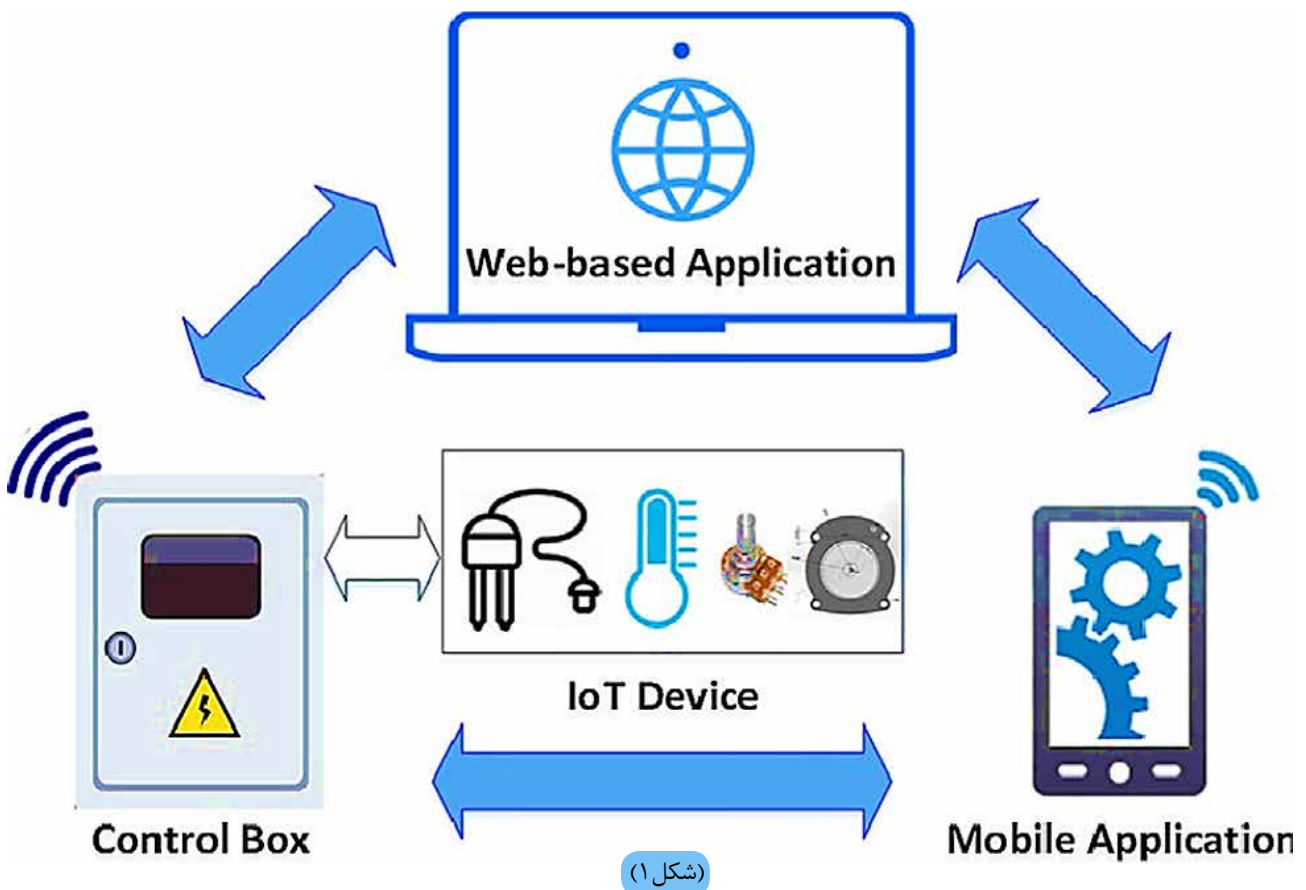
با پیشرفت فناوری در سال‌های اخیر و ورود اینترنت به متن زندگی انسان، بسیاری از زمینه‌های مختلف فعالیت‌های انسانی همچون صنعت و کشاورزی تحت تأثیر این فناوری‌ها قرار گرفته‌اند. از جمله این فناوری‌های دیجیتال می‌توان به اینترنت اشیاء اشاره کرد. با توجه به کاربردی که اینترنت اشیاء در امور مختلف از خود نشان داده است، می‌توان دریافت که ظرفیت بهره‌گیری در زمینه‌های مختلفی همچون کشاورزی، دامداری و صنعت را دارا است. در این تحقیق، به کاربرد اینترنت اشیاء در کشاورزی و همچنین بررسی یک سیستم آبیاری بهینه می‌پردازیم. در اصل سیستمی مبتنی بر استفاده از اینترنت اشیاء در آبیاری پیشنهاد و بررسی می‌شود که می‌تواند آبیاری محصولات کشاورزی را به صورت هوشمند انجام داده و باعث کاهش هدررفت آب شود؛ همچنین به بررسی و جمع‌آوری داده‌های مختلفی همچون رطوبت خاک و دما اقدام می‌کند که با استفاده از این داده‌ها می‌توان در مسیر کشاورزی پایدار گام برداشت. این کار با هدف طراحی و توسعه یک سیستم کنترل‌کننده با استفاده از سنسورها در مزارع کشاورزی به همراه مدیریت داده از طریق تلفن همراه و یک برنامه تحت وب انجام شده است. این سیستم در چند مزرعه‌ی کشاورزی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اجرای این سیستم در کشاورزی، مفید و سودمند است. میزان رطوبت خاک به‌طور مناسب برای رشد محصولات کشاورزی، کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری کشاورزی حفظ شد. به‌علاوه، این روش کشاورزی را از طریق نوآوری دیجیتال هدایت می‌کند.



طراحی و بررسی اجمالی سیستم

با مراجعه به شکل ۱، اولین جزء به صورت جعبه کنترل طراحی شده است. این جعبه کنترل برای کنترل دستگاه‌های اینترنت اشیا و به‌دست‌آوردن داده‌ها از محصولات طراحی شد.

این کار با هدف طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های دارای حسگر در زمینه مدیریت داده‌ها با استفاده از یک تلفن همراه هوشمند با بهره‌گیری از برنامه تحت وب است.



محصول کشاورزی مشاهده کند. این داده‌ها برای پیش‌بینی نیاز آبی محصولات کشاورزی در آینده مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهند گرفت. جزء نهایی توسط کشاورز روی تلفن همراه هوشمند استفاده شد. برنامه موبایل برای کنترل آبیاری پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها طراحی شده است. این برنامه تلفن همراه دو حالت را فراهم کرده است، به

دومین جزء مورد بحث، برنامه تحت وب است. این مؤلفه شامل مدیریت اطلاعات در زمان واقعی از دستگاه‌های اینترنت اشیا در هر روستا است. این برنامه تحت وب به یک کاربر اجازه می‌دهد تا شرایط آب مورد نیاز هر محصول را تغییر دهد. علاوه بر این، کاربر می‌تواند جزئیات اطلاعات دستگاه‌های اینترنت اشیا را برای مدیریت هر نوع



پیاده‌سازی (اجرا)

سیستم پیشنهادی با سه قسمت یعنی جعبه کنترل، برنامه تحت وب و برنامه تلفن همراه اجرا می‌شود.

جعبه کنترل، دستگاه‌های الکترونیکی را در جعبه ضد آب نگه می‌دارد. جعبه کنترل می‌تواند در هر مکانی از مزرعه یا نزدیک مزرعه نصب شود؛ همچنین شامل سنسورهای رطوبت خاک، شیر برق، سنسور DHT22 و حسگر اولتراسونیک است.

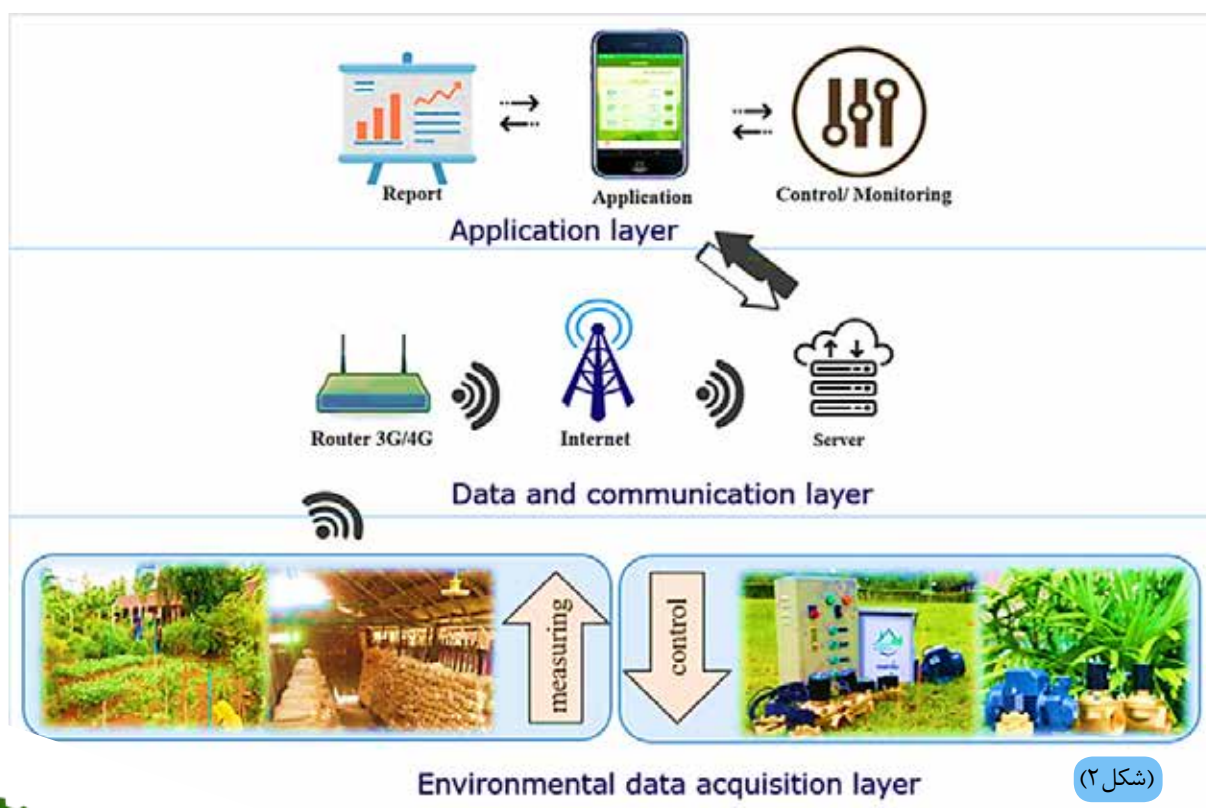
جعبه کنترل در این تحقیق، اینترنت اشیا را به سنسورهای رطوبت خاک برای اندازه‌گیری رطوبت خاک محصولات و کنترل اتوماتیک روشن و خاموش کردن آب‌پاش‌ها مرتبط می‌کند.

از شیر برق، برای کنترل جریان آب با عملکرد خاموش و روشن استفاده می‌شود. برای کنترل رطوبت مزرعه از سنسور DHT22 استفاده شده است. برای اندازه‌گیری سطح آب در مرغداری نیز از حسگر اولتراسونیک استفاده می‌شود.

طوری که کشاورزان می‌توانند آبیاری را به صورت دستی کنترل کنند یا سیستم پیشنهادی می‌تواند به طور خودکار آبیاری را بر اساس اطلاعات اینترنت اشیا روشن یا خاموش کند.

در شکل ۲، سازوکارهای رسمی موجود در سیستم پیشنهادی به همراه طراحی سیستم، نشان داده شده است. این طراحی سیستم از سه بخش تشکیل شده است؛ بخش دریافت داده‌های محیطی، بخش داده و ارتباطات و بخش نرم‌افزار کاربردی.

بخش دریافت داده‌های محیطی، برای جمع‌آوری داده‌های مربوط به عوامل محیطی از حسگرها و کنترل دستگاه طراحی شده است. بخش بعدی تمام داده‌های حسگر ذخیره شده را برای جمع‌آوری آنها به یک سرور منتقل می‌کند و بخش نهایی یعنی برنامه کاربردی، از داده‌های ذخیره شده در جهت نظارت و کنترل محصولات کشاورزی و همچنین برای مدیریت داده‌ها از آنها استفاده می‌کند.



(شکل ۲)



قسمت دوم یک برنامه تحت وب است که از طریق اتصال WiFi به اینترنت دسترسی پیدا می‌کند. این برنامه تحت وب برای مدیریت قطعات کشاورزی و مدیریت آبیاری محصولات یا تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آبیاری مناسب اجرا می‌شود که آب مورد نیاز و اطلاعات اینترنت اشیاء را پس از هر بار استفاده ارائه می‌دهد. علاوه بر این، این بخش شامل تجزیه و تحلیل داده‌های کشاورزی است. قسمت نهایی به‌منظور ارتباط با کشاورز اجرا شده است. برنامه تلفن همراه برای کنترل خاموش کردن سیستم الکتریکی توسط کشاورز استفاده می‌شود. این نرم افزار دارای دو حالت است: اتوماتیک (خودکار) و دستی.

هنگامی که دستگاه‌های اینترنت اشیاء با مقادیر تعریف شده سنسورهای میدان، بدون ورودی کاربر شناسایی می‌شوند؛ سیستم اتوماتیک فعال می‌شود. در این حالت کشاورز می‌تواند کنترل را به عهده بگیرد و آب را با برنامه موبایل روشن یا خاموش کند. وظایف اصلی برنامه نظارت بر آبیاری، تنظیم جزئیات محصول در هر قطعه و اطلاع رسانی در ارتباط با اعلان‌های مهم است.

تجزیه و تحلیل داده‌های کشاورزی

تحلیل داده‌ها برای استخراج اطلاعات محصولات، با استفاده از اینترنت اشیاء انجام می‌پذیرد. این مقاله تحلیل داده‌ها را به شرح زیر به ۳ مرحله تقسیم می‌کند:

۱. **پیش پردازش داده‌ها:** از داده دستگاه‌های اینترنت اشیاء در مورد رطوبت هوا، دما و رطوبت خاک برای پیش‌بینی بازده استفاده شده است. هم‌چنین به منظور پشتیبانی اطلاعات اینترنت اشیاء را به قالب گسسته تبدیل کردیم. (مدل‌سازی داده‌ها)

۲. **کاهش داده‌ها:** این مرحله می‌تواند داده‌ها را در نمایشی کاهش‌یافته و کوچک‌تر رمزگذاری کند.

یکپارچگی داده‌های اصلی حفظ شود تا استخراج داده‌های کاهش‌یافته کارآمدتر باشد و در عین حال همان نتایج تجزیه و تحلیل (یا تقریباً یکسان) را تولید کند.

۳. **مدل‌سازی/کشف داده‌ها:** عمدتاً، مدل‌سازی/کشف داده‌ها روش‌های هوشمندی را برای شناسایی الگوهای موجود در داده اعمال می‌کند. ابزارهای تجزیه و تحلیل می‌تواند شامل طبقه‌بندی، خوشه‌بندی، ارتباط و غیره باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

سیستم پیشنهادی می‌تواند از دستگاه‌های اینترنت اشیاء برای جمع‌آوری داده‌ها در مورد رطوبت حاصل از سنسور DHT22، رطوبت خاک حاصل از سنسور رطوبت خاک و درجه حرارت حاصل از وب‌سایت سازمان هواشناسی ایران استفاده کند.

این اطلاعات را می‌توان بر روی یک دستگاه تلفن همراه برای کشاورز نشان داد و با استفاده از کنترل خودکار، به‌منظور مدیریت آبیاری استفاده کرد. علاوه بر این، کشاورز می‌تواند آبیاری را به صورت دستی روشن یا خاموش کند. هم‌چنین یک کاربر می‌تواند اطلاعات به دست آمده از اینترنت اشیاء را تغییر دهد. کاربر می‌تواند داده‌ها را برای به‌دست‌آوردن اطلاعات استخراج کند. این دانش برای بهینه‌سازی کشاورزی در فصول مختلف سال استفاده می‌شود. نتایج حاصل از مدل‌سازی داده‌ها نشان داد که اگر محصول سبزیجات خانگی بیش از چهار کیلوگرم در روز و کشت لیمو ترش نیز بیش از شش کیلوگرم در روز باشد؛ دما به حد متوسط (بین ۲۹ درجه سلسیوس و ۳۲ درجه سلسیوس) و اگر فقط محصول کشت لیمو ترش زیاد باشد (بیش از شش کیلوگرم در روز)، رطوبت در سطح متوسط (بین ۷۲ تا ۸۱ درصد) قرار می‌گیرد.

از منظر اقتصادی نیز این سیستم پیشنهادی به دلیل هزینه کم در هر زمینه، مناسب برای



منابع:



فناوری دیجیتال در کشاورزی نشان می‌دهد.

۱. رمضانی ن. و سرفرازی ع. (۱۹۳۷). اینترنت اشیاء در کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی.

2. Diedrichs, A.L., Tabacchi, G., Grünwaldt, G., Pecchia, M., Mercado, G., Antivilo, F.G., 2014. Low-power wireless sensor network for frost monitoring in agriculture research. In: Proceedings of IEEE Biennial Congress of Argentina, pp. 525–530.

3. Fang, S., Da Xu, L., Zhu, Y., Ahati, J., Pei, H., Yan, J., Liu, Z., 2014. An integrated system for regional environmental monitoring and management based on internet of things. IEEE Trans. Ind. Inform. 10, 1596–1605.

4. Fourati, M.A., Chebbi, W., Kamoun, A., 2014. Development of a web-based weather station for irrigation scheduling. In: Information Science and Technology (CIST), 2014 Third IEEE International Colloquium in IEEE, pp. 37–42.

5. Han, J., Kamber, M., 2006. Data Mining Concepts and Techniques, second ed. Morgan Kaufmann Publishers

6. Kamilaris, A., Kartakoullis, A., Prenafeta-Bold, F.X., 2017. A review on the practice of big data analysis in agriculture. Comput. Electron. Agric. 143, 23–37.

7. Kanoun, O., Khriji, S., El Houssaini, D., Viehweger, C., Jmal, M.W., Abid, M., 2014. Precision irrigation based on wireless sensor network. IET Sci. Meas. Technol. 8,

سرمایه‌گذاری توصیه می‌شود. به‌طور مثال، بهبود بهره‌وری کشت لیمو، بازپرداخت ظرف ۲ ماه را نشان می‌دهد. علاوه بر این، افزایش بهره‌وری به این معنی است که کشاورز می‌تواند، زمان بیشتری را برای کارهای دیگر صرف کند. این آگاهی می‌تواند در جهت انتخاب یک استراتژی کنترل برای آبیاری، هنگامی که کشاورز مایل است محصولات مختلفی داشته باشد، استفاده شود.

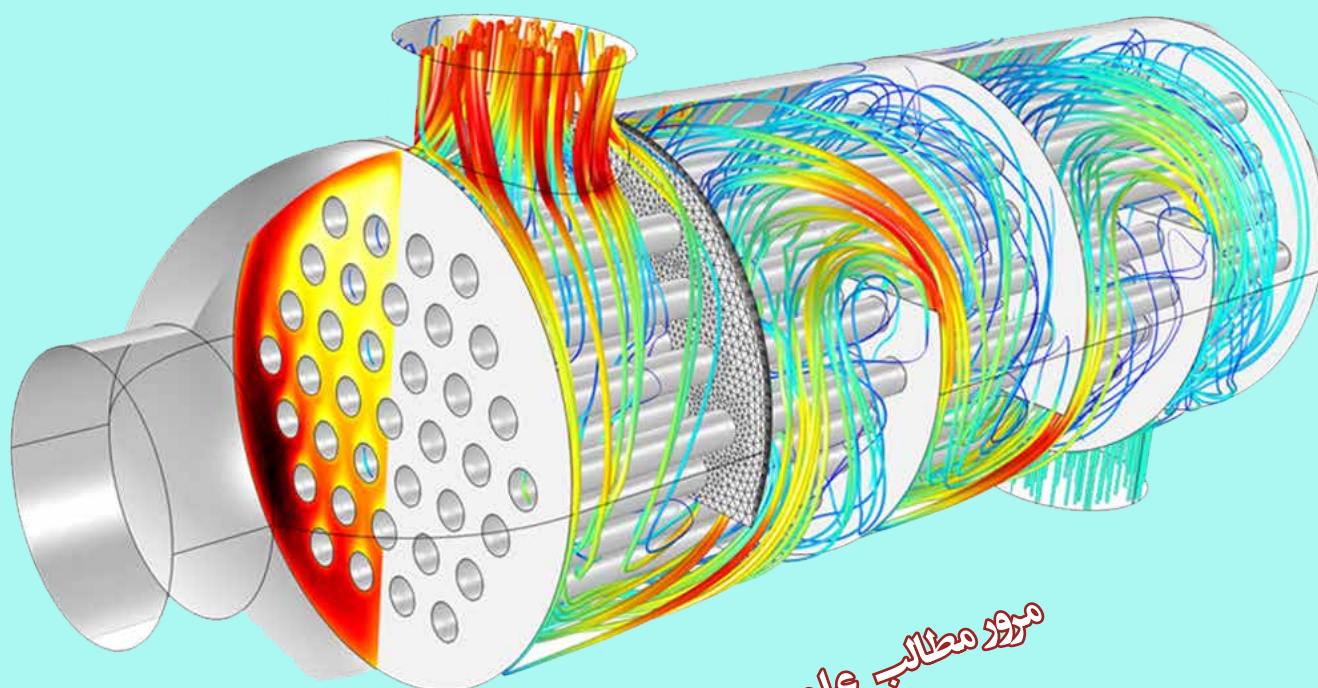
در نتیجه اینترنت اشیاء برای بهبود عملکرد محصولات کشاورزی، بهبود کیفیت و کاهش هزینه‌ها در کشاورزی استفاده می‌شود. به همین دلایل، ما در این مقاله برنامه (WSN) را برای آبیاری محصولات پیشنهاد کردیم. همچنین سیستمی را برای کنترل عوامل محیطی در مزارع کشاورزی ارائه دادیم. این سیستم دارای سه قسمت سخت افزار، برنامه تحت وب و برنامه تلفن همراه بود.

قسمت اول به‌صورت جعبه کنترل طراحی و اجرا شد. این جعبه کنترل شامل سخت‌افزار و سیستم کنترل الکترونیکی برای اتصال به سنسورها و به‌دست آوردن داده‌های مربوط به محصولات بود. طرح پیاده‌سازی شده، اطلاعات اینترنت اشیاء را از هر زمینه‌ای در این مطالعه متصل و دریافت می‌کند.

قسمت دوم برنامه تحت‌وب بود که برای دست‌کاری جزئیات داده‌های محصولات و اطلاعات میدانی طراحی شد. در این مرحله، داده‌ها در مقیاس بزرگ اینترنت اشیاء ذخیره و در تحلیل داده‌ها استفاده می‌شود. نتایج نشان داد که دمای مناسب برای بهره‌وری بالا از سبزیجات و لیموترش‌های خانگی بین ۲۹ درجه سلسیوس تا ۳۲ درجه سلسیوس است. علاوه بر این، رطوبت مناسب برای بهره‌وری بالا از لیموترش در ۷۲–۸۱ بود.

قسمت آخر کنترل آبیاری محصول با استفاده از یک برنامه تلفن همراه در یک تلفن هوشمند بود. این امر امکان کنترل عملکرد خودکار و دستی را برای کاربر فراهم می‌کند. کاربر می‌تواند از عملکرد خودکار بر اساس داده‌های سنسورهای رطوبت خاک برای آبیاری استفاده کند. با این حال، کنترل دستی در حالت کنترل عملکردی امکان‌پذیر بود.

نتایج، مزایای روشنی را برای کشاورزی نشان داد. محتوای رطوبت در خاک در حد مناسب برای سبزیجات کنترل می‌شود، هزینه‌ها کاهش می‌یابد و بهره‌وری کشاورزی نیز افزایش می‌یابد. این بررسی موردی، پتانسیل بالایی را برای کاربردهای



مرور مطالب علمی جدید

مبدل‌های حرارتی متداول برای گرمایش و سرمایش محصولات غذایی

عمار صالحی 

دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک بیوسیستم، پردیس
کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران



amar.salehi@ut.ac.ir



1. unit operations
2. refrigeration
3. freezing
4. thermal sterilization
5. medium
6. food applications

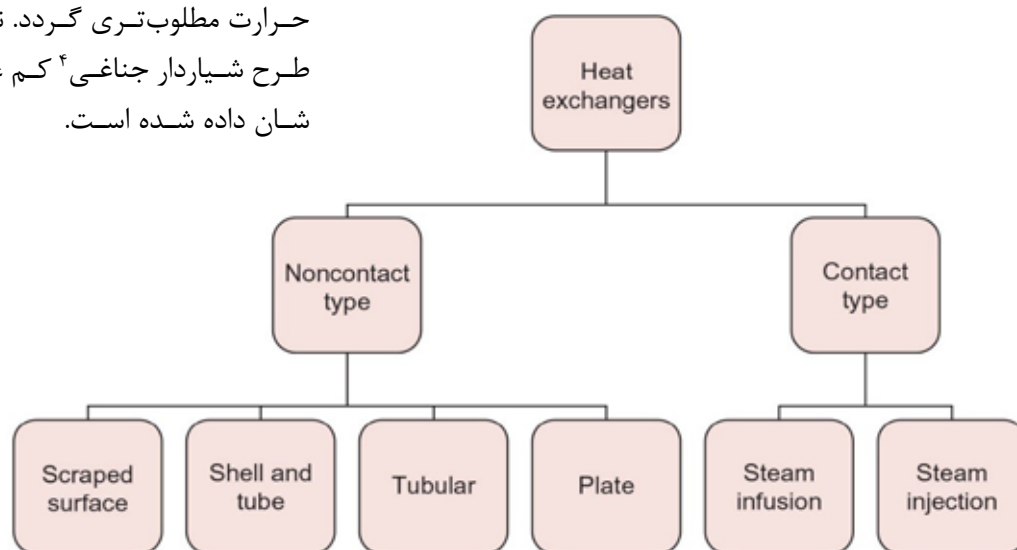
مرسوم‌ترین فرآیندهای موجود در یک کارخانه فرآوری مواد غذایی، گرم کردن و سرد کردن مواد غذایی است. معمولاً در صنایع غذایی مدرن و صنعتی، عملیات‌های واحد^۱ نظیر سردسازی (تبرید)^۲، انجماد، ضد عفونی (استریلیزه) حرارتی^۳، خشک کردن^۴ و تبخیر وجود دارد. این عملیات‌های واحد، باعث ایجاد انتقال حرارت بین یک محصول و محیط کشت^۵ گرمایشی و سرمایشی می‌گردد. گرمایش و سرمایش مواد غذایی برای جلوگیری از فساد میکروبی و آنزیمی ضروری است. علاوه بر این، زمانی که مواد غذایی تحت گرمایش یا سرمایش قرار داده می‌شوند، به آن‌ها خواص حسی دلخواه رنگ، طعم و بافت منتقل می‌گردد. مطالعه و بررسی فرآیند انتقال حرارت از اهمیت زیادی برخوردار است؛ زیرا پایه و اساسی برای درک نحوه‌ی کارکرد فرآیندهای غذایی مختلف ارائه می‌کند. انواع گسترده و مختلفی از تجهیزات انتقال حرارت برای کاربردهای غذایی^۶ وجود دارد. در این بخش، برخی از مبدل‌های حرارتی متداول در صنایع مواد غذایی را بررسی خواهیم کرد.

۱. مبدل حرارتی صفحه‌ای

مبدل حرارتی صفحه‌ای بیش از ۷۰ سال پیش اختراع شد و کاربرد وسیعی در صنایع لبنیات، غذا و نوشیدنی دارد. طرحواره‌ای از یک مبدل حرارتی صفحه‌ای در شکل ۲ نمایش داده شده است. این مبدل حرارتی از یک سری صفحات موازی نزدیک به هم از جنس فولاد ضد زنگ که در یک بدنه‌ی (قاب) فشرده شده، تشکیل شده است. واشرهایی ساخته شده از لاستیک طبیعی یا مصنوعی، لبه‌های این صفحه و ورودی‌ها را محکم به هم می‌چسباند تا از بروز اختلاط مایعات جلوگیری کند. این واشرها به هدایت کردن جریان‌های گرمایش یا سرمایش و جریان‌های محصول به داخل شکاف‌های متناوب مربوطه کمک می‌کنند. مسیر و جهت جریان محصول در مقابل جریان سرمایش/گرمایش می‌تواند یا به صورت جریان موازی^۲ (در جهت یکسان) یا به صورت جریان مخالف^۳ (در خلاف جهت) نسبت به همدیگر باشند.

صفحات مورد استفاده در مبدل حرارتی صفحه‌ای، از فولاد ضد زنگ ساخته شده‌اند؛ الگوهای خاصی روی صفحات، پرس شده است تا موجب افزایش تلاطم در جریان محصول و همچنین دستیابی به انتقال حرارت مطلوب‌تری گردد. نمونه‌ای از یک الگو، یک طرح شیاردار جناغی^۴ کم عمق است که در شکل ۳ نشان داده شده است.

در یک کارخانه فرآوری مواد غذایی، سرمایش و گرمایش مواد غذایی در تجهیزاتی به نام مبدل‌های حرارتی انجام می‌شود. همان‌گونه که در شکل ۱ نشان داده شده است، مبدل‌های حرارتی می‌توانند به مبدل‌های تماسی و غیرتماسی دسته‌بندی شوند. در مبدل‌های حرارتی نوع غیر تماسی، همان‌گونه که از نام آن پیداست، محصول و محیط گرمایش و سرمایش به صورت فیزیکی از طریق یک دیواره نازک از یکدیگر جدا شده شده‌اند. اما از طرف دیگر، در مبدل‌های حرارتی نوع تماسی، یک تماس فیزیکی مستقیم بین محصول و جریان‌های گرمایش و سرمایش وجود دارد. برای مثال، در یک سیستم تزریق بخار^۱، بخار به صورت مستقیم به منظور گرم کردن محصول به داخل آن تزریق می‌شود. در یک مبدل حرارتی صفحه‌ای، یک صفحه‌ی فلزی نازک، جریان محصول را از جریان گرمایش یا سرمایش جدا نگه می‌دارد در حالی که اجازه می‌دهد انتقال حرارت بدون هیچ‌گونه اختلاطی انجام گیرد. ما در بخش‌های زیر، برخی از مبدل‌های حرارتی متداول در صنایع مواد غذایی را بررسی خواهیم کرد.



1. steam-injection
2. parallel flow
3. Counter flow
4. herringbone ribbed

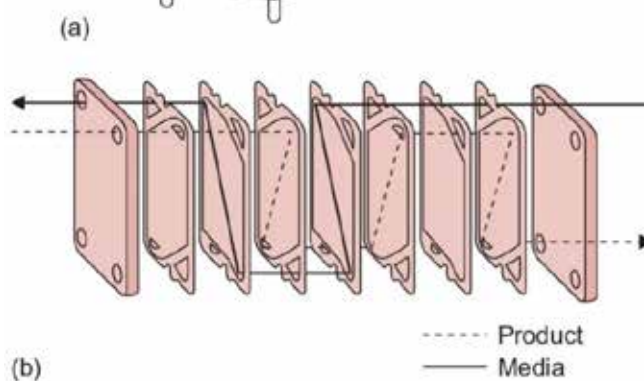
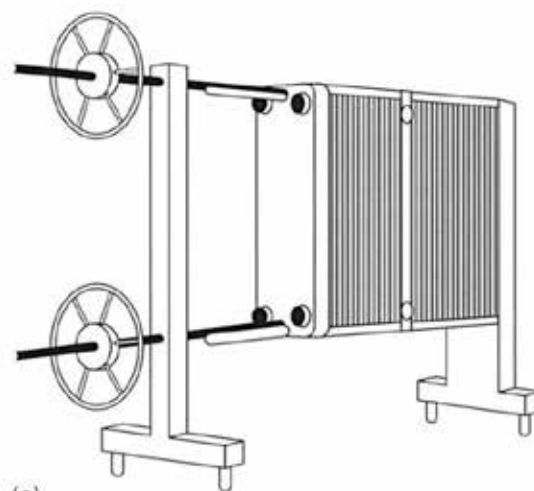
شکل ۱: طبقه‌بندی مبدل‌های حرارتی متداول



مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای برای مواد غذایی نوشیدنی^۱ کم سرعت ($Pa s > 5$) مناسب هستند. در صورت وجود مواد جامد معلق، قطر معادل ذرات باید کمتر از 0.3 سانتی‌متر باشد. ذرات درشت‌تر می‌توانند در طول نقاط ارتباط صفحه کاهش یابند و در قسمت گرمایش "سوخته شوند".

در مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای در مقیاس صنعتی، نرخ‌های جریان محصول اغلب 5000 تا 20000 kg/h به دست می‌آید. در هنگام استفاده از مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای، باید نهایت دقت را برای به حداقل رساندن رسوب^۲ موجود در مواد غذایی نوشیدنی، همانند پروتئین‌های شیر در سطح صفحه‌ها به کار بست. این رسوب که جرم گرفتگی^۳ نیز نامیده می‌شود، نرخ انتقال حرارت از محیط گرمایش به محصول را کاهش خواهد داد. علاوه بر آن، افت فشار در بیش از یک دوره زمانی اتفاق خواهد افتاد. در نهایت، این فرآیند متوقف می‌گردد و صفحه‌ها تمیز می‌شوند. برای محصولات لبنی که نیازمند استفاده با دمای بسیار بالا است، مدت زمان فرآیند معمولاً محدود به سه الی چهار ساعت می‌شود. مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای دارای مزایای زیر هستند:

- * نگهداری از این مبدل‌های حرارتی بسیار ساده است و برای انجام بازرسی سطح محصول، به سرعت و سادگی قابل جداسازی هستند.
- * مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای، یک طرح بهداشتی برای کاربردهای غذایی دارد.
- * ظرفیت آن‌ها به سادگی می‌تواند با اضافه کردن صفحات بیشتر به چارچوب، افزایش یابد.
- * با مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای می‌توانیم با سرمایه‌ای کمتر نسبت به دیگر مبدل‌های حرارتی نوع غیر تماسی، محصول را تا یک درجه سانتی‌گراد دمای محیط مجاور، گرم یا سرد کنیم.



شکل ۲: (a) مبدل حرارتی صفحه‌ای
(b) طرحواره نمای جریان سیال بین صفحات



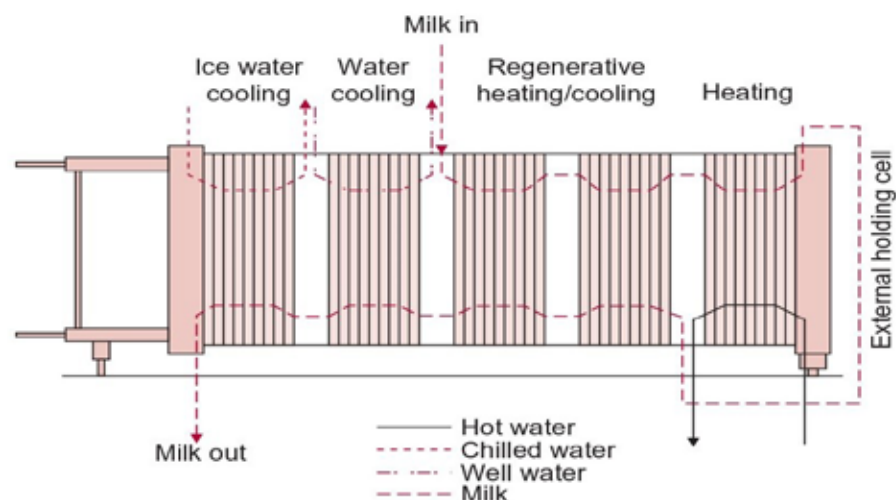
شکل ۳: الگوهای پرس شده روی صفحات مورد استفاده در یک مبدل حرارتی.

1. liquid foods
2. deposition
3. fouling

* مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای، فرصت‌هایی برای حفظ انرژی به وسیله بازتولید^۱ مهیا می‌کنند. همان‌گونه که در یک طرحواره ساده در شکل ۴ نشان داده شده است، یک ماده غذایی نوشیدنی در بخش گرمایش تا دمای پاستوریزه شدن یا هر دمای مورد نظر دیگری گرم می‌شود؛ سپس این سیال گرم شده، قسمتی از گرمای خود را در بخش بازتولید به مایع خام ورودی منتقل می‌کند. جریان سرد تا دمایی گرم می‌شود که انرژی اضافی کمی برای رسیدن به دمای مورد نظر لازم دارد. وجود صفحات اضافی برای فرآیند بازتولید ضروری است، هرچند هزینه سرمایه اضافی ممکن است بسیار سریع به وسیله کاهش هزینه‌های عملیاتی جبران گردد. یک فرایند بازتولید دو مرحله‌ای واقعی برای پاستوریزه کردن آب انگور در شکل ۵ نشان داده شده است. پس از آنکه آبمیوه‌ی آغازگر^۲ تا دمای ۸۸ درجه سانتی‌گراد (موقعیت A) گرم شد، به طرف بخش بازتولید (وارد شدن در موقعیت B) و از میان یک چرخه نگه‌دارنده^۳ گذرانده شد. در این بخش، آبمیوه گرمای خودش را در آبمیوه‌ی خام ورودی (در موقعیت C) که در دمای ۳۸ درجه وارد مبدل می‌شود، آزاد

می‌کند. دمای آبمیوه خام تا ۷۳ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد (در موقعیت D) و دمای آبمیوه آغازگر تا ۵۳ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد (در موقعیت E).

در این مثال، بازتولید $[(38-88)/(38-73)] \times 100$ یا ۷۰ درصد می‌باشد، زیرا آبمیوه خام ورودی بدون استفاده از محیط گرمایش خارجی، تا ۷۰ درصد از دمای پاستوریزه شدن نهایی‌اش گرم شد. آبمیوه‌ای که تا دمای ۷۳ درجه سانتی‌گراد گرم شد، از بخش گرمایش عبور می‌کند و دمای آن با استفاده از آبی داغ با دمای ۹۳ درجه سانتی‌گراد به عنوان محیط گرمایش، تا ۸۸ درجه سانتی‌گراد افزایش داده می‌شود. سپس آبمیوه‌ی گرم شده به منظور پیش گرمایش^۴ آبمیوه خام ورودی، به بخش بازتولید پمپ می‌شود و این چرخه ادامه می‌یابد. فرآیند سرمایش آبمیوه پاستوریزه گرم با استفاده از آب شهری، آب سرد و یا گلیکول^۵ چرخشی انجام می‌شود. باید توجه داشته باشیم که در این مثال، حرارت کمی لازم است که از آبمیوه پاستوریزه کاسته شود و به وسیله فرآیند بازتولید، بار سرمایش افزایش می‌یابد.



1. regeneration
2. starter
3. holding loop
4. preheats
5. glycol

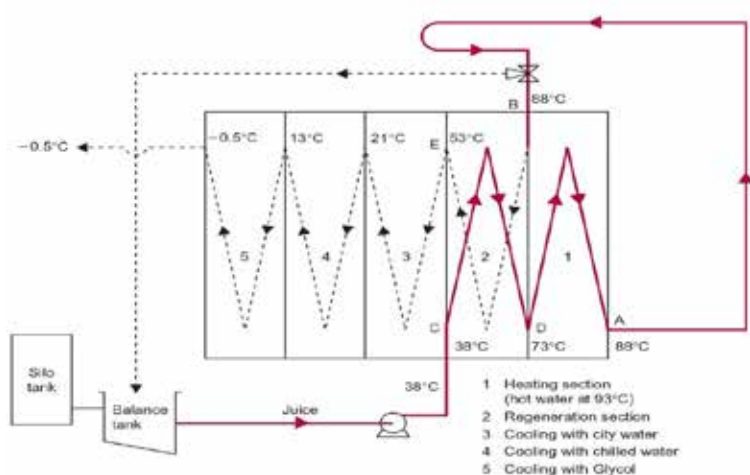
شکل ۴: یک پاستوریزه کننده صفحه‌ای پنج مرحله‌ای برای فرآوری شیر



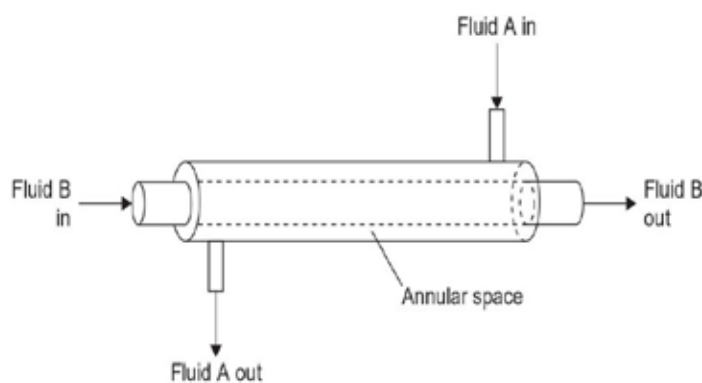
۲. مبدل حرارتی لوله‌ای

ساده‌ترین نوع مبدل حرارتی غیرتماسی، یک مبدل حرارتی دولوله‌ای است که شامل یک لوله است که به صورت هم مرکز در داخل یک لوله دیگر قرار داده شده است. هر دو جریان سیال به ترتیب در فضای حلقوی و در داخل لوله جریان دارند. این جریان‌ها ممکن است در یک جهت یکسان (جریان موازی) یا در خلاف جهت یکدیگر (جریان مخالف) در جریان باشند. شکل ۶ نمودار شماتیک یک مبدل حرارتی دولوله‌ای با جریان مخالف است.

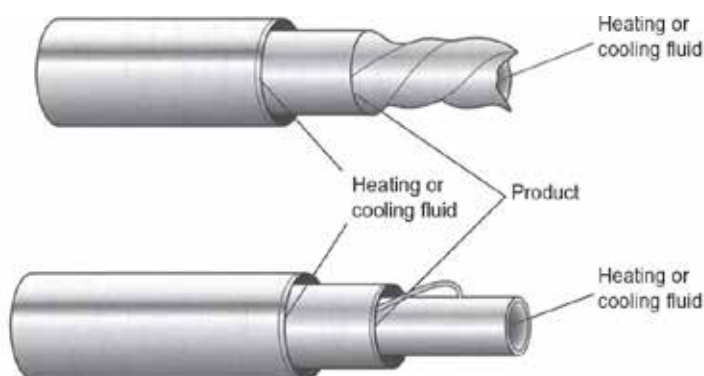
نوع دیگری از یک مبدل حرارتی دولوله‌ای با تغییراتی جزئی، یک مبدل حرارتی سه‌لوله‌ای است که در شکل ۷ نمایش داده شده است. در این نوع مبدل حرارتی، محصول در فضای حلقوی داخلی جریان دارد در حالی که محیط گرمایش/سرمايش در لوله داخلی و فضای حلقوی خارجی در جریان است. داخلی‌ترین لوله ممکن است برای ایجاد تلاطم و انتقال حرارت بهتر، دارای موانعی با طراحی ویژه باشد. برخی از کاربردهای صنعتی خاص مبدل‌های حرارتی سه‌لوله‌ای عبارتند از: گرمایش آب پرتغال کنستانتتره از دمای چهار درجه سانتی‌گراد به دمای ۹۳ درجه سانتی‌گراد و سپس سرمايش آن به دمای چهار درجه سانتی‌گراد، سرمايش آب شستشوی پنیر کوتاژ از دمای ۴۶ درجه سانتی‌گراد به دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد با آب خنک، و سرمايش میکس بستنی از دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد به نیم درجه سانتی‌گراد با



شکل ۵: یک سیستم بازتولید دو راهه مورد استفاده در فرآوری آب انگور.



شکل ۶: نمایش شماتیک یک مبدل حرارتی لوله‌ای



شکل ۷: نمایش شماتیک یک مبدل حرارتی سه‌لوله‌ای



۳. مبدل حرارتی صفحه زدوده^۲

در مبدل‌های حرارتی لوله‌ای مرسوم، انتقال حرارت به یک جریان مایع، تحت تاثیر کشش آبی^۴ و مقاومت گرمایی ناشی از لایه انباشته شده یا رسوب روی دیواره‌ی لوله، قرار می‌گیرد. در صورتی که سطح داخلی دیواره لوله به وسیله ابزارهای مکانیکی مناسب، به صورت مداوم زدوده یا خراشیده شود، این مقاومت گرمایی می‌تواند به حداقل برسد. عمل زدودن یا خراشیدن، انتقال حرارت سریعی را به یک حجم محصول نسبتاً کوچک، میسر می‌کند. یک مبدل حرارتی صفحه زدوده که در فرآوری غذایی مورد استفاده قرار گرفته است به صورت شماتیک در شکل ۹ نمایش داده شده است.

سطوح تماس غذایی یک سیلندر صفحه زدوده از فولاد ضد زنگ (نوع ۳۱۶)، نیکل خالص، نیکل سخت آبکاری شده کروم^۵ یا دیگر مواد مقاوم در برابر خوردگی ساخته می‌شوند. روتور داخلی شامل تیغه‌هایی است که به وسیله لایه پلاستیکی یا پلاستیک قالب‌گیری شده پوشیده شده‌اند (شکل ۹).

یک نوع مبدل حرارتی متداول دیگری که در صنایع غذایی برای کاربردهایی نظیر گرمایش مواد غذایی نوشیدنی در سیستم‌های تبخیر مورد استفاده قرار می‌گیرد، مبدل حرارتی پوسته-لوله‌ای^۱ است. همانطور که در شکل ۸ نشان داده شده است، یکی از جریان‌های مایع در داخل لوله جاری می‌شود در حالی که جریان مایع دیگر به داخل پوسته و روی لوله‌ها پمپ می‌شود. ما می‌توانیم با حفظ جریان مایع در طرف پوسته، به جای آنکه به صورت موازی با میله‌ها در جریان باشد، روی آن‌ها جاری شود و در نتیجه به نرخ‌های بالاتری از انتقال حرارت دست یابیم. موج‌گیرهایی^۲ (منحرف کننده‌های جریان سیال) که در طرف پوسته قرار داده شده‌اند، الگوی جریان متقاطع را ایجاد می‌کند. با توجه به نوع طراحی، یک عبور از لوله یا بیشتر می‌تواند انجام گیرد. مبدل‌های حرارتی پوسته-لوله‌ای نشان داده شده در شکل ۸، دارای یک عبور از پوسته همراه با دو عبور از لوله، و دو عبور از پوسته همراه با چهار عبور از لوله می‌باشد.

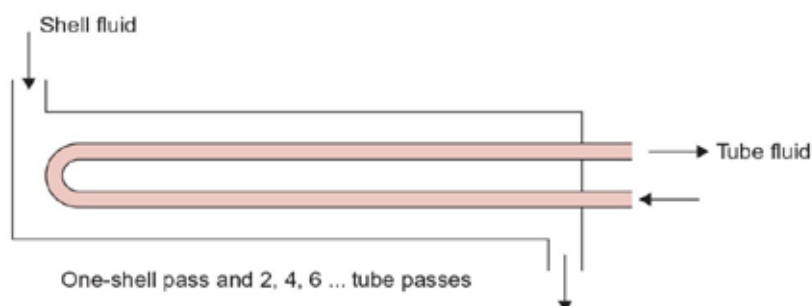
1. shell-and-tube

2. Baffles

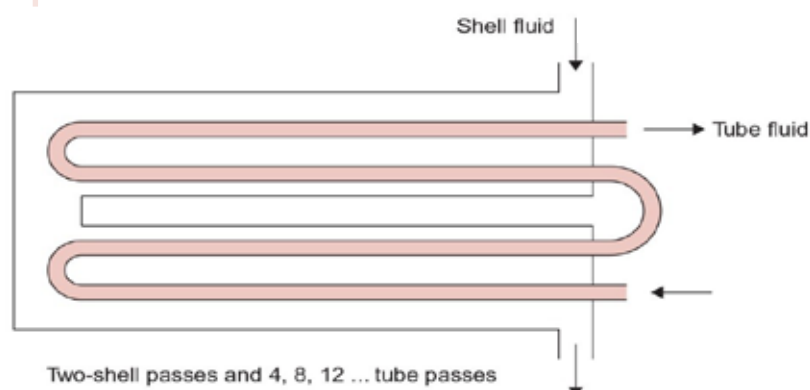
3. Scraped-Surface

4. hydraulic drag

5. chromium-plated nickel



شکل ۸: یک مبدل حرارتی پوسته-لوله‌ای.



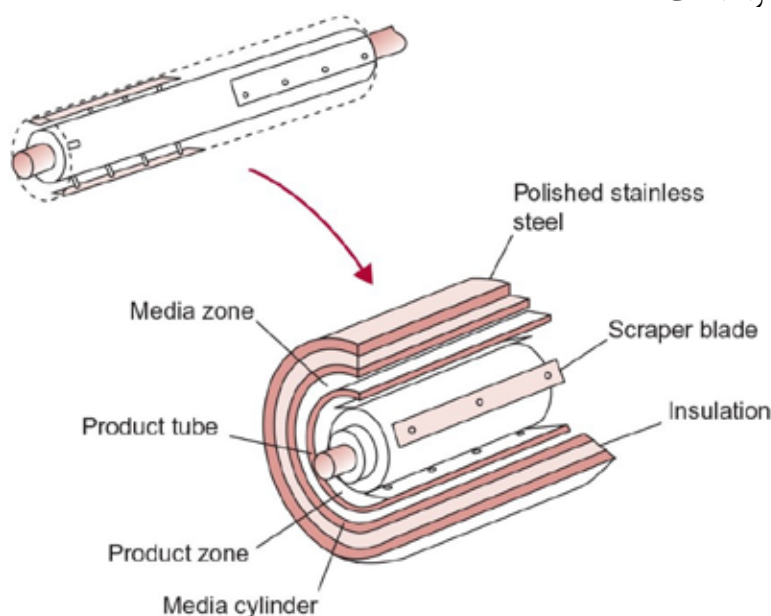
عمل اختلاط ثابت که در مبدل حرارتی صفحه زدوده انجام می‌شود، اغلب برای بهبود یکنواختی مزه، رنگ، عطر و خواص مربوط به بافت محصول، مطلوب است.

از جمله کاربردهای مبدل‌های حرارتی صفحه زدوده در صنایع فرآوری غذایی می‌توان به گرمایش، پاستوریزه کردن، استریلیزه کردن، ویپینگ^۲، ژله‌ای کردن^۳، امولسیون کردن^۴، خمیرسازی^۵ و متبلور کردن^۶ اشاره کرد. مایعاتی که در یک محدوده وسیع از گرانیروی قرار دارند و قابلیت پمپ شدن دارند، در این نوع از مبدل‌های حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ برای مثال آبمیوه‌ها، سوپ‌ها، کنسنتره مرکبات، کره بادام زمینی، لوبیای پخته، رب گوجه فرنگی و مربا.

سرعت روتور بین ۱۵۰ دور در دقیقه تا ۵۰۰ دور در دقیقه متغیر است. اگرچه سرعت چرخش بالاتر، انتقال حرارتی بهتری را ایجاد می‌کند اما ممکن است کیفیت محصول فرآوری شده را از طریق خیس شدن^۱ احتمالی، تحت تاثیر قرار دهد. بنابراین، باید سرعت روتور و فضای حلقوی بین روتور و سیلندر، برای محصولی که در حال فرآوری است با دقت زیادی انتخاب گردد.

همان‌گونه که در شکل ۹ دیده می‌شود، سیلندر که محتوی محصول و روتور است در یک غلاف خارجی محصور شده است. محیط گرمایش/سرمایش به این غلاف خارجی عرضه می‌شود.

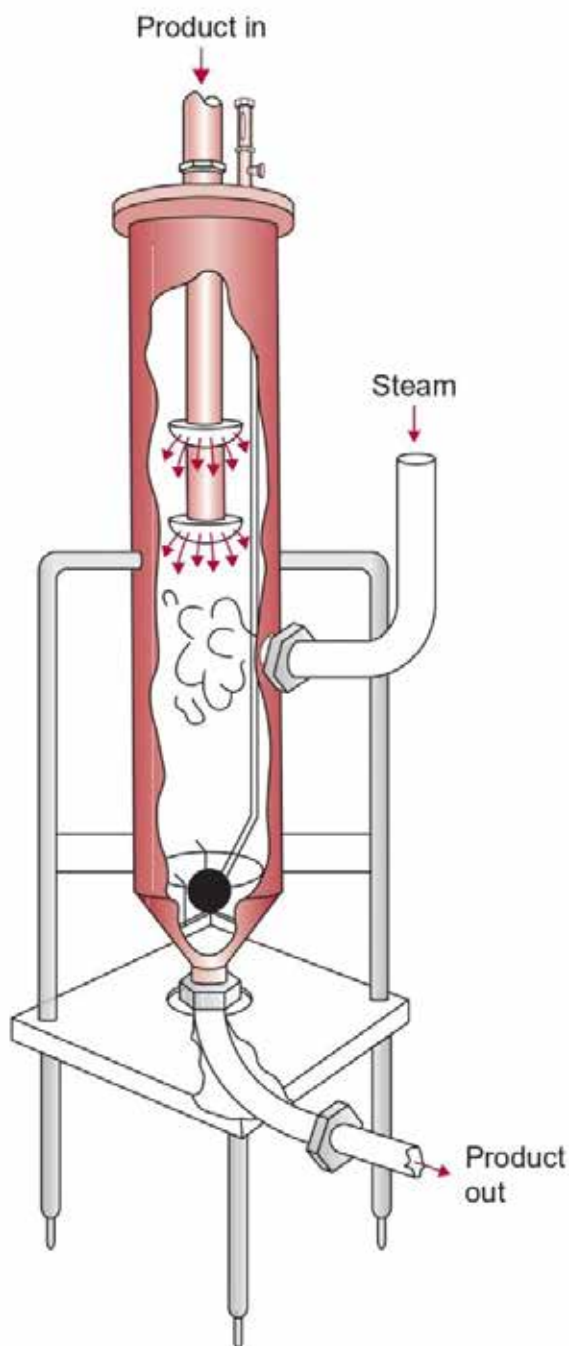
محیطی که به صورت متداول استفاده می‌شود شامل بخار، آب گرم، آب نمک و یا یک ماده سردکننده. دمای معمولی مورد استفاده جهت فرآوری محصولات در مبدل‌های حرارتی صفحه زدوده، در محدوده ۳۵ تا ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد است.



شکل ۹: یک مبدل حرارتی صفحه زدوده به همراه یک بخش برش خورده که اجزاء گوناگونی را نشان می‌دهد.

1. maceration
2. whipping
3. gelling
4. emulsifying
5. plasticizing
6. crystallizing

۴. مبدل حرارتی تزریق بخار



شکل ۱۰: یک مبدل حرارتی تزریق بخار

1. spreaders
2. deodorizing

مبدل حرارتی تزریق بخار، تماس مستقیم بین بخار و محصول را فراهم می‌کند. همان‌گونه که در شکل ۱۰ نمایش داده شده است، محصول در حالت مایع به قسمت فوقانی مبدل حرارتی پمپ می‌شود و سپس در ورقه‌های نازک اتاقک گرمایش جریان می‌یابد. گرانش مایع، اندازه پخش‌کننده‌ها^۱ را تعیین می‌کند.

محصولاتی که حاوی ذرات ریزی چون تکه‌های سبزیجات، قطعات گوشت و برنج هستند، می‌توانند با پخش‌کننده‌هایی با طراحی مخصوص مورد استفاده قرار گیرند. انتقال حرارت با نرخ‌های بالا زمانی به دست می‌آید که بخار، با قطرات کوچک ماده غذایی در تماس باشد.

دمای محصول، به دلیل تراکم بخار به سرعت افزایش پیدا می‌کند. محصولات گرم شده به همراه بخار متراکم از اتاقک انتهایی آزاد می‌شوند. برای دستیابی به پخت مطلوب، یک مقدار مشخص از مایع در انتهای اتاقک باقی می‌ماند.

تفاوت دمایی محصول در ورودی و خروجی اتاقک گرمایش ممکن است در حد ۵/۵ درجه سانتی‌گراد کم باشد، مثلاً در بوزدایی^۲ از شیر (۷۶/۷ تا ۸۲/۲ درجه سانتی‌گراد) و یا ممکن است در حد ۹۶/۷ درجه سانتی‌گراد زیاد باشد، مثلاً در استریلیزه کردن پودینگ برای بسته‌بندی ضد عفونی شده (۴۸/۹ تا ۱۴۵/۶ درجه سانتی‌گراد).

گاهی اوقات، آبی که در اثر تراکم بخار به محصول اضافه می‌شود، بسیار مطلوب است، مخصوصاً اگر کل فرآیند نیازمند اضافه شدن آب باشد. در غیر این صورت، آب اضافه شده در فرآیند تراکم را می‌توان از طریق پمپ کردن مایع گرم شده به داخل یک سیستم خنک‌کننده خلأ، تخلیه کرد.



نویسندگان:

R. Paul Singh

Department of Biological and
Agricultural Engineering and
Department of Food Science
and Technology
University of California Davis,
California

Dennis R. Heldman

Department of Food Science and
Technology and Department
of Food, Agricultural and
Biological Engineering
The Ohio State University,
Columbus, Ohio

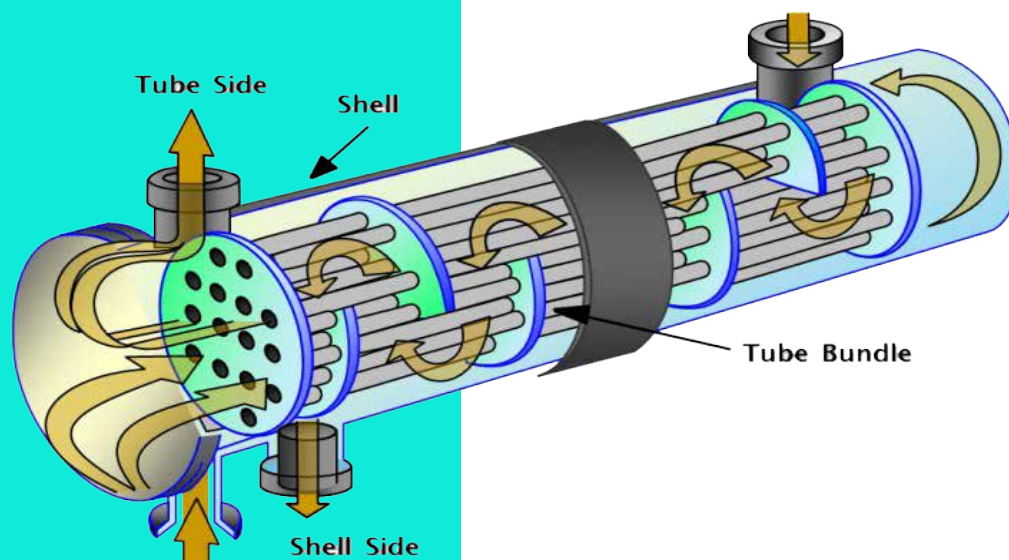
میزان آب اضافه شده ناشی از فرایند تراکم را می‌توان از طریق اندازه‌گیری دمای محصول وارد شده به مبدل حرارتی و دمای محصول خارج شده از خنک‌کننده خلأ، محاسبه نمود.

این نوع مبدل حرارتی در فرآیند پخت و یا استریلیزه کردن طیف گسترده‌ای از محصولات، نظیر: سوپ‌های کنسنتره، شکلات، پنیر فرآوری شده، میکس‌های بستنی، پودینگ‌ها، مرباهای میوه‌جات و شیر، کاربرد دارد.

۵. سخن پایانی

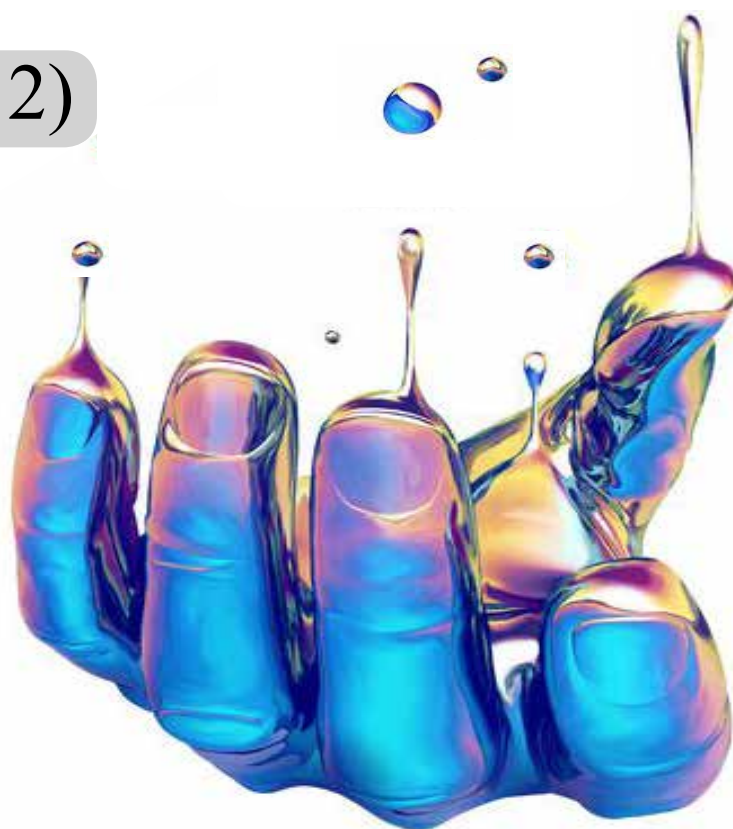
در بخش‌های پیشین، انواع مختلف مبدل‌های حرارتی متداول را مورد بحث قرار دادیم. بدیهی است که پیش از طراحی و ارزیابی هر نوع تجهیزات مبدل حرارتی، وجود درکی پایه از مکانیزم انتقال حرارت، چه در مواد غذایی و چه در مواد مورد استفاده در ساخت تجهیزات فرآوری مواد غذایی، بسیار ضروری است.

طیف وسیعی از مواد غذایی با استفاده از مبدل‌های حرارتی، فرآوری می‌شوند. این مواد، مشکلات خاص و اغلب پیچیده‌ای در ارتباط با انتقال حرارت ایجاد می‌کنند.



Introduction to 4D printing technology and its applications in the field of mechanical engineering

(Part 2)



Mohamad Hajalioghli

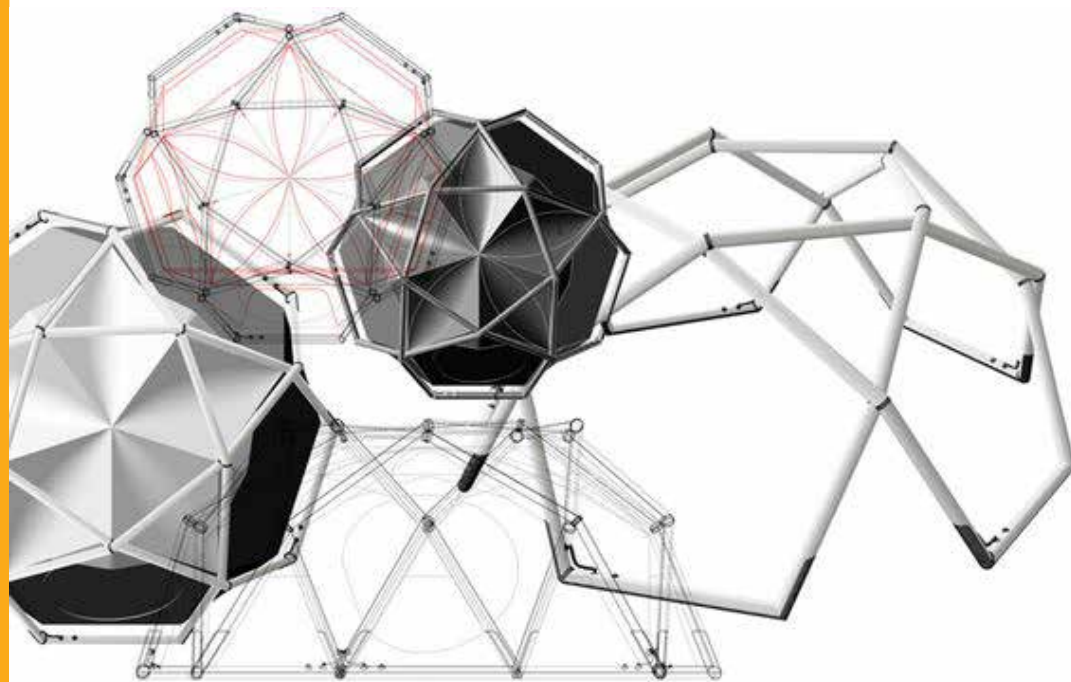


MASTER OF SIENCE IN MECHANICAL ENGINEERING,
Department Of Mechanical and Aerospace Engineering, Sapienza
university of Rome



hajalioghli.1862608@studenti.uniroma1.it





Abstract

Research into 4D printing has attracted unprecedented interest since 2013 when the idea was first introduced. It is based on 3D printing technology, but requires additional stimulus and stimulus- responsive materials. Based on certain interaction mechanisms between the stimulus and smart materials, as well as appropriate design of multi-material structures from mathematical modeling, 4D printed structures evolve as a function of time and exhibit intelligent behavior. Stimuli such as heat, humidity, pH, and light trigger the actuation of printed objects without motors or wires. Smart materials that respond to external stimuli are good candidates for 4D printing. Unlike 3D printing, 4D printing is time dependent, printer-independent, predictable, and targets shape, property and functionality evolution. This allows for self-assembly, multi-functionality, and self-repair.

This research presents a comprehensive review of the 4D printing process and summarizes the practical concepts in different fields especially engineering and related tools that have a prominent role in this field



Materials

The development of smart material should be pursued in parallel with the development of printers. Currently, many 4D printing applications are limited because of unsatisfactory material properties. For example, 4D printing can fabricate artificial muscles; however, the mechanical properties of current materials are insufficient to yield the desired performance and functions of actual biological muscles (Loh [61]). Therefore, the development of advanced smart materials with desirable properties that are also compatible with printers is crucial to advance the application of 4D printing. Programmable materials, such as carbon fiber, wood, and textiles, have undeniable influence in many applications, including aerospace, automotive, clothing, construction, healthcare and utility (Loh [61]).

Discussions

From analyzing existing studies, there are two requirements for materials in the 4D printing process: printability and intelligence (Fig. 6). If the materials cannot be printed, the 4D structure cannot be manufactured.

Many studies utilized a rheology modifier to provide a suitable material viscosity for extrusion-based printing processes. Similarly, the photo-initiator and the crosslinking and sacrificial agents are several other aspects that need to be considered for proper material printability. If the structure contains only non-active materials, it cannot achieve any targeted changes over time as a response to the stimulus. Schweiger et al. [72] studied multilayered anterior teeth and defined “multi-material- 3D-printing” as a 4D printing process. This is not the 4D printing process discussed in this paper because the structure does not contain any smart material.

Some applications require dual-responsive materials. For example, the shape-shifting behavior of a material can be triggered by both water and heat. Triple and other multi-responsive materials have not been considered in the 4D printing process so far and can be studied in the future.

Another issue is the degree to which the smart materials can respond to stimulus. Some smart materials can sense stimulus but only provide minimal actuation or respond after a very long time. The responsiveness of smart materials needs to be further studied as well.



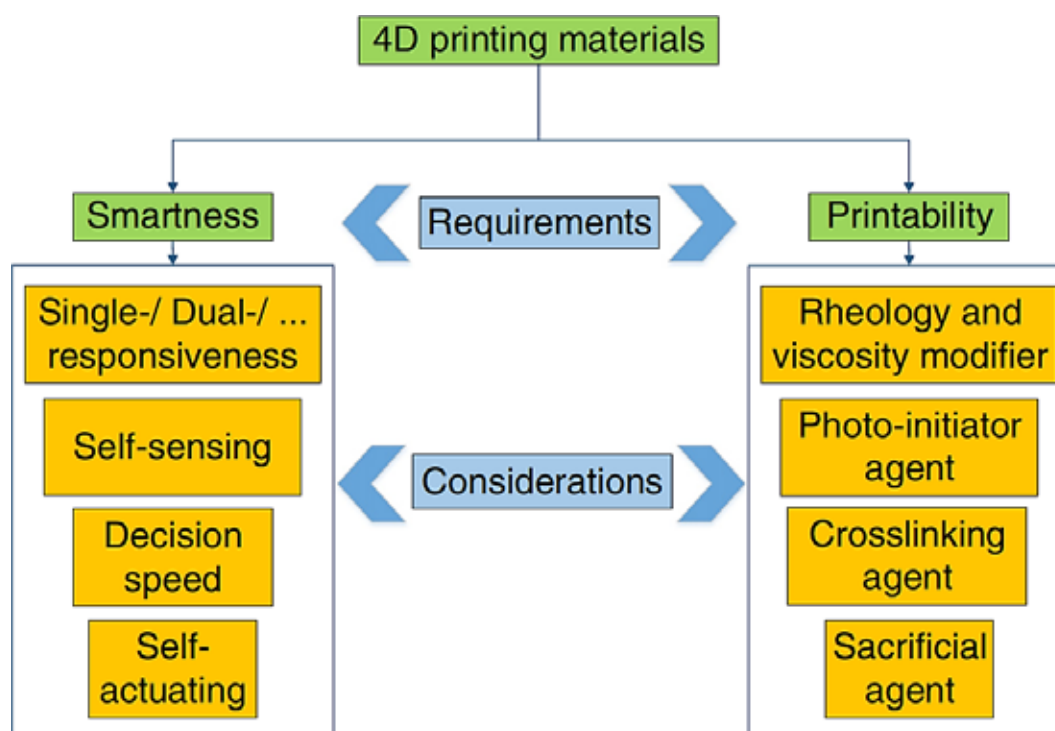


Fig. 6 4D printing materials

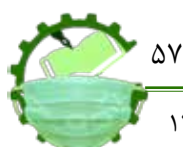
Applications

5.1 Self-assembly and self-folding structures

In April 2014, Skylar Tibbits of the Massachusetts Institute of Technology showed a combination of 3D printed plastic with an “intelligent material” that self-assembles in water. Tibbits refers to this as “4D printing” (Walton, 2013). The core of 4D printing is the Connex multi-material technology.

With Connex multi-material technology, a single print, with multi-material features, can transform from any 1D strand into 3D shape, a 2D surface into 3D shape or morph from one 3D shape into another. The

Connex multi-material technology allows the researchers to program different material properties into each of the various particles of the designed geometry and harness the different water-absorbing properties of the materials to activate the self-assembly process. With water as its activation energy, this technique promises new possibilities for embedding programmability and simple decision-making into nonelectronic-based materials. An example of 4D printed objects that were preprogrammed to respond to a stimulus – water – and change into other



shapes is shown in Figure 7. The top figure shows a 1D object morphed into a 2D object – when inserted into water, the snake-like object forms the letters “MIT”. The two figures show how one can also create self-folding cubes from both flat and wireframe structures. Other applications in Figure 8 show a single strand that self-transforms from the

letters “MIT” into the letters “SAL”, a flat surface that self-folds into a truncated octahedron and a flat disc that self-folds into a curved-crease origami structure. Skylar along with Stratasys Ltd. and Autodesk, Inc. using Stratasys’ Connex multi-material printer and a new polymer developed to expand 150 per cent when submerged in water conducted these experiments. A new application was embedded into the Autodesk software, Project Cyborg, to simulate the dynamics of 4D printed objects and their material optimization. This technology has attracted substantial press attention around its potential for manufacturing (Tibbits, 2014).

Another 4D printing technology involves embedding wiring or conducting parts into special compliant components during the 3D printing job. After the object is printed, the parts can be activated by an external signal to trigger full assembly actuation (Figures 9 and 10).

This approach has potential implications for areas such as robotics, furniture and building construction.



Fig. 7 A single strand that self-folds into the letters “MIT” and a flat surface that self-folds into a closed cube



Fig. 8 A single strand that self-transforms from the letters “MIT” into the letters “SAL”(self-assembly lab), a flat surface that self-folds into a truncated octahedron, and a flat disc that self-folds into a curved-crease origami saddle structure



Other 4D printing approaches include composite materials that can morph into several different complicated shapes based on a different physical mechanism and heat activation (Ge et al., 2013). Also, demonstrations have been made of materials that self-fold because of light exposure (Ying et al., 2012).

Developed an ALM technology for SMG, which is currently used in the manufacture of smart medical bandage, zoom lens and bionic robot, etc.

Raised an ALM technology for SMP, and used this to fabricate intelligent structures that have self-assembly and self-folding functions (Tolley et al., 2013; Felton et al., 2015). First, the SMP is accumulated to a rigid substrate board. After solidification, the SMP and the rigid substrate board are tightly combined to a plane structure. Then, under external stimulus such as light, temperature, current, etc., the SMP generates a volume expansion or contraction, which makes the plane structure become a 3D structure (Figure 11).

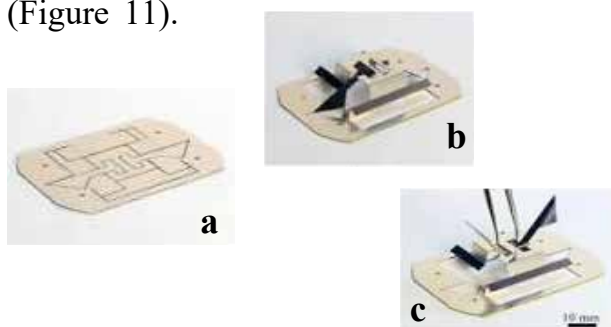


Fig. 11 (a) A flat composite programmed to fold into a bumblebee-like structure; (b) the bumblebee after folding; and (c) the bumblebee with its wings raised

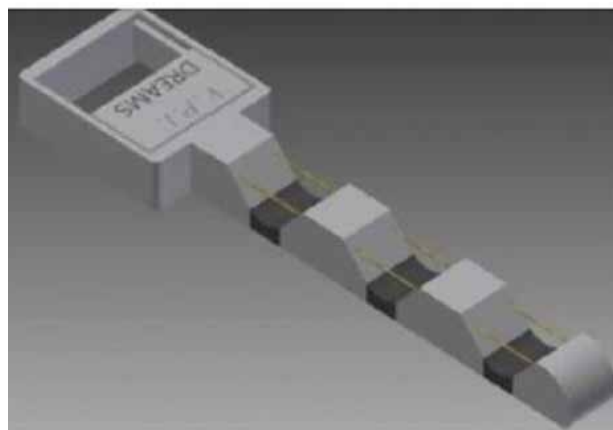


Fig. 9 Robotic finger designed and created via in situ embedding with an AM process

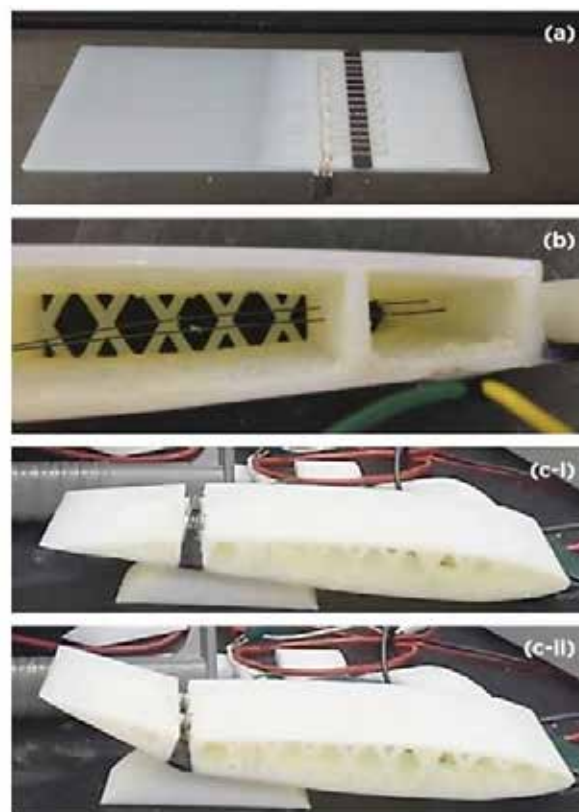


Fig. 10 Integrated sensing and actuating wing flap manufactured via a materials jetting process



5.2 Active composites structures

Ge et al. (2013) proposed to implement a 4D printing technology by using multi-material ALM technology. In their method, the SMP fiber is combined with an organic polymer matrix by printing them simultaneously. With the result that the structure they make can be changed with time. Figure 12 shows the printing process of the SMP fiber and organic polymer matrix. Figure 12(a) is the schematic showing the printing process of printed active composite materials. The inkjet heads move horizontally above the tray depositing multi-material droplets of polymer ink at prescribed positions, wiping them into a smooth film, and then UV photo polymerizing the film. After one film layer is completed, the tray moves down to print

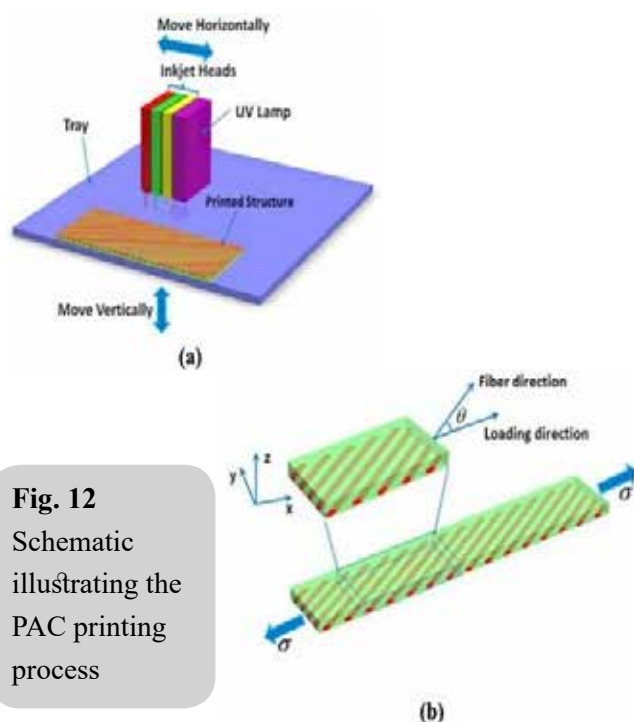


Fig. 12
Schematic
illustrating the
PAC printing
process

the next layer. Figure 12(b) is the schematic of a printed active composites (PAC) lamina. Fibers are oriented at an angle from the x-direction (the loading direction).

If they combine the intelligent structure in Figure 12 with another organic polymer layer to form a double-layered structure, by changing the temperature, the transformation of bending deformation and initial shape can be realized. And the bending deformation amplitude of the intelligent structure can be changed by changing the direction of the SMP fiber.

So, the deformation of the structure is controlled. Figure 13 shows the anisotropic shape memory behavior of the active lamina to create PAC laminates.

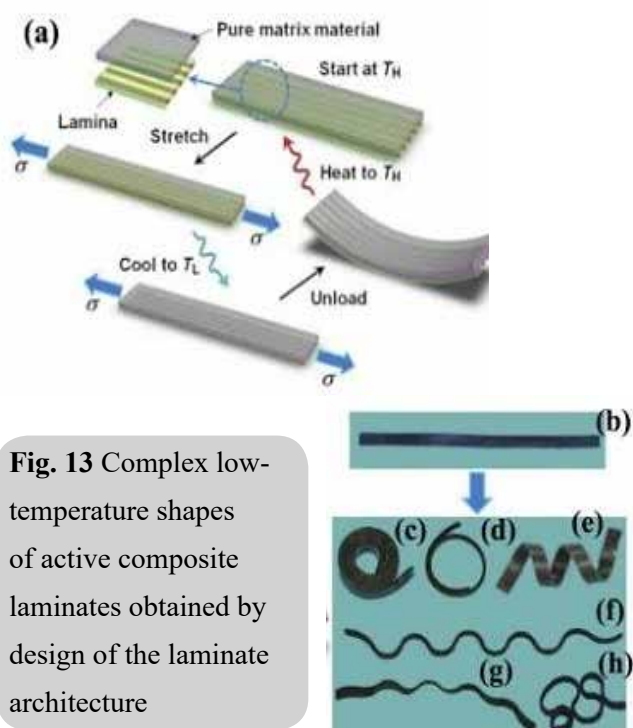


Fig. 13 Complex low-temperature shapes of active composite laminates obtained by design of the laminate architecture



Recently, Malone and Hod (2006) selected an IPMC from the literature and their own preliminary experiments as most promising for freeform fabrication. They performed material formulation and manual device fabrication experiments to arrive at materials that are amenable to robotic deposition, and developed an ALM process that allows the production of complete IPMC actuators and their fabrication substrate integrated within other freeform-fabricated devices. Malone and Hod (2006) freeform-fabricated simple IPMCs, explored some materials/performance interactions and preliminarily characterized these devices in comparison to devices produced by traditional methods.

x105826.xml).

UAM refers to combining metal foils with the ultrasonic wave at room temperature, so that 3D solid structures can be realized layer by layer.

Use the UAM technology to combine the SMA and other intelligent materials into the metal matrix, and the shape of obtained intelligent structure can be changed according to different demands (Figure 14). Also, this technology can realize the health monitoring and life prediction of intelligent structure. At present, the intelligent structure can be used in the design and manufacture of intelligent vehicles and intelligent aerocrafts

5.3 Environmental adaptive mechanism and structural health monitoring

A lot of intelligent material also has driving function and sensing function, such as SMA. It not only can be used as an actuator to produce deformation under different temperatures but also can measure the strain, temperature and crack inside the structure in real time, detecting the fatigue and damage.

Proposed the ultrasonic additive manufacturing (UAM) technology to combine different metal materials and intelligent materials into intelligent structures. This kind of intelligent structure has the function of shape changing under different circumstances and the function of structure monitoring (<http://spie.org/>

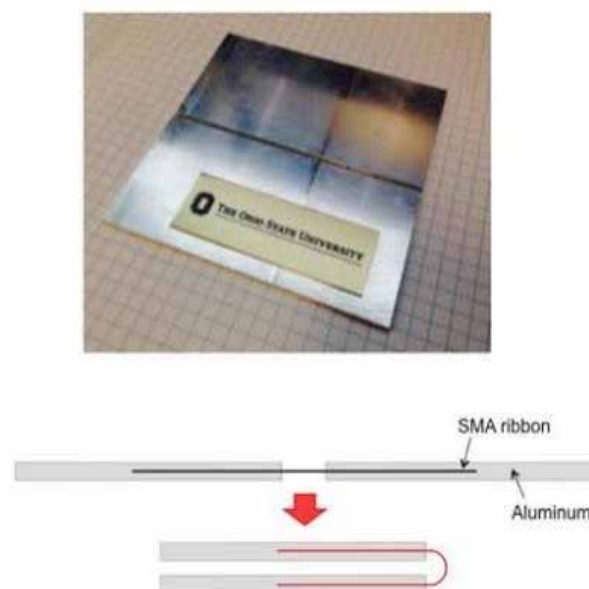


Fig. 14 Aluminum hinge actuated by shape memory (nickel titanium) wires

5.4 Self-deployable systems

Tolley et al. (2013) fabricated self-deployable systems (SDSs) by ALM technology with SMP (Samuel et al., 2013). They use the ALM technology to combine the SMP material and hard matrix material into an intelligent structure, which can realize self-assembly and self-folding under external environmental stimulus. SDS can be applied to detectors, logistics, etc. (Samuel et al., 2013). One of the most famous applications in detectors is the Inchworm Robot. By controlling the repeated bending and folding of the Inchworm Robot, its progressive motion can be realized (Figure 15). Figure 15(a) is the two-dimensional inchworm robot, before it has folded into its functional shape. Figure 15(b) is the folded inchworm, after the servo and battery have been added. This robot weighs 29 g, and moves at a rate of 2 mm/s.

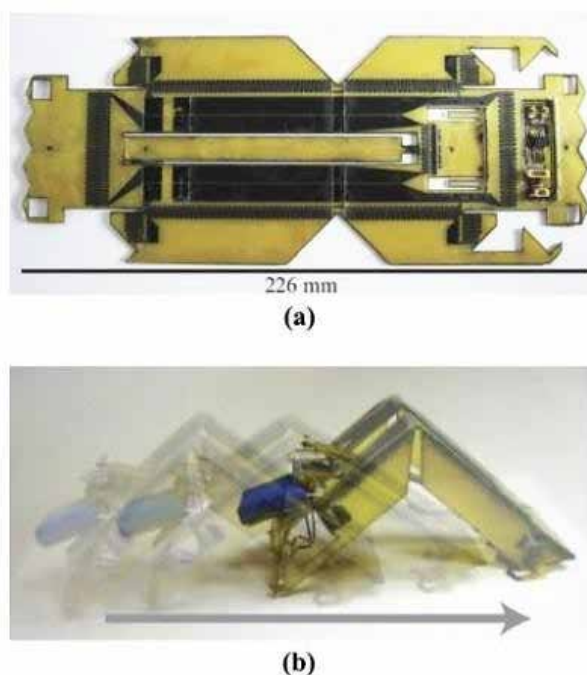


Fig.15 the inchworm robot

To show self-deployability, a schematic is shown in Figure 16. Locomotion is achieved by angling the “feet” at the bottom of the front and back walls [Figures 16(a) and (b)] to create an asymmetric friction. The front wall fold angle relative to the robot body is 45° , and the back wall fold angle is 135° . Sidewalls [Figure 16(c)] are included at right angles to the robot body to improve structural rigidity.

A single dynamic hinge in the middle is controlled by a slider–crank mechanism actuated by a linear servo. The servo is driven by a 0.3 Hz triangle wave from a microcontroller (ATtiny13, Atmel), and powered by a 7.4 V lithium polymer battery (EFLB1202S20, E-flite). The servo is mounted on a platform that folds up 45° from the body [Figure 16(d)].

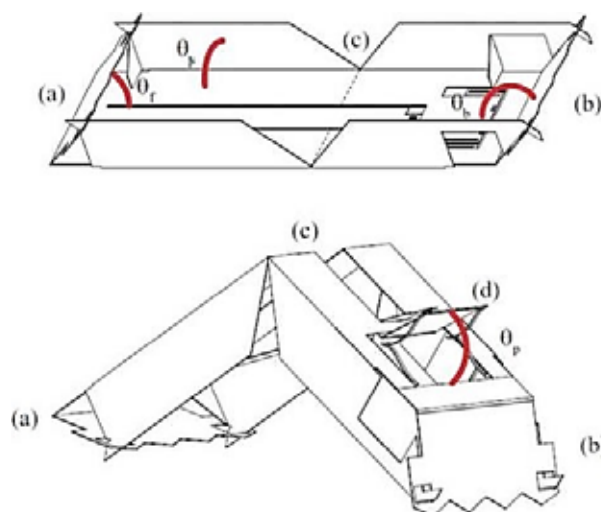


Fig. 16 the inchworm robot after the folding of its front-, backand sidewalls



5.5 4D printing in robotics

4D-PRINTED TWO-WAY ACTUATORS

Materials were chosen for their physical properties, cost and ease of use. A 125-mm-thick sheet of polyetheretherketone (APTIV 1,000, Victrex) is used as a passive substrate because of its high flexural strength (163 MPa) and resistance to fatigue along folds. Pre-stretched polystyrene (KSF50-CIJ, Grafix) was chosen for the contractile layer because of its high compressive strain (50 per cent) when heated above its relatively low transition temperature (160°C) (Ying et al., 2012). The circuits are made on a composite consisting of an 18-mm copper layer and a 12-mm sheet of polyimide.

After completion of the folding process and manual addition of a servo and battery, the inchworm robot weighed 29 g and measured 145 mm in its extended position. The robot was capable of moving on paper at a rate of 2 mm/s for a 0.3 Hz contraction frequency, or 0.8 body lengths per minute, and consumed 0.9 W during locomotion.

Because of the complexity of asymmetric surface friction, this speed was irregular. The stroke length of the foot displacement measured 10 mm; therefore, only 20 per cent of the motion was converted into locomotion, and the rest was lost to slippage. The contraction frequency was chosen because higher frequencies resulted in even more slippage.

shape memory materials (SMMs) are key materials for engineering the next generation of smart robotic 4D-printed actuators. There are two types of SMMs in terms of their morphological transformations: one-way and two-way. One-way SMMs are those that can be programmed into a specific shape.

Upon an external stimulus, such as temperature, they undergo a shape transformation that remains once the stimulus is removed. Conversely, two-way SMMs can reversibly morph between two different shapes by a switching stimulus, essentially a complex bimorph mechanism. To date, most 4D-printed SMMs are one-way (Fig. 17A) (6). One of the first 4D-printed components with two-way actuation was reported by Qi et al. (7). Their approach created a composite structure of two different polymer components, a responsive hydrogel and a one-way shape-memory polymer.

In this combination, switching between two different configurations is caused by swelling or shrinking of the hydrogel, while the shapememory polymer acts as a component for regulating the time in which the morphological transformation occurs. Two-way morphing was shown with several 2D and 3D constructs, such as strips, rings, periodic structures, and



origami architectures. Other researchers have recently 4D-printed liquid crystal elastomers (LCEs) capable of performing rapid and reversible robotic functions (Fig. 17, B and C) (8, 9). LCEs undergo large and reversible shape transformations in response to external stimuli such as temperature or light.



4d-printed soft robotic components for future medical devices

With the increasing adoption of robotics in health care, 4D-printed robotic actuators, especially those made of soft components, will play a crucial role in the development of future medical robotic technologies. Considerable research has focused on the development of soft materials for medical robotic applications because these materials exhibit characteristics—such as biocompatibility, biodegradability, and adaptability—that are essential for medical interventional tools. Although we have seen a tremendous development of 3D-printed soft robotic components, approaches that will enable the miniaturization of 3D soft, smart materials have not yet been developed.

4D-printed small-scale soft structures will enable us to create minimally invasive surgical tools, smart microscaffolds and microstents, and miniaturized adaptive drug delivery reservoirs. However, 3D printing techniques are not yet able to produce miniaturized smart materials with 3D submicrometer details; in some extreme cases, only features with minimum sizes of $\sim 200\mu\text{m}$ can be attained. A promising technique is two-photon polymerization (2PP),

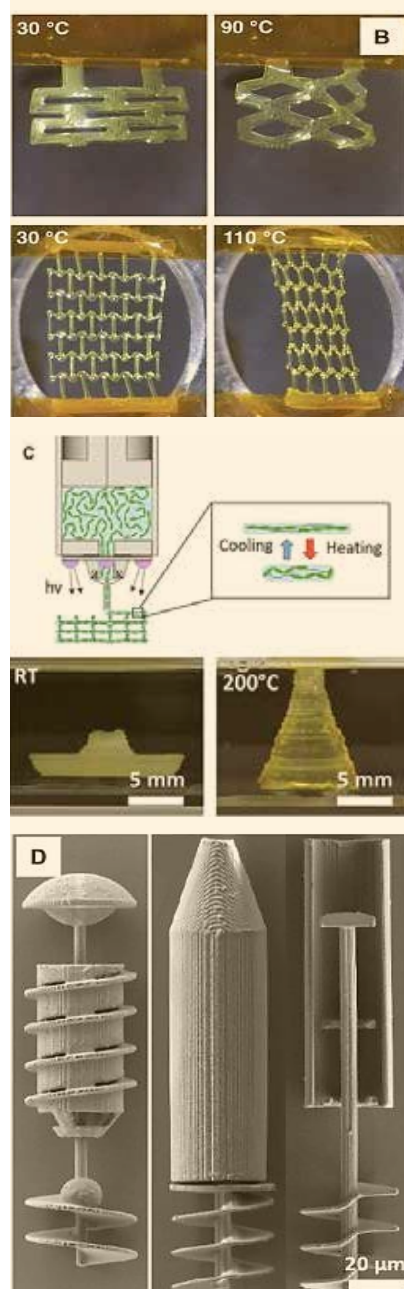


Fig. 17 Four different examples. 4D printing of a one-way SMM (A) (6), 4D printing of a two-way SMM based on LCEs [(B) (8) and (C) (9)], and 3D printing of a wirelessly controlled Archimedes screw pump obtained by 2PP (D) (10). RT, room



also known as 3D laser lithography, which enables the fabrication of high-resolution 3D microarchitectures with heights from a few hundred nanometers up to several millimeters and layer thicknesses below 1 μm . Using this fabrication approach, highly complex smallscale robotic devices have been reported. For example, Huang et al.

(10) used 2PP for the fabrication of magnetic microtransporters with a wirelessly controlled Archimedes screw pumping mechanism (Fig. 17D). However, 4D printing of soft microstructures using 2PP has not been widely reported.

Perspectives

Whether a robotic system consists of a set of arms with end effectors or an assembly of micro- and nanoscale components, the incorporation of 4D-printed materials in these devices will enable new capabilities not currently available.

Although substantial research has been devoted to producing 3D-printed microscale robotic tools, the tools are typically made of nonresponsive, stiff materials. The use of 4D printing in the field of small-scale robots remains unexplored because of challenges in miniaturizing smart materials with available 3D printing techniques.

Producing arbitrary shapes made of two-way responsive materials is also crucial for the successful development of tomorrow's robotic actuators. The integration of other materials, such as magnetic or lightresponsive micro- and nanostructures,

to form 4D-printed composite components will also bring new opportunities in smart robotic actuators. We encourage the robotics community to explore radically new material and fabrication approaches to make 4D printing as ubiquitous as 3D printing.



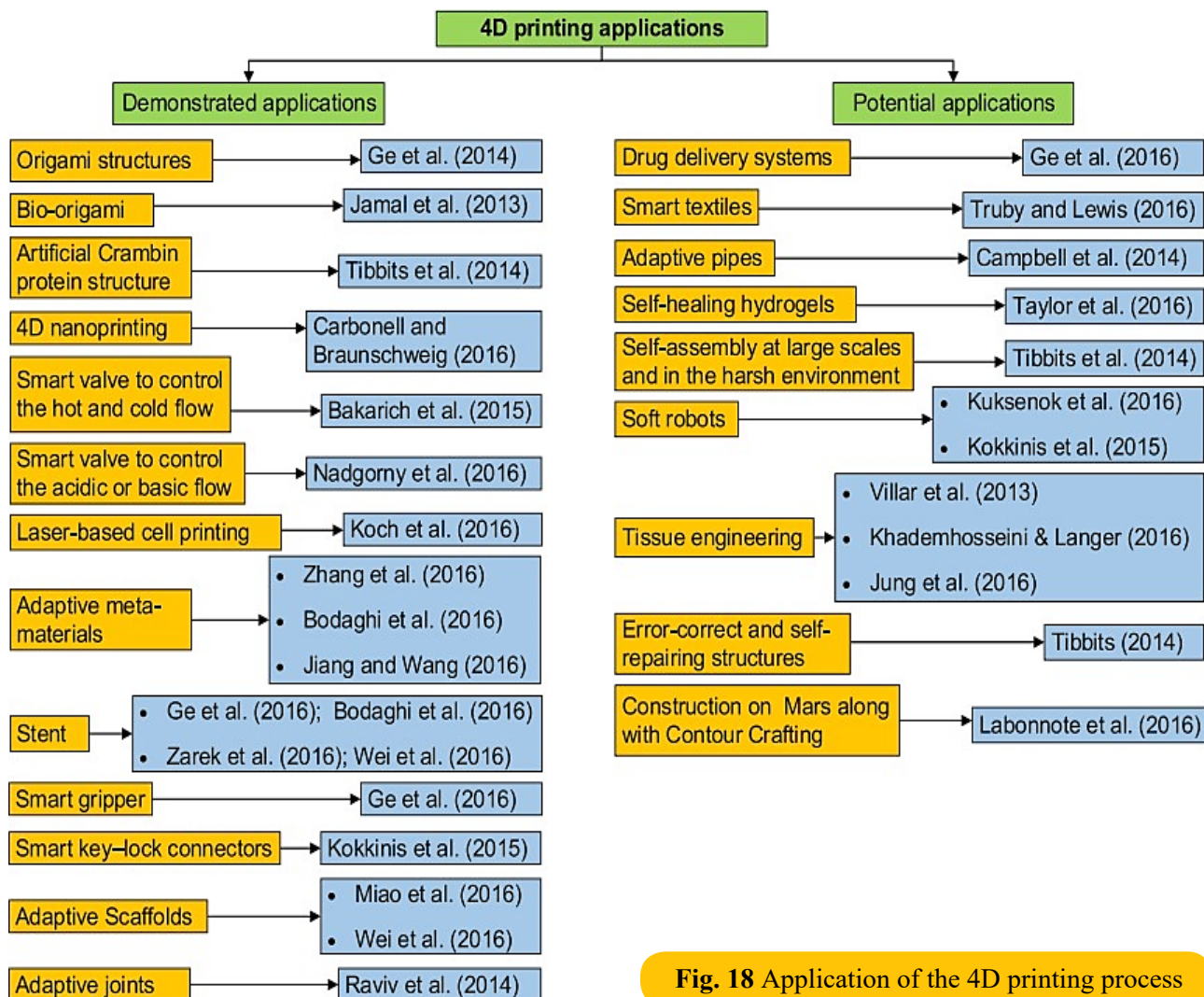


Fig. 18 Application of the 4D printing process

Conclusion

4D printing is the art of combining science with engineering technology. The scientific aspect of 4D printing is related to fundamental research into developing new smart materials, stimuli, and mathematical modeling. From the engineering aspect, the 4D printing process enables innovative and fascinating applications that can hardly be achieved with conventional manufacturing processes. The term, “4D printing,”

was coined in 2013 and since then has received a growing level of attention from various disciplines. The foundation of the 4D printing process includes the 3D printing process, stimulus, smart or stimulus-responsive materials, interaction mechanisms, and mathematical modeling. These properties enable changes in shape/property/functionality after Printing, as a function of time. In addition, 4D printing



has three main capabilities: self-assembly, multi-functionality, and self-repair. More studies need to be performed in the area of self-repair compared with the other two. Mathematical modeling is necessary in the 4D printing process primarily for three reasons: the prediction of the shape shifting as a function of time; the prevention of collisions between components of the structure during self-assembly operations, and finally, reduction of the number of trial-and-error experiments. The mathematical models used in the 4D printing process can be developed based on a desired shape, material structure, material properties, and stimulus properties. 4D printing can be utilized in various scales in interesting applications. To improve and maximize the potential applications of the 4D printing process, a large amount of multidisciplinary research needs to be conducted in the future.



References

- [1] S. Tibbits, The emergence of “4D printing”, TED Conference, 2013.
- [2] J. Choi, O.-C. Kwon, W. Jo, H.J. Lee, M.-W. Moon, 4D printing technology: a review, 3D Printing and Additive Manufacturing, 2, 2015, pp. 159–167.
- [3] M. Jacobsen, Clearing the way for pivotal 21st-century innovation, Giftedness and Talent in the 21st Century, Springer 2016, pp. 163–179.
- [4] S. Tibbits, 4D printing: multi-material shape change, Archit. Des. 84 (2014) 116–121.
- [5] S. Tibbits, C. McKnelly, C. Olguin, D. Dikovsky, S. Hirsch, 4D printing and universal transformation, 2014 DOI.
- [6] Q. Ge, H.J. Qi, M.L. Dunn, Active materials by four-dimension printing, Appl. Phys. Lett. 103 (2013) 131901.
- [7] E. Pei, 4D printing: dawn of an emerging technology cycle, Assem. Autom. 34 (2014) 310–314.
- [8] Z.X. Khoo, J.E.M. Teoh, Y. Liu, C.K. Chua, S. Yang, J. An, K.F. Leong, W.Y. Yeong, 3D printing of smart materials: a review on recent progresses in 4D printing, Virtual and Physical Prototyping 10 (2015) 103–122.
- [9] A.S. Gladman, E.A. Matsumoto, R.G. Nuzzo, L. Mahadevan, J.A. Lewis, Biomimetic 4D printing, Nat. Mater. (2016) DOI.
- [10] Y. Zhou, W.M. Huang, S.F. Kang, X.L. Wu, H.B. Lu, J. Fu, H. Cui, From 3D to 4D printing: approaches and typical applications, J. Mech. Sci. Technol. 29 (2015) 4281–4288.
- [11] D. Raviv, W. Zhao, C. McKnelly, A. Papadopolou, A. Kadambi, B. Shi, S. Hirsch, D. Dikovsky, M. Zyacki, C. Olguin, Active printed materials for complex selfevolving deformations, Sci. Rep. 4 (2014).
- [12] M. Jamal, S.S. Kadam, R. Xiao, F. Jivan, T.M. Onn, R. Fernandes, T.D. Nguyen, D.H. Gracias, Bio-origami hydrogel scaffolds composed of photocrosslinked PEG bilayers, Adv. Healthc. Mater. 2 (2013) 1142–1150.



EDDEM

معرفی نرم افزار

EDDEM Simulation

و کاربرد آن در

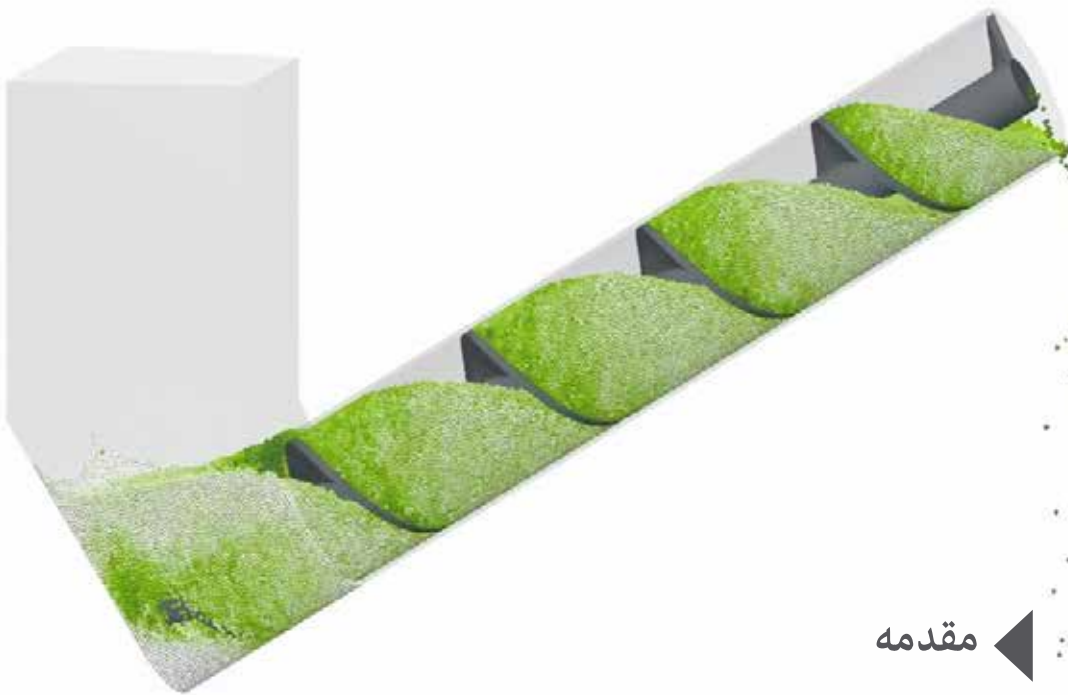
طراحی ماشین های کشاورزی

پدram قیاسی 

دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه
تربیت مدرس 

sadeghrohan@gmail.com





مقدمه

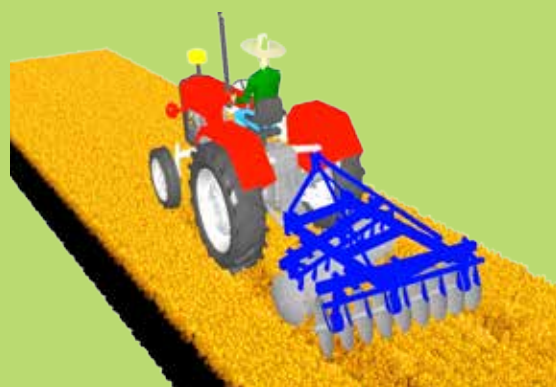
«روش المان مجزا» (Discrete Element Method) یا اصطلاحاً DEM، یکی از روش‌های عددی برای محاسبه فعل و انفعالات تعداد زیادی از ذرات کوچک است. با وجود رابطه بسیار نزدیک DEM با روش شبیه‌سازی «دینامیک مولکولی» (Molecular Dynamics)، ویژگی‌هایی نظیر در نظر گرفتن درجه آزادی دورانی (چرخشی)، وضعیت تماس بین ذرات و هندسه پیچیده، این رویکرد را به طور کلی با گزینه‌های دیگر متمایز می‌کنند. روش DEM در صنایعی همچون کشاورزی، معدن، نفت و گاز، داروسازی، صنایع لاستیک‌سازی و بسیاری دیگر از صنایع کاربرد دارد. تفاوت روش MD و DEM در تعریف رفتار و اندرکنش است؛ به عنوان مثال، در رفتار دینامیک مولکولی ذرات از توابعی همچون تابع پتانسیل لِنارد – جونز استفاده می‌شود اما در روش DEM از روش‌هایی مانند JKR استفاده می‌شود.

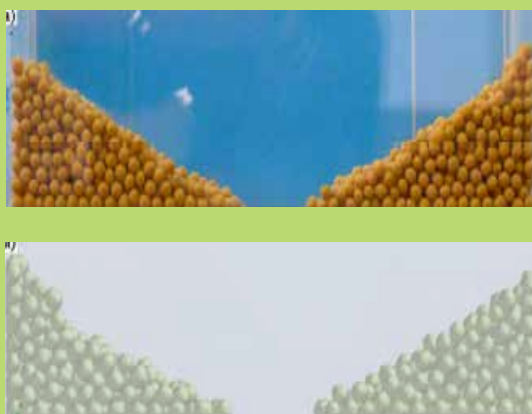
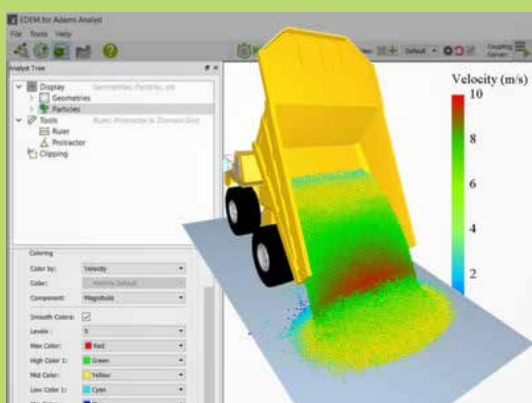


نرم افزار EDEM محصولی از شرکت Edem simulation است که در صنایعی همچون کشاورزی، معدن، راهسازی و بهینه سازی مواد فله ای (bulk material) مانند داروها، مواد شیمیایی و پودرهای فلزی می باشد. این نرم افزار از روش المان های گسسته (Discrete Element Method) بهره گرفته است که در آن هر ذره مورد ردگیری قرار می گیرد و تمامی حرکات آن و نیروهای وارد بر آن بررسی و شبیه سازی می شود به همین دلیل یک نرم افزار بسیار عالی برای شبیه سازی فرایندهای شامل ذرات توده ای است. این نرم افزار برای اولین بار در سال ۲۰۰۶ به بازار معرفی شد و خیلی زود توانست جایگاه خودش را در آزمایشگاه های مجازی صنایع و بسیار از دانشگاه ها پیدا کند. نرم افزار Edem تطبیق بسیار خوبی با دیگر نرم افزارهای مهندسی دارد و همین امکان کوپل شدن با دیگر نرم افزارهایی نظیر فلونت (fluent)، آباکوس (ABAQUS)، آدامز (Adams)، باعث کاربردی شدن این نرم افزار در صنایع مختلف شده است.

از قابلیت های خاص نرم افزار EDEM در استخراج سنگ آهن و فولادسازی می توان به موردهایی مثل شناسایی پروفیل سایش در SAG Mill، بهینه سازی عملکرد خطوط، بهینه سازی توزیع مواد در کوره بلند، پیش بینی مناطق مستعد سایش شدید، پیش گیری از انسداد ناودان، شناسایی سرعت مازاد مواد و جریان های توزیع شده، بهینه سازی مقاومت سایشی و تضمین انتقال صحیح سنگ های معدنی از معدن به کارخانه اشاره نمود.

نرم افزار EDEM قابلیت های انحصاری بسیاری در حیطه شبیه سازی و تجزیه و تحلیل ماشین های سنگین راه سازی و کشاورزی، مانند لودرها، کمباین ها و غیره دارد که به طور مثال می توان به تجزیه و تحلیل لودینگ و آنلودینگ، کاهش سیکل لودینگ و مصرف سوخت، شناسایی محل های سایشی، شبیه سازی المان محدود گسترده (X-FEM)، محاسبه ی نیروهای وارده بر تجهیزات، مقایسه نیروهای وارده برای مواد مختلف، تعیین ریسک استهلاک و تخریب تجهیزات و شبیه سازی تمامی فرایندهای درو کردن انواع محصولات کشاورزی مانند گندم و برنج اشاره نمود.





Reference

Yang, L., Chen, L., Zhang, J., Liu, H., Sun, Z., Sun, H., & Zheng, L. (2018). Fertilizer sowing simulation of a variable-rate fertilizer applicator based on EDEM. IFAC-PapersOnLine, 51(17), 418423-.

Yan, D., Yu, J., Liang, L., Wang, Y., Yu, Y., Zhou, L.; Sun, K.; Liang, P. (2021). A Comparative Study on the Modelling of Soybean Particles Based on the Discrete Element Method. Processes 2021, 9, 286.

از همه قابلیت‌های کاربردی EDEM که بگذریم؛ این نرم‌افزار پتانسیل بسیار مناسبی برای اهداف پژوهشی دارد. با استفاده از ابزارهای شبیه‌سازی FEA، DEM، CFD و MBD می‌توان بسیاری از پدیده‌های چند جسمی و چندگانه مهندسی را با کوپل کردن با نرم‌افزارهای که پیش‌تر به آن‌ها اشاره کردیم، مورد آنالیز قرار داد. از شبیه‌سازی حرکت ذرات الکترون گرفته تا برخورد فوتون‌ها به سطوح فلزات و یا چسبیدن و تجمع و نهایتاً رسوب ذرات در داخل رگ یا لوله‌های حامل مایعات و کاربردهای بسیار دیگری.

همچنین در فرایند طراحی و ساخت ماشین‌های کشاورزی در مراحل کاشت، داشت و برداشت این نرم‌افزار می‌تواند نقش مهم و قابل توجهی را ایفا کند. در طراحی ابزارهای خاک‌ورز می‌توان خاک را به صورت گرانول در نرم‌افزار شبیه‌سازی کرد و اثرات برهمکنش خاک و ابزار را بررسی نمود. همچنین در ماشین‌های برداشت مانند کمباین تمامی مراحل از قبیل کوبش، جداساز و تمیز کننده می‌تواند در نرم‌افزار مورد بررسی قرار گیرد و پس از اعتبار سنجی با نتایج تجربی، از مدل ایجاد شده در نرم‌افزار بهره‌مند شد. این نرم‌افزار در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است.

دو نگویند و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از نرم‌افزار EDEM Simulation برخی خواص فیزیکی سوپا را مدل‌سازی کردند. آن‌ها از ۵ الی ۱۳ کره برای مدل‌سازی شکل سوپا استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار EDEM Simulation به خوبی توانسته است همبستگی مناسبی با آزمون‌های تجربی برقرار کند.

با استفاده از روش المان گسسته در نرم‌افزار EDEM Simulation پاشش کود در یک کودپاش سانتریفیوژ توسط لیووی یانگ و همکاران (۲۰۱۸) شبیه‌سازی شد و اثرات زاویه پره‌های دیسک چرخان بر گستردگی پاشش کود بررسی شد و این نتیجه حاصل شد که کودپاش سانتریفیوژ مورد بررسی، دارای استانداردهای لازم نیست و در تحقیقات بعدی این ماشین باید اصلاح شود.



فراخوان دریافت مقالات و مطالب علمی نشریه علم-ترویج

صنعت سبز نوین

با توجه به اهمیت هم‌افزایی و همچنین معرفی پژوهش‌های انجام شده در این رشته و دستاوردهای آن به علاقه‌مندان و ترویج آن؛ از همه اساتید، پژوهشگران و دانشجویان در رشته‌های مهندسی مکانیک بیوسیستم، مهندسی مکانیزاسیون، مهندسی ماشین‌های صنایع غذایی و رشته‌های مرتبط دعوت می‌شود جهت ارسال مطالب خود به نشریه علمی ترویجی صنعت سبز نوین از طریق راه‌های ذکر شده اقدام فرمایند.

همچنین از شماره‌های گذشته، بخشی با نام «دست‌آورد» برای معرفی طرح‌ها و پژوهش‌های انجام شده با هدف معرفی توانایی‌های دانشجویان در این رشته به صورت ثابت به نشریه اضافه شده است که علاقه‌مندان می‌توانند طرح‌ها و دستاوردهای خود را در این بخش با نام خود معرفی نمایند.

نحوه ارسال مطالب:

- مراجعه به سایت رسمی نشریه به نشانی sanatsabzsaj.ut.ac.ir و بخش ارسال مقالات
- ارسال مقاله به ایمیل نشریه به نشانی: sanat.sabz.pub@gmail.com

جهت کسب اطلاعات بیشتر، می‌توانید به شماره‌های پیشین نشریه که در سایت و تلگرام نشریه موجود است، مراجعه کرده و با آی دی تلگرام [@sanatsabznovin](https://t.me/sanatsabznovin) یا شماره ۰۹۰۳۷۰۲۵۷۳۹ در ارتباط باشید.

راه‌های ارتباطی نشریه:

 sanat.sabz.pub@gmail.com

 <http://sanatsabzsaj.ut.ac.ir>

  SanatSabz_UT

 099037025739





کاربرد اینترنت اشیا در
کشاورزی ۲

<https://b2n.ir/iotagriculture2>



کاربرد اینترنت اشیا در
کشاورزی ۱

<https://b2n.ir/iotagriculture>



اولترافیلتراسیون

<https://b2n.ir/ultrafiltration>



دوازدهمین دوره
جشنواره حرکت

<https://b2n.ir/harekat12>



تکنولوژی "4D"
printing چیست؟؟

<https://b2n.ir/4dprinting>



پرینترهای ۴ بعدی،
تکنولوژی جدید در
طراحی های آینده

<https://b2n.ir/4dprinting>



Autodesk Moldflow

<https://b2n.ir/MOLDFLOW>



گلخانه های هوشمند ۱

<https://b2n.ir/intelligentgreenhouse>



گلخانه های هوشمند ۲

[/https://b2n.ir/intelligentgreenhouse2](https://b2n.ir/intelligentgreenhouse2)

راه های ارتباطی انجمن:

 machinery.utcan@ut.ac.ir



saame_ut



ذخیره سازی انرژی های
تجدید پذیر ۱

<https://b2n.ir/savingenergy>



ذخیره سازی انرژی های
تجدید پذیر ۲

<https://b2n.ir/savingenergy2>

