

نشریه علمی ترویجی

# صنعت سبز نوین



#من\_ماسک\_می\_زنم

شماره مجوز: ۱۳۲/۱۳۰۸۰۱

مهندسی مکانیک بیوسیستم

مهندسی مکانیزاسیون

مهندسی ماشین‌های صنایع غذایی

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

دوره پنجم، شماره سوم، بهار ۱۴۰۰



در این شماره خواهید خواند:

- ◀ سامانه تفکیک پسماند جامد شهری - بخش اول
- ◀ کاربرد پرتوهای گاما و بنفش در کشاورزی هسته ای
- ◀ تاثیر به کارگیری ماشین آلات کشاورزی در توسعه کشت مخلوط
- ◀ کنترل محصولات کشاورزی با استفاده از اینترنت اشیا و تکنیک داده کاوی
- ◀ بررسی کاربردهای تشخیصی سامانه‌های ماشین بینایی، ماشین بویایی و ماشین چشایی
- ◀ A brief review on Hydrogen energy and state of the art of hydrogen storages



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 اول، بهار ۱۴۰۰

شماره مجوز: ۱۳۰۸۰۱/۱۳۲

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 (دانش آموخته‌ی 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)، میثم امامیان (دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه تهران)، علیرضا صبا (دانشجوی کارشناسی مهندسی ماشین‌های صنایع غذایی دانشگاه تهران)، ناهید طاهرزاده (دانشجوی دکتری مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه تهران)

همکاران این شماره: دکتر عبدالنبی انصاری اصل (عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول)، سارا طبائی (دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی انرژی، موسسه فناوری نیویورک)، شیما مسعودی (دانشجوی رشته مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، مجتمع آموزش عالی شیروان)، احمد بیژنی (دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول)، علیرضا شفیعزاده (دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تهران)، کیاش آرین (دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران)، الناز ملکی قلیچی (دانشجوی دکتری مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه تهران)

طراحی و صفحه‌آرایی: علیرضا فتح الهی

ویراستاران علمی و ادبی: ناهید طاهرزاده، نجمه توکلی، عمار صالحی، محمد قوشچیان

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)

بر اساس مجوز شماره ۷۴۰۲۸۴۱ تاریخ ۲۰/۱۲/۱۳۹۸ 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.



sanat.sabz.pub@gmail.com



: کانال تلگرام ایستا و سروش



@SanatSabz\_UT



http://sanatsabzsj.ut.ac.ir



09037025739



پیج اینستاگرام:

instagram.com/SanatSabz\_UT



پژوهش‌های علمی و فناوری  
معاونت محترم پژوهشی  
دانشگاه تهران

معاونت محترم فرهنگی و اجتماعی  
دانشگاه تهران

۸



کاربرد پرتوهای گاما و بنفش در کشاورزی  
هسته‌ای

۱۶



تأثیر به‌کارگیری ماشین‌آلات کشاورزی  
مخصوص در توسعه‌ی کشت مخلوط

۲۸



کنترل محصولات کشاورزی با استفاده از  
اینترنت اشیا و تکنیک داده‌کاوی

A brief review on Hydrogen energy and state of the art of hydrogen storages



سامانه تفکیک پسماند جامد شهری

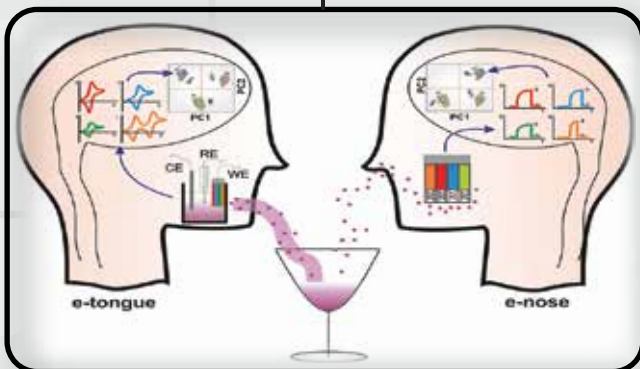


Gholamreza Salehi Jouzani  
Meisam Tabatabaei  
Mortaza Aghbashlo Editors

## Fungi in Fuel Biotechnology

معرفی کتاب

بررسی کاربردهای تشخیصی سامانه‌های ماشین  
بینایی، ماشین بویایی و ماشین چشایی



۵۴

۶۰

۴۴

۶۴

امام علی (علیه السلام) فرمودند :

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

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

## سخن آغازین

### بسم الله الرحمن الرحيم


متأسفانه یک جریانی در کشور وجود دارد که با پدیده‌ی جنبش علمی با بددلی برخورد می‌کند. اینکه من به شما دارم عرض میکنم برای این است که خود شما که عناصر تشکیل‌دهنده‌ی این جریان علمی هستید، توجه داشته باشید که در مقابل شما یک جریان بددلانه‌ای، بدخواهانه‌ای وجود دارد؛ شما مایوس نشوید؛ حرف من این است. یکی از کارهای آن جریانی که من تعبیر می‌کنم از آن به بددل یا بدخواه حرکت علمی، این است که اصل جنبش علمی را انکار می‌کند، اصلاً گویی که چنین چیزی نیست. من در یک جلسه‌ای قضیه‌ی آن دانشگاه استنفورد را اینجا مطرح کردم، گفتم که تصمیم دارند، اصرار دارند که بگویند: «تخیر هیچ اتفاقی نیفتاده»؛ در حالی که شما دارید اتفاق را جلوی چشم خودتان می‌بینید، خودتان در حال حرکت علمی و پیشرفت علمی هستید؛ این‌ها انکار می‌کنند، می‌گویند چنین چیزی نیست. اینکه شما می‌گویید حلقه‌ی واسطی بین دانشگاه و مردم به وجود بیاید، حالا ما اینجا داریم مدام اصرار میکنیم که «کار علمی، پیشرفت علمی، جهش علمی شروع شده» - که واقعیت هم هست - یک عده هم می‌گویند: «تخیر اتفاقی نیفتاده» که آن عده هم متأسفانه از داخل دانشگاه این حرکت بدخواهانه را دنبال می‌کنند، خب مردم دچار تردید می‌شوند. پس بنابراین یکی از کارهای آن‌ها انکار است. بعد، یکی از کارهای بدشان دلالتی جابه‌جا کردن نخبه‌های کشور است که این کار هم دارد انجام می‌گیرد. نخبه را از ماندن در داخل دلسرد کنند که «چرا می‌مانی، بی‌خود خودت را معطل میکنی، عمرت را تلف میکنی»، در حالی که او مال اینجا است، پاره‌ی تن اینجا است، با رشد کشور، او رشد می‌کند؛ با رشد او، کشور رشد می‌کند؛ او وظیفه‌اش را انجام میدهد؛ او را از ماندن در اینجا مایوس کنند و حالا به یک جلوه‌ای در خارج او را جابه‌جا کنند که از این دانشگاه برود به جای دیگر؛ این هم از کارهایی است که الان دارد انجام می‌گیرد. وظیفه‌ی وزارت علوم و وزارت بهداشت است که از دانشگاه‌ها مراقبت کنند، پاکسازی کنند. جوانان را ناامید می‌کنند، بعد که به آن‌ها اعتراض می‌شود، می‌گویند: «خبرهایی که به فلانی و به مقامات و به سطوح مسئولین عالی کشور میرسد، خبرهای یک‌جانبه است، فقط جهات مثبت را به این‌ها می‌گویند، جهات منفی را نمی‌گویند»؛ جهات منفی چیست؟ مثلاً فرض کنید سرقت‌های علمی یا مثلاً بی‌کیفیتی بسیاری از مقالات. چرا، می‌گویند؛ لازم هم نیست، ما خودمان می‌دانیم؛ خیلی از این آسیب‌های گوناگون را در سخنرانی‌های با دانشجویها و با مجموعه‌های علمی و دانشگاه‌ها خود من گفته‌ام. بحث کمبود کیفیت، بحث همین مسئله‌ی سرقت‌های علمی، بحث علم غیر نافع، این‌ها اشکالاتی است که خود ما زودتر از آن‌ها گفته‌ایم، بیشتر از آن‌ها می‌دانیم اما جنبه‌های مثبت را وقتی انسان نگاه می‌کند به مراتب راجح از این جنبه‌های منفی می‌بیند. بله این جنبه‌های منفی هم هست، ما مشکلات داریم.

گزیده‌ای از بیانات مقام معظم رهبری در دیدار با نخبگان و استعداد‌های برتر علمی



## کاربرد پرتوهای گاما و بنفش در کشاورزی هسته‌ای



نویسندگان: 

شیما مسعودی

دانشجوی رشته مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، مجتمع آموزش عالی شیروان

✉ SHIMA.MASOUDI1997@GMAIL.COM

مصطفی جعفریان

دانش‌آموخته دکتری مکانیک بیوسیستم دانشگاه تهران و مدرس مجتمع آموزش عالی شیروان

✉ M.JAFARIAN@UT.AC.IR





## چکیده

امروزه استفاده از ایزوتوپ‌های مواد رادیواکتیو در به‌دست آوردن اطلاعات از گذشته، اندازه‌گیری‌های صنعتی، کنترل کیفی محصولات کشاورزی، تشخیص و درمان بیماری‌ها و تولید گونه‌های مقاوم محصولات کشاورزی نسبت به آفات، کمبود آب و... کاربرد فراوان یافته‌است. خصیصه‌ی اصلی که باعث استفاده‌ی این مواد در صنعت می‌شود؛ ویژگی پرتوافکنی مواد رادیواکتیو است که بدون هیچ‌گونه خطری برای انسان، نتایج بسیار مطلوبی را به ارمغان می‌آورد. در فناوری کشاورزی هسته‌ای، بدون استفاده از سموم شیمیایی می‌توان با بسیاری از حشرات و آفات مبارزه نمود. هم‌چنین با استفاده از مواد رادیواکتیو می‌توان در گیاهان خاصیتی ایجاد کرد که از حداکثر آب موجود در خاک استفاده کنند. استفاده از این مواد علاوه‌بر کاهش مصرف آب و هزینه‌های تولید، مانع از هدر رفتن آب می‌شود. از جمله پرمصرف‌ترین عوامل تولید جهش، ایجاد جهش‌های سوماتیکی با استفاده از اشعه‌ی ماوراءبنفش است که باعث شکستن DNA و حذف مضاعف در DNA می‌شود. پرتوهای گاما و نوترون‌ها دارای انرژی بالایی هستند. موتاسیون‌های شیمیایی و جهش‌زا برای ایجاد جهش در گیاهان برتر قابل استفاده هستند. نتایج نشان می‌دهد که یکی از راه‌های افزایش تنوع ژنتیکی در گیاهان، ایجاد جهش در آن‌ها از طریق اشعه‌ی گاما است.

**کلمات کلیدی:** اشعه‌ی گاما، اشعه‌ی ماوراءبنفش، انرژی هسته‌ای، پرتودهی، محصولات کشاورزی



## مقدمه



فناوری و علوم هسته‌ای به‌منظور اصلاح گیاهان زراعی و باغی، تولید گیاهان با سطوح مختلف پلئیدی، ایجاد گیاهان و محصولات مقاوم نسبت به تنش‌های محیطی و ایجاد سویه‌های جدیدی از گیاهان قابل استفاده است. مهم‌ترین کاربردهای فناوری هسته‌ای در اصلاح گیاهان زراعی و باغی عبارت‌است‌از: افزایش تنوع ژنتیکی، تولید موتاسیون القایی، حذف موانع ناسازگاری و تسریع تکامل طبیعی. اصلاح بسیاری از صفات مهم زراعی مانند ارتفاع گیاه، زمان رسیدن و برخی تنش‌های محیطی، از طریق تولید جهش‌های مربوطه با پرتوتابی هسته‌ای امکان‌پذیر است.

### قدرت جذب مواد توسط گیاه

در بخش کوددهی به گیاهان و محصولات کشاورزی، با نشان‌دار کردن یک کود به چگونگی جذب آن پی برده می‌شود. همچنین ایجاد موتاسیون در ژن‌های گیاهان و ایجاد جهش‌های مفیدی که می‌تواند منجر به تولید محصولات مقاوم در برابر سرمازدگی، آفت‌زدگی، کم‌آبی و... شود؛ از جمله دیگر کاربردهای انرژی هسته‌ای در عرصه کشاورزی است.

علوم و فنون هسته‌ای جزء فناوری‌های پیشرفته و برتر عصر کنونی هستند. با توجه به محدود بودن منابع فسیلی و انرژی‌های طبیعی، ایران از چند سال پیش به پژوهش و استفاده از انرژی هسته‌ای در بخش‌های صلح‌آمیز پرداخته است. تولید برق هسته‌ای مهم‌ترین هدف اعلام شده از سوی ایران است. با رشد و توسعه اجتماعی و اقتصادی، ارتقای سطح زندگی، بهبود شاخص‌های زندگی و همچنین تقاضای صعودی برق در بخش‌های خانگی و صنعتی، استفاده از انرژی هسته‌ای مقرون‌به‌صرفه است. یکی از ارکان توسعه‌ی اقتصادی در بخش کشاورزی، دانایی محوری و تلاش برای خودکفایی است. دانش هسته‌ای، فرآیند تحقق این اهداف را سرعت بخشیده است. با افزایش جمعیت، نیاز به غذا افزایش می‌یابد و تولید بیشتر محصولات کشاورزی را می‌طلبد. در نتیجه، منابع آبی به تدریج کاهش و فرسایش خاک افزایش می‌یابد. در صورت ادامه‌ی این روند، شاهد نابودی منابع آبی و خاکی کشور خواهیم بود. همچنین به دلیل ازدست‌دادن محیط و تخریب منابع نباید تولید متوقف شود؛ بلکه باید بین این دو، رابطه‌ای برقرار شود تا در آن روش‌های تولید و نیز روش‌های حفاظت منابع آب و خاک در تعادل باشند. یکی از راه‌های استفاده‌ی بهینه از منابع آب و خاک و تأمین امنیت غذای جامعه‌ی امروز و نسل آینده، استفاده از فناوری هسته‌ای است.





## پرورش طیور

با استفاده از پرتودهی گاما و افزایش عمر ماندگاری جوانه‌زنی سیب‌زمینی و پیاز در انبارها و حفظ کیفیت این محصولات نیز از جمله طرح‌های تحقیقاتی است که محققان علوم کشاورزی در دست مطالعه و اجرا دارند.

### کاربرد انرژی هسته‌ای در مبارزه با آفات محصولات کشاورزی

استفاده از پرتودهی گاما در آفت‌زدایی از محصولات، هیچ آسیبی به محصول نمی‌رساند. حال آن‌که استفاده از مواد شیمیایی و سموم در مبارزه با آفات، علاوه بر کاهش سلامت محصول، سبب آلودگی محیط‌زیست و منابع آب و خاک می‌شود. به‌عنوان مثال: در یکی از این روش‌ها با استفاده از انرژی هسته‌ای و پرتوتابی گاما، آفات را عقیم می‌کنند و با رهاسازی آفات و حشره‌های عقیم، به‌مرور جمعیت آفات کاهش می‌یابد. این روش هم‌اکنون برای کنترل آفت کرم گلوگاه انار و بیماری میکروبی خرما که سبب ترشیدگی و شکرک این محصول می‌شود؛ در سازمان انرژی اتمی در حال اجرا است.

عمل‌آوری خوراک طیور از طریق پرتوتابی، فرآیندی است که در آن مواد خوراکی در بازه‌ی زمانی معین، در معرض تابش پرتوهای پرانرژی و یون‌ساز با دز مشخص قرار داده می‌شوند. پرتوهای گاما، الکترون، ایکس، ماوراءبنفش، مادون‌قرمز و مایکروویو، عمده‌ی پرتوهای مورد استفاده در عمل‌آوری مواد خوراکی دام و طیور هستند. در پژوهش‌های علوم دامی از این پرتوها برای افزایش کیفیت پروتئین، بهبود قابلیت هضم مواد مغذی و کاهش یا حذف آلودگی‌های میکروبی خوراک دام و طیور استفاده شده‌است.

### تولید میوه‌های بدون هسته

در این روش با استفاده از پرتوتابی گاما به بذر مرکبات یا میوه‌های هسته‌دار، می‌توان میوه‌های با هسته‌ی کوچک یا بی‌هسته با اصلاح ژنتیکی تولید کرد که علاوه بر خوش‌خوراک‌بودن، در جذب بازارهای بین‌المللی و ارتقای کیفیت محصول مرکبات و میوه‌های هسته‌دار مؤثر است.

### افزایش ماندگای محصولات کشاورزی

با استفاده از پرتودهی گاما و افزایش عمر ماندگاری محصولات باغی به‌ویژه مرکبات، ضایعات میوه کاهش پیدا می‌کند و زمان بیشتری برای بازاریابی و صادرات این محصولات به بازارهای بین‌المللی برای تولیدکنندگان و صادرکنندگان فراهم می‌شود. حفظ طعم و تازگی میوه‌ها به‌ویژه مرکبات نیز از دیگر مزایای کاربرد انرژی هسته‌ای در کشاورزی است. به‌تأخیر انداختن



## اثرات پرتوتابی

سیتوکینین نسبت به اکسین باشد. با توجه به اثر سیتوکینین بر روی تقسیم سلولی، این هورمون در چرخه‌ی سلولی روی مرحله گذر G1 به S و G2 به M و پیشرفت کامل فاز S اثر می‌گذارد. همچنین اکسین نیز تا حدودی روی تقسیم سلولی اثرگذار است. در سلول‌های گیاهی باید نسبت مناسبی از هر دو هورمون برقرار شود تا سلول‌ها تقسیم شوند. یک عامل مقدار اکسین است. شواهدی وجود دارد که بیان می‌کند؛ به‌دنبال تابش اشعه به گیاهان، مقدار اکسین کاهش می‌یابد.

## کاربرد فناوری هسته‌ای در مواد غذایی

افزایش جمعیت، تنوع و کثرت انواع غذاهای فرآوری شده یا آماده‌ی مصرف، اهمیت بیماری‌های ناشی از غذا و عوامل مولد فساد در مواد غذایی، استفاده از روش‌های نوین نگهداری مواد غذایی نظیر پرتودهی را الزامی کرده‌است. پرتودهی توانایی کنترل بیماری‌های غذازاد، کنترل عوامل مولد فساد در غذا، دفع حشرات و آفات، جلوگیری از جوانه‌زنی و رسیدن میوه و سبزیجات را دارد.

پژوهشگران به این نتیجه رسیده‌اند که گیاهان به تشعشعات یونیزه حساس هستند. پرتو با ایجاد تغییراتی در مولکول DNA باعث می‌شود که این مولکول به‌عنوان الگو برای تشکیل RNA عمل نکند و یا بر روی آنزیم‌ها و سایر فاکتورهای رونویسی اثر گذاشته و موجب کاهش و عدم سنتز پروتئین می‌شود. اختلال در پردازش RNA حاصل رونویسی ژن‌ها در اثر پرتو ممکن است عاملی برای کاهش پروتئین و یا افزایش فعالیت آنزیم پرتوتولیز شود و باعث تجزیه پروتئین شود (به‌خصوص پروتئین‌های بزرگ‌تر که در اثر اشعه دچار شکستگی می‌شوند). طبق بررسی‌های انجام شده، گیاهان تابش‌دیده دارای وزن خشک و وزن تر بیشتری نسبت به گیاهان شاهد هستند و این افزایش رشد در سلول‌های جوان به‌دلیل افزایش تقسیمات سلولی است. همچنین افزایش رشد و افزایش تقسیم سلولی گیاهان تابش‌دیده ممکن است به‌دلیل تغییر درون‌سلولی میزان





## مدیریت دفع پسماندهای هسته‌ای

شیمیایی و یا مکانیکی نمی‌توان آن‌ها را از بین برد. بنابراین تنها راه نابودی این‌گونه پسماندها، فروپاشی و تبدیل آن‌ها به عناصر پایدار است که خود مستلزم بررسی و شناخت کافی با اصول و راه‌های علمی، استاندارد و ایمن طبقه‌بندی،مایش، دفع و دورریزی پسماندهای هسته‌ای می‌باشد.

### انواع اشعه

#### پرتوقابلی اشعه‌ی ماوراءبنفش

از جمله پرمصرف‌ترین عوامل تولید جهش، ایجاد جهش‌های سوماتیکی با اشعه‌ی ماوراءبنفش است که باعث شکستن DNA و حذف مضاعف در DNA می‌شود. پرتوهای گاما و نوترون‌ها دارای انرژی بالایی هستند. نور ماوراءبنفش UV برای جهش‌زایی مناسب است. جهش‌زایی اشعه‌ی ماوراءبنفش برای انکوبه شدن سلول‌ها در تاریکی از اهمیت زیادی برخوردار است. از این طریق می‌توان تغییرات در DNA را عکس‌برداری کرد. هنگامی که کالوس در معرض اشعه‌ی ماوراءبنفش قرار دارد، چنان‌چه گیاه در معرض تنش خشکی باشد؛ تأثیر این تنش بر رشد کم‌تر خواهد بود. این موضوع می‌تواند ناشی از تغییرات ژنتیکی یا اپی‌ژنتیکی باشد. تأثیر غلظت‌های مختلف اشعه‌ی ماوراءبنفش روی DNA سلول‌های گیاهی بررسی شده‌است. نتایج حاکی از آن است که تابش اشعه‌ی ماوراءبنفش می‌تواند بر بسیاری از جنبه‌های DNA در سطح فیزیولوژیکی اثرگذار باشد.

امروزه استفاده از مواد رادیواکتیو در مراکز تحقیقاتی، پزشکی، صنعتی، کشاورزی و... سبب تولید مواد زائد خطرناک رادیواکتیو می‌شود. عدم توجه به مدیریت صحیح پسماندهای هسته‌ای که این پسماندها علاوه بر سمی بودن، پرتوهای رادیواکتیو را نیز از خود ساطع می‌کنند؛ باعث بروز آثار سوء بر روی سلامت انسان و آلودگی محیط‌زیست می‌شود. بدین سبب آن‌ها را بر اساس منبع تولید، سطح اکتیویته، حالت فیزیکی و پرتوزایی طبقه‌بندی می‌کنند. هدف از این طبقه‌بندی به‌گونه‌ای است که جابه‌جایی، نگهداری، آمایش، بسته‌بندی و دفع آن‌ها را آسان نماید. در یکی از مهم‌ترین روش‌های طبقه‌بندی، پسماندهای رادیواکتیو به سه دسته‌ی مایع، جامد و گاز طبقه‌بندی می‌شوند. هر یک از سه دسته‌ی فوق را نیز برحسب میزان پرتوزایی به چند گروه تقسیم می‌کنند. امروزه مشکل اساسی در مورد پسماندهای هسته‌ای و ضایعات رادیواکتیو این است که برخی از هسته‌ها و مواد رادیواکتیو موجود در آن‌ها، دارای نیمه‌عمر طولانی بوده و در طول این مدت، بایستی از محیط‌زیست و مردم جدا نگهداری شوند. درحالی‌که نیمه‌عمر برخی از عناصر حاصل از شکافت هسته‌ای از قبیل ترانس اورانیوم، به بیش از هزاران سال می‌رسد. از همین رو تا فروپاشی و تجزیه کامل مواد رادیواکتیو و پسماندهای هسته‌ای، همواره انسان و محیط قرار دارد. پسماندها و ضایعات رادیواکتیو و هسته‌ای، دارای نیمه‌عمرهای طولانی و خواص فیزیکی، شیمیایی و رادیولوژیکی متفاوتی می‌باشند که با هیچ روش شناخته‌شده‌ی

## پرتو تابشی اشعه‌ی گاما

می‌شود. زیرا این پروتئین‌ها نقش مهمی در مسیره‌های سیگنالینگ و دفاع آنتی‌اکسیدانتهی جهت عملکرد مناسب، رشد و بقاء گیاه در برابر اشعه‌ی گاما دارا می‌باشند. تابش اشعه‌ی گاما اصلی‌ترین جهش سوماتیک است که برای القای تغییرات ژنتیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از پرتوهای گاما برای ایجاد تنش‌های زنده و غیرزنده و تغییرات در ویژگی‌های گیاهانی که از دانه رشد می‌کنند؛ استفاده می‌شود.

تابش اشعه‌ی گاما به‌عنوان یک سیگنال محیطی آنزیم فعال می‌شود. افزایش بیان ژن در پاسخ به این تغییرات محیطی انجام می‌شود و در نهایت سبب افزایش فعالیت آنزیم کلیدی مسیر بیوسنتز فنل‌ها یعنی فنیل آلانین آمونیا لیاز می‌شود. در نتیجه افزایش فعالیت این آنزیم موجب سنتز فلاونوئید بیشتر در پاسخ به تابش گاما می‌باشد.

موتاسیون‌های شیمیایی و جهش‌زا، برای ایجاد جهش در گیاهان برتر قابل استفاده است. یکی از راه‌های افزایش تنوع ژنتیکی در گیاهان، ایجاد جهش از طریق اشعه‌ی ماوراءبنفش است. اشعه‌ی گاما یکی از مهم‌ترین موتاژن‌زاهای فیزیکی با پرتوهای مغناطیسی با طول‌موج کوتاه‌تر از اشعه‌ی ایکس است. این اشعه میزان انرژی و قدرت نفوذ بالایی دارد. همچنین قابلیت ایجاد انواع جهش‌ها را در مولکول‌های مهم زیستی دارد. پرتوهای گاما می‌توانند در محیط عبوری خود یونش و برانگیختگی را با هم انجام دهند. پرتوهای گاما زمانی ایجاد می‌شوند که هسته‌ی یک اتم ناپایدار جهت ایجاد حالت پایدار خود، مقداری انرژی آزاد نماید. اشعه‌ی ماوراءبنفش، پرتوهای الکترومغناطیسی پرانرژی هستند که باعث ایجاد تغییرات ژنتیکی در گیاهان، بسته به دوز تابشی می‌شوند. اصلاح موتاسیونی همراه با تکنیک‌های کشت‌بافت، بهترین روش جهت ایجاد تغییرات در گیاهان است. استفاده از القای جهش در ریزنمونه‌ها منجر به جهش‌های سوماتیک در سلول‌ها می‌شود و طیف گسترده‌ای از گیاهان آزمایشگاهی متنوع ایجاد می‌نماید. طبق تحقیقات انجام‌شده در زمینه تابش اشعه‌ی گاما بر سلول‌های زیستی، یکی از مهم‌ترین عملکردهای گیاهان در پاسخ به استرس ایجاد شده توسط اشعه‌ی گاما، توسعه و گسترش سیستم‌های دفاعی است. از این طریق سبب تغییر در الگوی بیان ژن، در مسیره‌های بیوسنتزی و دفاعی و در پی آن تغییرات کمی و کیفی در محتوای پروتئینی





## نتیجه گیری:

فناوری هسته‌ای شاه‌کلید چالش‌های بخش کشاورزی است. از عقیم کردن آفات با رادیو ایزوتوپ‌ها تا تولید گیاهان مقاوم به خشکی و...، گستره‌ی کاربرد این فناوری است. فناوری و علوم هسته‌ای به‌منظور اصلاح گیاهان زراعی و باغی، تولید گیاهان با سطوح مختلف پلوئیدی، ایجاد گیاهان و محصولات مقاوم نسبت به تنش‌های محیطی و ایجاد سویه‌های جدیدی از گیاهان قابل استفاده است. مهم‌ترین کاربردهای فناوری هسته‌ای در اصلاح گیاهان زراعی و باغی عبارت است از: افزایش تنوع ژنتیکی، تولید موتاسیون القایی، حذف موانع ناسازگاری و تسریع تکامل طبیعی است.

## منابع و مآخذ

۱. جلیلی، ش. احسان پور، ع. ا. اصغری، غ. ر. و عبدی، م. ر. ۱۳۹۵. اثر اشعه‌ی گاما بر برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی و آنتی‌اکسیدانی گیاه درمنه کوهی. مجله پژوهش‌های گیاهی (زیست‌شناسی ایران). جلد ۲۹، شماره ۲، صفحه ۷۵۰-۷۴۱.
۲. کوچکی، ع. حسینی، م. و دزفولی، الف. ۱۳۸۷. کشاورزی پایدار. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. چاپ ششم. صفحه ۲۰.
۳. لطفی، م. ۱۳۸۷. استفاده از گرده‌های پرتودیده با پرتوی گاما برای القای رویان‌های هاپلوئید.
۴. حسن خانی، م. ۱۳۸۳. جذب بیولوژیکی اورانیم توسط جلبک قهوه‌ای.

5. Astuti, R. D., & Handayani, N. 2021. Utilization of Nuclear Technology in Agriculture and Food Sector. In Proceeding International Conference on Science and Engineering. Vol. 4, pp. 311-314.
6. Ashraf, M.U.H.A.M.M.A.D., Cheema, A.A., Rashid, M.U.H.A.M.M.A.D. & Qamar, Z. 2004. Effect of gamma rays on M~ l generation in basmati rice. Pakistan Journal of Botany. 35(5), pp.791-796.
7. Astutik, A. 2012. keragaman klon phalaenopsis hasil radiasi sinar gamma: perubahan fenotif fase pertumbuhan vegetatif. buana sains, 12(1), pp.37-42.
8. Zaman, M., Shahid, S. A., & Heng, L. 2018. The Role of Nuclear Techniques in Biosaline Agriculture. In Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques. pp. 133-164.



## تأثیر به کارگیری ماشین آلات کشاورزی

## مخصوص در توسعه کشت مخلوط

کیاوش آروین 

دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران



KIAVASHARVIN@UT.AC.IR

### مقدمه

صنعتی شدن کشاورزی و فشار حداکثری بر منابع طبیعی برای تأمین غذا، آینده بشر و محیط زیست را تهدید می کند. کشاورزی مدرن تک کشتی مبتنی بر استفاده از مواد شیمیایی، تأثیری منفی بر سلامت انسان، اکوسیستم و کیفیت غذا دارد. مقدار زیادی انرژی برای تولید کودهای شیمیایی، آفت کش ها و علف کش ها مورد نیاز است. هم چنین مواد شیمیایی که در کشاورزی به کار می روند؛ می توانند موجب تخریب و اختلال در محیط زیست شود و به سلامتی انسان ها آسیب برساند (Yildirim & Ekinci, 2017).

کشاورزی رایج، براساس دو هدف در ارتباط با هم، یعنی به حداکثر رساندن توأم تولید و درآمد بنا نهاده است. به منظور دستیابی به این اهداف، مجموعه ای از عملیات، بدون توجه به علت وجودی و پیامدهای دراز مدت آن ها و بدون در نظر گرفتن پویایی بوم شناختی اکوسیستم های زراعی تکامل یافته اند. عدم رعایت اصول اکولوژیکی در تولید محصولات زراعی و نگرش تک بعدی و اقتصاد محور به کشاورزی منجر به تخریب منابع محیطی و کشاورزی رایج و افت کارایی انرژی شده است.





رشد اقتصادی بسیار سریع با تخریب محیط‌زیست همراه است که دارای اثراتی مانند: کاهش کیفیت آب، کاهش منابع تجدیدپذیر و از بین رفتن زیستگاه‌ها و گونه‌های بومی است. یکی از مهم‌ترین اثرات کشاورزی صنعتی، افزایش هزینه‌هایی چون تولید نهاده‌ها، به‌ویژه کود و علف‌کش‌ها، هزینه‌ی خاک‌ورزی، سوخت در قسمت‌های مختلف سیستم، دستمزد نیروی کار و هدر رفت انرژی می‌باشد. با نگرشی عمیق به تحولات پنجاه ساله‌ی اخیر، به مسئله‌ی اکولوژی یعنی رابطه‌ی موجودات زنده با محیط توجه نشده و بشر با دخل و تصرف‌های بی‌رویه و بیش از حد در محیط طبیعی، آن را از اعتدال خارج کرده و به‌صورت مخاطره‌انگیزی درآورده است. پایداری در کشاورزی به‌معنی توانایی حفظ تولید، همراه با استمرار حفظ منابع محیطی (آب، خاک، گونه‌های گیاهی و جانوری) می‌باشد. کشاورزی پایدار بر استفاده کارآمد از منابع، حفاظت از منابع غیر قابل تجدید، استفاده متعادل از ماشین‌آلات، کاربرد کنترل زیستی چرخش مواد غذایی و افزایش تنوع زیستی تأکید دارد. نظامی که باید از نظر اقتصادی سودمند، از نظر سیاسی قابل قبول، از نظر فناوری بوم‌سازگار، از نظر مدیریتی قابل اجرا، از نظر زیست‌محیطی سالم و از نظر اجتماعی قابل پذیرش و پویا باشد (Noshkam & Majnoun Hosseini, 2016).

## کشاورزی پایدار

واژه‌ی پایدار بر شرایط یکنواخت و باثبات دلالت دارد. شرایط یکنواخت، افق‌های دوردست را دربرمی‌گیرد. کشاورزی پایدار نوعی کشاورزی است که در جهت منافع انسان، کارایی بیشتری در استفاده از منابع دارد و با محیط در توازن است. به عبارتی کشاورزی پایدار باید از نظر اکولوژیکی مناسب، از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر و از نظر اجتماعی مطلوب باشد (Kouchaki & Najibnia, 2013).

کشاورزی پایدار با استفاده از اصول اکولوژی و مطالعه روابط بین موجودات زنده و محیط آن‌ها استوار می‌باشد. کشاورزی پایدار به صورت سیستم منسجم کشت و زرع که کاربرد خاص مکانی و طولانی مدت دارد؛ تعریف شده است (Ial, 2010). یکی از راهکارهای کلیدی در کشاورزی پایدار، بازگرداندن تنوع به محیط‌های کشاورزی و مدیریت مؤثر آن است. اهمیت تنوع فراتر از تولید مواد غذایی بوده و اثرات مثبتی نظیر گردش مواد غذایی، کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز را دربردارد (VALIZADEGAN, 2015).

از نظر طرفداران آن، کشت مخلوط یک سیستم کشت پایدار، سازگار با محیط‌زیست و از نظر اقتصادی مناسب است. سیستم‌های کشت مخلوط پیچیده هستند (Khanal et al., 2021). در همین راستا یکی از مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده و مؤثر در افزایش تولید پایدار، سیستم کشت مخلوط گیاهان زراعی می‌باشد.

## تعریف کشت مخلوط

زراعت مخلوط یعنی کشت بیش از یک گیاه در یک قطعه زمین و در یک سال زراعی، به‌ترتیبی که یک گیاه در اکثر دوره‌ی رویش خود در مجاورت گیاه دیگر باشد. البته لزومی ندارد که این گیاهان هم‌زمان کاشت و برداشت شوند. بلکه می‌توان یک گیاه را هم‌زمان و یا مدتی پس از گیاه اول کشت نمود و هم‌زمان یا قبل و یا بعد از آن برداشت کرد. باید در نظر داشت که با این تعریف نمی‌توان هر گیاهی را با گیاه دیگر کاشت. چون فقط گیاهان به‌خصوصی قابل کاشت با یکدیگر هستند (Mazaheri, 1994).

کشت مخلوط یک چندکشتی است که شامل کاشت دو یا چند گیاه در نزدیکی هم است. هدف اصلی کشت مخلوط، تولید محصول بیشتر در یک زمین با استفاده بهتر از منابعی است که به‌وسیله‌ی یک گیاه قابل استفاده نیست (Ouma & Jeruto, 2010).

اگر گیاهان بادقت انتخاب شوند؛ منافع زراعی بسیاری حاصل خواهد شد. به‌عنوان مثال گیاهان پوششی از پشتیبانی ساختاری سود خواهند برد. بعضی از گیاهان برای فراهم کردن مواد غذایی و برخی دیگر، علف‌های هرز را سرکوب می‌کنند. گیاهان سایه‌پسند، باید تحت سایه و حفاظت قرار بگیرند که در این صورت، فضای استفاده نشده می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. برای مثال در سیستم چند لایه‌ای مناطق گرمسیری، نارگیل لایه‌ی بالایی را اشغال می‌کند؛ موز لایه‌ی میانی و آناناس و زنجبیل یا علوفه لگومینوز، گیاهان دارویی و معطر پایین‌ترین لایه را اشغال می‌کنند.





در بسیاری از نقاط جهان، کشت مخلوط به‌عنوان یک عامل متداول در مدیریت بوم نظام زراعی به‌کار می‌رود. این کشت مزایای متعددی نسبت به کشت خالص است. از عمده‌ترین دلایل بالا بودن عملکرد و ثبات تولید در زراعت مخلوط، استفاده‌ی بهتر از منابع رشد است. به‌طور کلی کشت‌های مخلوط ممکن است به‌دلیل استفاده‌ی مؤثر از منابع موجود، میزان کمیت و کیفیت محصولات را افزایش داده و باعث سودآوری بیشتر گردد. منابع قابل دسترس گیاه شامل نور، آب و مواد غذایی است (Banik et al., 2006).

در حالت کلی، در این روش بیشتر به استراتژی‌هایی توجه می‌شود که استفاده بیشتر از زمین و افزایش تولید را مد نظر دارند. چندکشتی امکان استفاده از نظام‌های تلفیقی را نیز افزایش می‌دهد. به‌طوری‌که برخی از گیاهان زراعی فقط به‌منظور حمایت و فراهم‌آوردن شرایط رشد برای سایر گیاهان کشت می‌شوند.

کشت مخلوط گیاهان سازگار می‌تواند با ایجاد زیستگاه برای انواع حشرات و ارگانیس‌های خاک باعث تقویت تنوع زیستی شود. این شرایط در تک‌کشتی فراهم نیست. کشت مخلوط به‌عنوان یکی از سیستم‌های کشاورزی پایدار مطرح می‌باشد. توجه اکولوژیست‌ها به این نظام به‌علت شباهت ساختاری آن به اکوسیستم‌های طبیعی از نظر تنوع گونه‌ای و پایداری زیستی است (Banik et al., 2006). نظام‌های چندکشتی از ثبات اکولوژیکی بالاتری نسبت به نظام‌های تک‌کشتی برخوردار می‌باشند، خطرپذیری تولید در سیستم‌های کشت مخلوط در سال‌های مختلف کمتر است. کشت مخلوط گیاهان زراعی به‌عنوان یک روش پایدار دارای مزایای بسیاری است. یکی از آن‌ها ثبات عملکرد است. امروزه ثبات عملکرد یک مؤلفه مهم در امنیت غذایی می‌باشد. مکانیسمی که موجب ثبات عملکرد در کشت مخلوط می‌شود؛ به‌این صورت است که اگر تولید یک گیاه زراعی با شکست مواجه شود یا رشد ضعیف‌تر و تولید کمتری داشته باشد؛ گیاه یا گیاهان زراعی دیگر کاهش عملکرد آن را جبران می‌کنند. این امر در تک‌کشتی گیاهان زراعی امکان‌پذیر نیست (Li et al., 2014; Moradi et al., 2017).

کشت مخلوط باعث افزایش عملکرد در واحد سطح، افزایش کیفیت و امنیت غذایی، افزایش میزان بهره‌وری منابع، کاهش مصرف سموم و آفت‌کش‌ها، کاهش قدرت رقابت علف‌های هرز، افزایش نسبت برابری زمین، افزایش راندمان تولید و افزایش تنوع و ثبات زیستی در دراز مدت می‌شود (Rusinamhodzi et al., 2012).

## انواع کشت مخلوط

### کشت مخلوط ردیفی

در این شیوه حداقل یکی از گیاهان در ردیف‌های منظم و مشخص کاشته شده و گیاهان دیگر ممکن است به صورت ردیفی و یا روی هر ردیف و یا به طور تصادفی با گیاه اول به طور همزمان کاشته شوند (شکل ۱). برای مثال کشت مخلوط ردیفی ذرت و سویا که شامل ردیف‌هایی یک در میان از گیاهان ذرت و سویا است (Mazaheri, 1994).



شکل ۱. کشت مخلوط ردیفی ذرت با لوبیا

### کشت مخلوط درهم

کاشت دو یا چند گیاه به‌طور همزمان بدون آرایش منظم ردیفی را کشت درهم گویند. از ابتدا بذرها یا گیاهان زراعی با هم مخلوط شده و سپس به صورت مکانیزه یا دستی در سطح مزرعه پخش می‌شوند. این روش بیشتر برای گیاهان علوفه‌ای، به ویژه غلات علوفه‌ای دانه ریز با لگوم‌های علوفه‌ای نظیر ماشک گل خوشه‌ای، شبدر و غیره انجام می‌گیرد (den Hollander et al., 2007).

### کشت مخلوط نواری

پرورش هم‌زمان دو یا چند محصول زراعی در نوارهای مختلف با عرض کافی که کشت و کار جداگانه‌ای هر یک از محصولات عملی بوده و از نظر زراعی اثر متقابل داشته‌باشد (شکل ۲). این نوع کشت مخلوط در سیستم‌های بسیار مدرن، به‌ویژه در مناطقی با استفاده‌ی فشرده از ماشین‌آلات، رواج بیشتری دارد. کشت مخلوط نواری در حفظ حاصل‌خیزی خاک و جلوگیری از فرسایش خاک بسیار خوب عمل می‌کند و در مناطق شیب‌دار باعث جلوگیری از فرسایش خاک می‌شود (Mazaheri, 1994).



شکل ۲. کشت مخلوط لوبیا و ارزن کشت





## کشت مخلوط تأخیری:

کشت دو یا چند گیاه زراعی است که در قسمتی از دوره‌ی رشد و نمو، با یکدیگر تداخل خواهند داشت (شکل ۳). در این روش کشت، معمولاً گیاه دوم پس از رسیدن گیاه اول به مرحله‌ی زایشی (قبل از برداشت گیاه اول)، کشت می‌شود.



شکل ۳. کشت مخلوط تأخیری ذرت و بادام‌زمینی در ردیف‌های کشت با نسبت ۲:۲، ۴:۴، ۶:۶ و ۸:۸

## مزایای کشت مخلوط

### افزایش عملکرد کل در واحد سطح :

نظام کشت مخلوط با افزایش تعداد گونه‌ها در واحد سطح، به‌عنوان یک راه‌حل برای افزایش تولید در کشاورزی پیشرفته پیشنهاد شده است (Agegnehu et al., 2006). از بهترین فواید کشت مخلوط، افزایش تولید در واحد سطح نسبت به تک‌کشتی، به‌دلیل استفاده‌ی بهتر از عوامل محیطی مانند نور، آب و موادغذایی موجود در خاک است (Rühlemann & Schmidtke, 2015).

### ثبات عملکرد، کاهش خطرات احتمالی و افزایش کیفیت محصول تولیدی:

یکی دیگر از مزایای کشت مخلوط، ثبات عملکرد و کاهش خطرات احتمالی در برابر شرایط نامساعد محیطی است. به‌طور کلی، سیستم‌های متنوع از ثبات بیشتری برخوردار هستند و کمتر دست‌خوش تغییرات می‌شوند. هدف از آزمایش‌های کشت مخلوط، افزایش عملکرد در واحد سطح و کیفیت محصول می‌باشد و اکثر آزمایش‌های کشت مخلوط شامل گیاهان خانوادگی بقولات هستند.

می‌گیرد و از طرف دیگر بقایای گیاهی که در این نوع زراعت در خاک باقی می‌ماند؛ بیشتر و متنوع‌تر است. بنابراین، هوموس و مواد غذایی بیشتری در خاک فراهم شده و خاک حاصلخیزتر می‌شود (Hamzei & Seyedi, 2015).

### معایب کشت مخلوط

باید در کشت مخلوط گیاهانی را انتخاب کرد که از نظر رشدی مکمل یکدیگر باشند و رشد هم‌زمان آن‌ها باعث ایجاد رقابت بین گونه‌ای شدید نشود. همچنین برهم‌دیگر اثرات آلوپاتی نداشته‌باشند. در نتیجه در کشت مخلوط پی‌بردن به روابط بین‌گونه‌ای بسیار مهم می‌باشد.

### محدودیت استفاده از ماشین‌های کشاورزی

یکی از بزرگترین مشکلات کشت مخلوط استفاده از ماشین‌های کشاورزی موجود است. زیرا امروزه اکثر ماشین‌ها جهت کاشت، داشت و برداشت گیاه ویژه‌ای طراحی و ساخته شده‌اند که احتمالاً کاربرد کمتری در کشت مخلوط دارند. در کشت مخلوط، منابع غذایی موجود به‌طور مؤثرتری در مکان و زمان معین مورد استفاده‌ی گیاهان زراعی قرار می‌گیرد. در مناطقی که کشت مخلوط متداول است، باتوجه به نیازهای خاص گیاهان ترکیب‌شونده، فضاهای خالی بین ردیف‌ها و بین بوته‌ها بهتر مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد (Mazaheri, 1994). به‌منظور ارائه‌ی تفسیر بهتر از این مسئله، می‌توان اظهار داشت که اگر نتوان اقدام به

گیاهان غیرلگوم مثل آفتابگردان از نظر ماده‌ی خشک دارای عملکرد بالا هستند؛ ولی از حیث پروتئین فقیرند. اما گیاهان بقولات از نظر میزان پروتئین در سطح بالا قرار دارند. لذا کشت مخلوط غیرلگوم‌ها و لگوم‌ها منجر به تولید محصول باکیفیت بالا خواهد شد. کشت مخلوط لگوم‌ها با غیر لگوم‌ها اغلب موجب افزایش میزان پروتئین خام برداشت‌شده در هکتار نسبت به کشت خالص غیرلگوم‌ها می‌شود (Hauggaard-Nielsen et al., 2009).

بهبود کارایی استفاده از منابع موجود آب، نور، مواد غذایی، کارایی استفاده از زمین، بهبود حاصل‌خیزی خاک، کاهش خسارات ناشی از آفات و باقی ماندن بقایای گیاهی بیشتر در خاک نیز از مزایای دیگر کشت مخلوط است. حضور گیاهان مختلف با تفاوت در خصوصیات گیاه‌شناسی، زمان بسته شدن کانوپی، زمان رسیدگی، نوع برگ، مدیریت خاک و نیازمندی به عناصر غذایی باعث خواهد شد که مجموعه‌ی آفات و نیز علف‌های هرز در شرایط ناهمگنی قرار گرفته و نتوانند با محیط سازگار شوند. مطالعات نشان داده‌اند که کشت مخلوط لگوم‌ها با غیر لگوم‌ها، تولید سیستم‌های کشت را بهبود می‌بخشد. پژوهشگران علت این امر را به بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش تثبیت بیولوژیک نیتروژن و افزایش کارایی مصرف آب نسبت داده‌اند (Temesgen et al., 2015).

کشت مخلوط، محیط را برای زیست و ازدیاد انواع کنترل‌کننده‌های طبیعی، نظیر شکارگرها و پارازیت‌ها فراهم می‌کند. آن‌ها در پایداری اکوسیستم‌های طبیعی نقش بسیار مهمی دارند (VALIZADEGAN, 2015). در کشت مخلوط حجم بیشتری از خاک مورد استفاده قرار





کرد؛ نمی‌توان انتظار داشت تا در کشاورزی مدرن جایگاهی داشته‌باشد. ولی با توجه به پیشرفت‌های سریع تکنولوژی، تولید ماشین‌آلات مخصوص کشت‌های مخلوط امری ممکن و قابل اجرا است.

### ماشین‌آلات مورد استفاده در کشت مخلوط

بسیاری از کمپانی‌های بزرگ دنیا ماشین‌آلات پیشرفته‌ای را در جهت به‌کارگیری در کشت مخلوط تولید کرده‌اند. به‌عنوان مثال، بسیاری از شرکت‌ها در حال حاضر تولیدات خاصی را برای محصولات علوفه‌ای یا پوششی ارائه می‌دهند و باعث می‌شود که ورودی‌های محصول گسترده‌تر در دسترس قرار گیرند. به‌طور مشابه، شرکت‌های ماشین‌آلات کشاورزی تجهیزاتی مانند واسطه‌گرها، متها و تقویت‌کننده‌ها را با تکنولوژی تازه و متغیری در جهت عملیات زراعی کشت مخلوط ارائه می‌دهند. ماشین‌آلات کشت مخلوط مجهز به دستگاه GIS در مزارع بزرگ، انقلاب بزرگی را در این عرصه به‌وجود آورند.

برداشت مکانیزه‌ی کشت مخلوط کرد؛ نمی‌توان انتظار داشت تا در کشاورزی مدرن جایگاهی داشته‌باشد. ولی با توجه به پیشرفت‌های سریع تکنولوژی، تولید ماشین‌آلات مخصوص کشت‌های مخلوط امری ممکن و قابل اجرا است.

### محدودیت استفاده از ماشین‌های کشاورزی

یکی از بزرگ‌ترین مشکلات کشت مخلوط استفاده از ماشین‌های کشاورزی موجود است. زیرا امروزه اکثر ماشین‌ها جهت کاشت، داشت و برداشت گیاه ویژه‌ای طراحی و ساخته شده‌اند که احتمالاً کاربرد کمتری در کشت مخلوط دارند. در کشت مخلوط، منابع غذایی موجود به‌طور مؤثرتری در مکان و زمان معین مورد استفاده‌ی گیاهان زراعی قرار می‌گیرد. در مناطقی که کشت مخلوط متداول است، با توجه به نیازهای خاص گیاهان ترکیب‌شونده، فضاهای خالی بین ردیف‌ها و بین بوته‌ها بهتر مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد (Mazaheri, 1994). به‌منظور ارائه‌ی تفسیر بهتر از این مسئله، می‌توان اظهار داشت که اگر نتوان اقدام به برداشت مکانیزه‌ی کشت مخلوط



شکل ۴. کارنده با ارتفاع زیاد همگام عبور روی گیاه سویا در اواسط تابستان با انجام کشت گیاه پوششی به‌صورت کشت مخلوط تأخیری

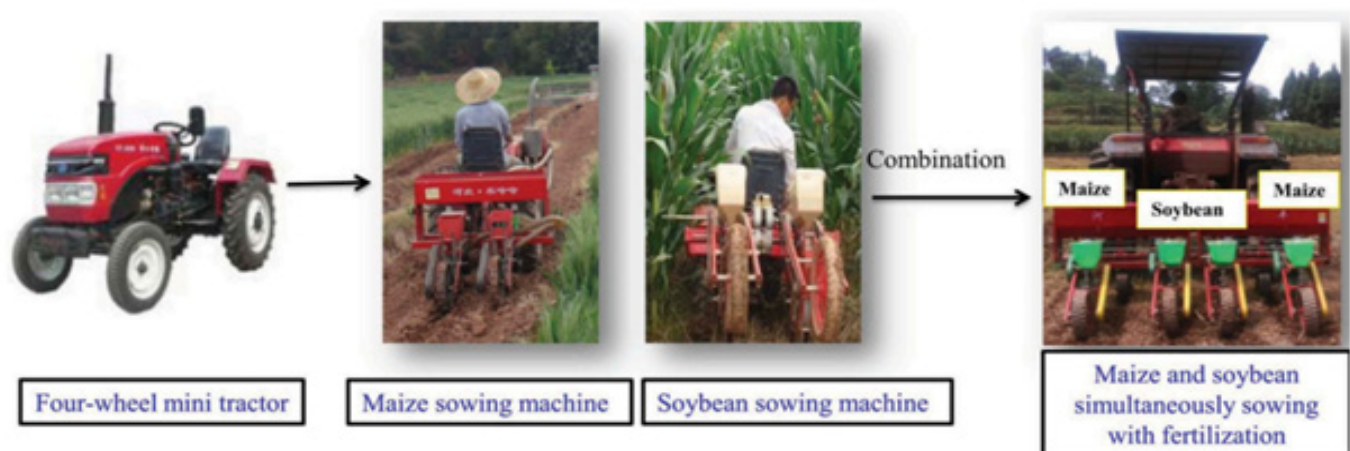
را برطرف کرده است (شکل ۴). در مقیاس کوچک‌تر، ماشین‌آلات سبک‌تر می‌توانند در بین ردیف‌ها قرار گیرند و بدون آسیب به محصولات دوم یا سوم، کار برداشت را انجام دهند (Bybee-Finley & Ryan, 2018).

کمپانی‌های بزرگ کانادایی و امریکایی بزرگترین تولیدکننده‌های ماشین‌آلات کشت مخلوط در دنیا هستند (Futurefarming, 2018).

افزایش مکانیزه‌شدن کشت مخلوط باعث افزایش راندمان این نوع سیستم در ایالات متحده شده است. تکنولوژی‌های مدرن، بسیاری از مشکلات مربوط به عملیات کشت مخلوط

انجام دهند (Bybee-Finley & Ryan, 2018). یکی از نوآوری‌هایی که در طراحی دستگاه کارنده برای کشت هم‌زمان ذرت و سویا انجام شده در شکل ۵ نمایش داده شده است. این طراحی باعث شده که کشت مخلوط نواری سویا-ذرت، رقابت مناسب بین گونه‌ای را حفظ کرده و عملکرد بالاتری نسبت به تک‌کشتی هر دو گیاه را به دست آورد. پیشرفت فناوری مانند کشت مکانیزه و برداشت محصولات در کشت مخلوط کلید موفقیت این سیستم است (Iqbal et al., 2019).

یکی از اقدامات برای رفع موانع در استفاده از ماشین‌آلات مخصوص در کشت مخلوط، حمایت شرکت‌های تولیدکننده از ایده‌پردازان در زمینه‌ی ساخت و طراحی ماشین‌آلات مخصوص و همچنین افزایش درخواست شرکت‌های تولید بذر برای استفاده از بذرهای به‌دست‌آمده از کشت مخلوط درهم، جهت استفاده برای علوفه‌ی دام و یا کشت گیاهان پوششی می‌باشد. به‌طور مشابه، شرکت‌های ماشین‌آلات کشاورزی تجهیزاتی مانند دستگاه‌های کارنده، برداشت‌کننده و سایر دستگاه‌های مخصوص را با فناوری جدید ارائه می‌دهند که به مزارع بزرگ اجازه می‌دهد تا کشت مخلوط را بدون محدودیت ماشین‌آلات



شکل ۵. دستگاه کارنده‌ی کشت مخلوط نواری سویا-ذرت







شکل ۶. طراحی ماشین‌آلات مخصوص در کشت مخلوط سویا-ذرت

به‌طور منظم است. جعبه‌های بذر واقع در دو پایانه برای کاشت ذرت است، درحالی‌که دو جعبه‌ی کاشت در وسط برای سویا است. F، نمایشگر استفاده از یک تراکتور مخصوص در کشت تأخیری ذرت-سویا است که سویا را در میان ردیف‌های ذرت کشت کرده و هم‌زمان به ذرت عملیات کوددهی را انجام می‌دهد. G برداشت‌کننده‌ی ذرت بدون آسیب به سویا است و در نهایت H، نشان‌دهنده‌ی دستگاه برداشت سویا بدون آسیب به ذرت است که میان ردیف‌های سویا کاشته‌شده است (DU et al., 2018).

طراحی ماشین‌آلات مخصوص در کشت مخلوط سویا-ذرت، مبتنی بر استفاده از نوآوری‌های نوین است که بر اساس آن چندین نوع ماشین‌آلات کشاورزی برای کاشت، کوددهی و برداشت مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۶). در شکل ۶، C نشان دهنده‌ی کشت مخلوط نواری معمولی ذرت-سویا است که در اکثر مناطق چین استفاده می‌شود. D، نشان‌دهنده‌ی سیستم کشت مخلوط تأخیری ذرت-سویا است که عمدتاً در سراسر جنوب غربی چین استفاده می‌شود، E، بیانگر عملیات کاشت هم‌زمان سویا و ذرت برای یک سیستم کشت مخلوط

## نتیجه‌گیری

از کشورهای دنیا در گستره‌ی بیشتری قابل توسعه است. با این حال، برای روشن شدن مکانیسم‌های دقیق‌تر تولید پایدار در آینده‌ی نزدیک، باید تحقیقات بیشتری انجام شود. علاوه بر این، ماشین‌آلات کشاورزی بیشتری برای مناطق مختلف کاشت هنوز توسعه نیافته است. بنابراین، برای روشن شدن مکانیسم‌های دقیق این سیستم در طیف وسیع، باید تحقیقات چندرشته‌ای انجام شود. این امر مستلزم همکاری بین گروه‌های تحقیقاتی علاقه‌مند، دانشجویان، دانشمندان و هم‌چنین نیازمند حمایت مالی توسط شرکت‌های تولیدکننده‌ی ماشین‌آلات کشاورزی می‌باشد.

کشت مخلوط یک سیستم کشت پایدار، سازگار با محیط‌زیست و از نظر اقتصادی مورد قبول است. برای دستیابی به مزایای کشت مخلوط مانند ثبات عملکرد، کاهش خطرات احتمالی، افزایش کیفیت محصول تولیدی، بهبود کارایی استفاده از منابع موجود آب، نور، مواد غذایی، کارایی استفاده از زمین، بهبود حاصل‌خیزی خاک، کاهش خسارات ناشی از آفات و باقی ماندن بقایای گیاهی بیشتر، نیاز به تحقیقات گسترده‌تری در طیف وسیعی از محیط‌ها وجود دارد. با استفاده از انواع مختلف ماشین‌آلات و با توجه به نوع سیستم کشت مخلوط و گیاهان مورد استفاده، کشت مخلوط مانند بسیاری

### Reference:

1. Agegnehu, G., Ghizaw, A., & Sinebo, W. (2006). Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy*, 25(3), 202–207. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.05.002>.
2. Banik, P., Midya, A., Sarkar, B. K., & Ghose, S. S. (2006). Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy*, 24(4), 325–332. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.10.010>.
3. Bybee-Finley, K., & Ryan, M. (2018). Advancing Intercropping Research and Practices in Industrialized Agricultural Landscapes. *Agriculture*, 8(6), 80. <https://doi.org/10.3390/agriculture8060080>.
4. den Hollander, N. G., Bastiaans, L., & Kropff, M. J. (2007). Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design. *European Journal of Agronomy*, 26(2), 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.08.005>.
5. DU, J., HAN, T., GAI, J., YONG, T., SUN, X., WANG, X., YANG, F., LIU, J., SHU, K., LIU, W., & YANG, W. (2018). Maize-soybean strip intercropping: Achieved a balance between high productivity and sustainability. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(4), 747–754. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61789-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61789-1).
6. Fletcher, A. L., Kirkegaard, J. A., Peoples, M. B., Robertson, M. J., Whish, J., & Swan, A. D. (2016). Prospects to utilise intercrops and crop variety mixtures in mechanised, rain-fed, temperate cropping systems. *Crop and Pasture Science*, 67(12), 1252. <https://doi.org/10.1071/CP16211>.
7. Hamzei, J., & Seyed, M. (2015). Study of Canopy Growth Indices in Mono and Intercropping of Chickpea and Barley Under Weed Competition. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 24(4), 75–90.
8. Hauggaard-Nielsen, H., Gooding, M., Ambus, P., Corre-Hellou, G., Crozat, Y., Dahlmann, C., Dibet, A., von Fragstein, P., Pristeri, A., Monti, M., & Jensen, E. S. (2009). Pea–barley intercropping for efficient symbiotic N<sub>2</sub>-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. *Field Crops Research*, 113(1), 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.04.009>.





9. Iqbal, N., Hussain, S., Ahmed, Z., Yang, F., Wang, X., Liu, W., Yong, T., Du, J., Shu, K., Yang, W., & Liu, J. (2019). Comparative analysis of maize–soybean strip intercropping systems: a review. *Plant Production Science*, 22(2), 131–142. <https://doi.org/10.1080/1343943X.2018.1541137>.
10. Khanal, U., Stott, K. J., Armstrong, R., Nuttall, J. G., Henry, F., Christy, B. P., Mitchell, M., Riffkin, P. A., Wallace, A. J., McCaskill, M., Thayalakumaran, T., & O'Leary, G. J. (2021). Intercropping—Evaluating the Advantages to Broadacre Systems. *Agriculture*, 11(5), 453. <https://doi.org/10.3390/agriculture11050453>.
11. Kouchaki, A., & Najibnia, S. (2013). Exploring the role of diversity in sustainable agriculture: proceedings of symposium (in persian). Ferdowsi University Mashhad.
12. Lal, R. (2010). A dual response of Conservation Agriculture to Climate Change: Reducing CO<sub>2</sub> Emissions and the carbon sink. *Proceedings of the European Congress on Conservation Agriculture: Towards Agro-Environmental Climate and Energetic Sustainability*, 3–18.
13. Li, L., Tilman, D., Lambers, H., & Zhang, F. (2014). Plant diversity and overyielding: insights from belowground facilitation of intercropping in agriculture. *New Phytologist*, 203(1), 63–69. <https://doi.org/10.1111/nph.12778>.
14. Mazaheri, D. (1994). *Intercropping (in persian)*. University of Tehran Press.
15. Moradi, R., Koocheki, A., & Nasiri Mahallati, M. (2017). Evaluation of economical yield and radiation use efficiency of maize and cotton in sole and intercropping systems as affected by different levels of Nitrogen (in persian). *Journal of Crop Production and Processing*, 7(2), 47–59. <https://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.7.2.47>.
16. Noshkam, A., & Majnoun Hosseini, N. (2016). *Supplemental Aronomy (in persian)*. Etko Organization.
17. Ouma, G., & Jeruto, P. (2010). Sustainable horticultural crop production through intercropping: The case of fruits and vegetable crops: A review. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(5), 1098–1105. <https://doi.org/10.5251/abj-na.2010.1.5.1098.1105>.
18. Rühlemann, L., & Schmidtke, K. (2015). Evaluation of monocropped and intercropped grain legumes for cover cropping in no-tillage and reduced tillage organic agriculture. *European Journal of Agronomy*, 65, 83–94. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.01.006>.
19. Rusinamhodzi, L., Corbeels, M., Nyamangara, J., & Giller, K. E. (2012). Maize–grain legume intercropping is an attractive option for ecological intensification that reduces climatic risk for smallholder farmers in central Mozambique. *Field Crops Research*, 136, 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.07.014>.
20. Temesgen, A., Fukai, S., & Rodriguez, D. (2015). As the level of crop productivity increases: Is there a role for intercropping in smallholder agriculture. *Field Crops Research*, 180, 155–166. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.06.003>.
21. VALIZADEGAN, O. (2015). Evaluation of insect's fauna diversity and agronomical yield, in intercropping coriander and faba bean. *J. Crop. Improv*, 1(17), 69–80.
22. www.futurefarming.com. (2018). Canadian Monster Drill Clean Seed Offers New Level of Seed Accuracy. [Www.Futurefarming.Com](http://www.Futurefarming.Com).
23. Yildirim, E., & Ekinci, M. (2017). Intercropping Systems in Sustainable Agriculture. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1), 100–110.
24. Youngerman, C. Z., DiTommaso, A., Curran, W. S., Mirsky, S. B., & Ryan, M. R. (2018). Corn Density Effect on Interseeded Cover Crops, Weeds, and Grain Yield. *Agronomy Journal*, 110(6), 2478–2487. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.01.0010>



## کنترل محصولات کشاورزی با استفاده از اینترنت اشیا و تکنیک داده‌کاوی



عبدالنبی انصاری اصل

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول

✉ ANSARIASL@IAUD.AC.IR

احمد بیژنی

دانشجوی کارشناسی ارشد- دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول

✉ AHMAD.BIZHANI@GMAIL.COM

شبکه اینترنت اشياء یک شبکه‌ی هوشمند با تعداد زیادی شی و حسگر است که اطلاعات محیطی را گردآوری و برای ایستگاه پایه ارسال می‌نماید. این فناوری نقش مهمی در توسعه شهرهای هوشمند، خانه‌های هوشمند و کشاورزی دارد. به کمک اینترنت اشياء و حسگرهای متصل به آن می‌توان کشاورزی را هوشمند و میزان بهره‌وری محصول را افزایش داد. یک چالش مهم برای کشاورزی، برآورد موفقیت یا شکست پروژه‌ی کشت یک محصول کشاورزی است. با اطلاعات حسگرها و یادگیری توسط شبکه عصبی مصنوعی، یک برآورد برای آن قابل ارائه است. چالش مهم شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی این مسئله‌ی سخت و دشوار، میزان خطای خروجی آن است. در این مقاله برای رفع این مشکل، روشی ترکیبی پیشنهاد شده‌است. در روش پیشنهادی با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی پروانه تلاش شده تا این خطا با انتخاب بهینه وزن و بایاس کاهش داده شود. آزمایشات و پیاده‌سازی روی داده‌های کشاورزی نشان می‌دهد که خطای روش پیشنهادی برای طبقه‌بندی محصول کشاورزی برابر  $0.31\%$  است و از طرفی دقت آن نیز برابر  $97.86\%$  درصد است. آزمایشات نشان داد که روش پیشنهادی از نظر شاخص‌های خطا، دقت، حساسیت و صحت دارای عملکرد بهتری نسبت به الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی گفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال است.

**کلید واژه‌ها:** اینترنت اشياء، حسگر، کشاورزی، الگوریتم بهینه‌سازی پروانه، شبکه‌ی عصبی مصنوعی

## برای رسیدن به اهداف مدنظر در پژوهش، کارهای زیر انجام شده است:

- \* کنترل محصولات کشاورزی با فناوری اینترنت اشیا و شبکه‌های حسگر بی‌سیم.
- \* استفاده از روش‌های داده‌کاوی برای تحلیل اطلاعات مزرعه.
- \* بهبود بهره‌وری محصولات کشاورزی با پیش‌بینی وضعیت مزرعه.
- \* استفاده‌ی بهینه از اطلاعات حسگرهای اینترنت اشیا و پردازش هوشمندانه‌ی آن‌ها با شبکه‌ی عصبی.

## در ادامه نوآوری در قالب دو مورد بیان می‌شود:

۱. در روش پیشنهادی به‌گونه‌ای خلاقانه تلاش شده‌است تا از شبکه‌ی عصبی مصنوعی برای تحلیل اطلاعات حسگرهای مزرعه استفاده شود و این داده‌ها برای پیش‌بینی وضعیت مزرعه در زمان آینده مورد استفاده قرار گیرد. با پیش‌بینی وضعیت مزرعه (شخیص تنش آبی در آن) می‌توان با اعمال کنترل‌های لازم (آبیاری در زمان مناسب)، کیفیت محصولات کشاورزی را افزایش داد.
۲. در روش پیشنهادی تلاش شده‌است تا از الگوریتم فراابتکاری مانند الگوریتم بهینه‌سازی پروانه برای کاهش دادن خطای شبکه‌ی عصبی مصنوعی استفاده شود تا با دقت بیشتری پیش‌بینی لازم را در مورد محصولات ارائه نمود.

شبکه‌ی اینترنت اشیا، یک شبکه نو ظهور با انواع فناوری‌های جدید است که در کاربردهای مختلف از آن استفاده می‌شود. در شبکه‌ی اینترنت اشیا هر شی هوشمندی که دارای حسگر باشد و توانایی برقراری ارتباط با زیرساخت‌های شبکه و سایر اشیا را داشته‌باشد؛ به‌عنوان عضو این شبکه در نظر گرفته می‌شود [۱]. شبکه‌ی اینترنت اشیا دارای تعداد زیادی حسگر و شی است که توانایی گردآوری اطلاعات و تعامل با محیط را دارند. کاربردهای اینترنت اشیا بسیار متنوع است و در زمینه‌هایی مانند شهرهای هوشمند [۲]، کشاورزی [۳]، صنعت و حمل‌ونقل هوشمند [۴] کاربرد دارد. اینترنت اشیا دارای یک زیرساخت عظیم ارتباطی است. تعداد زیاد گره ناهمگن در این شبکه فعال می‌باشند و از طرفی حجم بالایی از داده‌ها در این شبکه رد و بدل می‌شود که از نوع کلان داده‌است. برای تحلیل داده‌هایی که توسط شبکه اینترنت اشیا ایجاد یا گردآوری می‌شود؛ نیاز به زیرساخت‌های پردازش سریع نظیر محاسبات ابری است [۵]. امروزه دانش زیادی در داده‌های موجود در شبکه اینترنت اشیا به‌خصوص در حوزه‌هایی مانند کشاورزی وجود دارد. یکی از روش‌هایی که می‌توان این دانش را استخراج و برای تصمیم‌گیری استفاده نمود؛ به‌کارگیری روش‌های کشف دانش است. از کشف دانش و تکنیک‌های آن می‌توان در حوزه‌های مختلف مانند کشاورزی استفاده نمود. داده‌های مرتبط با زمین کشاورزی و محصولات را می‌توان تحلیل کرد تا بتوان بهره‌وری را افزایش داد. کشف دانش دارای تکنیک‌های مختلفی برای تحلیل داده‌های کشاورزی است که نمونه آن ماشین بردار پشتیبان [۶]، شبکه‌ی عصبی مصنوعی [۷] و یادگیری عمیق [۸] است.





۲- کاربر، زمان زیادی را صرف تحلیل داده‌های گردآوری شده از مزرعه می‌نماید و این زمان با توجه به تعداد حسگرها می‌تواند قابل توجه باشد.

۳- اطلاعات موجود حسگرها دارای الگوی پنهان بوده و کشف آن‌ها نیاز به روش‌هایی مانند داده‌کاوی دارد که در این پژوهش‌ها استفاده نشده‌است.

اولین مکانیزم شناسایی اشیاء هوشمند که سنگ‌بنای اینترنت اشیاء شد؛ توسط شرکت اتوسنتر انجام شده‌است. در این شرکت به کمک فناوری شناسایی اشیاء یا فناوری RFID یک شبکه‌ی اینترنت اشیاء اولیه ایجاد شد. به گونه‌ای که اشیاء یک شماره منحصر به فرد شناسایی داشتند و می‌توانستند اطلاعات بین یکدیگر را ردوبدل نمایند. اولین وسایل هوشمند خانگی که در توسعه‌ی اینترنت اشیاء نقش مهمی داشت؛ به سال ۲۰۰۰ برمی‌گردد که شرکت ال جی اولین یخچال‌های هوشمند خانگی را ارائه داد. در سال ۲۰۰۵ یک مفهوم جامع توسط ITU-T از اینترنت اشیاء و نحوه‌ی ارتباطات در آن تشریح شد. این فناوری بیشتر مستندسازی شد و فناوری‌های نظیر RFID، به‌عنوان بستر اولیه اینترنت اشیاء معرفی شدند [۱۰]. در سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۶، مفهوم اینترنت اشیاء توسط پژوهشگران مورد توجه قرار گرفت و تعدادی پژوهش در مورد این فناوری ارائه و معرفی شد. این مبحث مورد توجه بسیاری از کشورها، به‌خصوص دولت‌مردان قرار گرفت. در اواخر سال ۲۰۰۹، مفهوم شهرهای هوشمند در دنیا برای اولین بار به‌کار گرفته‌شد که یک بستر هوشمند ارتباطی بر اساس اینترنت اشیاء می‌باشد [۱۱].

در بخش دوم، پیشینه تحقیق آورده می‌شود تا برخی کارهای گذشته در حوزه اینترنت اشیاء، کشاورزی و یادگیری ماشین بررسی شود. در بخش سوم، یک روش پیشنهادی با رویکرد داده‌کاوی برای تحلیل اطلاعات کشاورزی ارائه و معرفی خواهد شد. در بخش چهارم، استفاده از محیط برنامه‌سازی متلب، پیاده‌سازی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته و با روش‌های دیگر مقایسه شده‌است. در نهایت نتیجه‌گیری کلی مطالعه مورد مظر بیان شده‌است.

## ۲. پیشینه تحقیق

شرکت تحقیقاتی ITU در سال ۲۰۱۲ یک تعریف از اینترنت اشیاء ارائه می‌دهد که می‌تواند خدمات فیزیکی و مجازی را در مورد انواع اشیاء یا موجودیت‌ها در نظر بگیرد. در این تعریف که به نظر جامع می‌باشد؛ اشیاء فیزیکی به کمک ارتباطات مجازی می‌توانند با یکدیگر در تعامل باشند [۹]. کنترل اشیاء و وسایل خانه از دیر باز موضوع جالبی برای پژوهشگران بوده است. بسیاری از آن‌ها تلاش کرده‌اند تا از طریق ارتباطات بی‌سیم یا حتی اینترنت، کنترل سطح بالایی به وسایل خانه یا سایر اشیاء پیرامون داشته باشند. کنترل محیط اطراف توسط یک دوربین از طریق اینترنت، در اواخر دهه نود میلادی را می‌توان اولین تلاش در این زمینه در نظر گرفت که ایده‌ی اصلی و اولیه‌ی ظهور اینترنت اشیاء شد. چالش مهم این پژوهش و سایر موارد برای کنترل مزرعه به صورت ذیل است:

۱- اطلاعات حسگرهای مختلف مزرعه در هر لحظه برای مالک مزرعه ارسال شده و این فرد نیاز است که مرتباً به‌صورت دستی به کنترل مزرعه و حسگرهای آن از راه دور بپردازد.

در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ برای حل مشکل آدرس‌دهی حجم انبوه اشیاء متصل به اینترنت اشیاء، پروتکل آی پی نسخه ۶ ارائه گردید. این نسخه توانایی بالایی برای شناسایی اشیاء دارد و به‌نظر می‌رسد که برای اینترنت اشیاء این چالش را برداشته‌باشد [۱۲]. اینترنت اشیاء با وجود آن‌که عمر آن به بیش از ۱۰ سال نمی‌رسد؛ در حال پیشرفت و تکامل است. ظهور این فناوری باعث شده است که سایر فناوری‌های مرتبط با آن، نظیر داده‌های بزرگ و محاسبات رایانش ابری نیز توسعه یابند [۱۳]. مطالعات مختلف نشان می‌دهد که رشد تعداد اشیاء هوشمند با قابلیت اتصال به اینترنت مرتباً در حال افزایش است و این پدیده خود یک عامل مهم در توسعه و گسترش اینترنت اشیاء می‌باشد [۱۴]. روند تغییر تعداد کاربران و تعداد وسایل هوشمند با قابلیت اتصال به اینترنت اشیاء به‌خوبی نشان می‌دهد که تعداد کاربران اینترنتی تغییر محسوسی نمی‌نمایند؛ اما تعداد اجزای قابل اتصال به اینترنت اشیاء به‌صورت انفجاری در حال افزایش است. این موضوع نشان می‌دهد که شبکه‌ی اینترنت اشیاء روزبه‌روز در حال توسعه است و بر تعداد گره‌های متصل به آن افزوده می‌شود. افزایش تعداد گره‌های متصل به اینترنت اشیاء نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر بسیاری از وسایل هوشمند در جهت بهره‌وری به اینترنت متصل شده تا اطلاعات ارزشمند این گره‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌شود. توسعه اینترنت اشیاء در بسیاری از بخش‌های مرتبط با سلامت، کشاورزی، صنعت، ایمنی، راه‌آهن، عبور و مرور و بسیاری از بخش‌های دیگر قابل مشاهده است و ظهور این فناوری در هر یک

از این بخش‌ها باعث افزایش بهره‌وری می‌شود [۱۵]. استفاده از فناوری‌های جدید نظیر اینترنت اشیاء باعث افزایش میزان بهره‌وری محصولات کشاورزی می‌شود. مطالعات در مورد نقش اینترنت اشیاء در بهره‌وری محصولات کشاورزی نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر، تعداد قابل توجه‌ای مطالعه در این حوزه آغاز شده‌است که نقش کاربردی اینترنت اشیاء در مباحث کشاورزی را نشان می‌دهد [۱۶]. مطالعات نشان می‌دهد که تعداد مقالات در حوزه کشاورزی و اینترنت اشیاء در بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶ روندی افزایشی داشته و این موضوع تأکیدکننده‌ی آن است که نقش اینترنت اشیاء در حوزه‌ی کشاورزی روزبه‌روز در حال گسترش است. اینترنت اشیاء در حوزه‌ی کشاورزی می‌تواند بهره‌وری را افزایش داده و این بهره‌وری باعث افزایش میزان تولید مواد غذایی در سراسر دنیا می‌شود. به‌کارگیری اینترنت اشیاء نیازمند استفاده از یک مدل کاربردی از اشیاء سنسورها است. برای ارائه‌ی کشاورزی مدرن نیاز است که اشیاء هوشمندی در مزارع استفاده شوند تا اطلاعات محصولات و مزارع را جمع‌آوری و در یک محیط پردازش نظیر پردازش ابری مورد محاسبه قرار دهند. از این طریق، الگوی مفید اطلاعات و دانش پنهان موجود در داده‌های خام استخراج می‌شود. ارائه مدل‌های مختلف جهت عملیاتی کردن مفاهیم اینترنت اشیاء در کاربردهای کشاورزی، قابلیت درک این فناوری و نحوه استفاده از آن را افزایش می‌دهد [۱۷].







متمرکز استفاده نمودند. در روش پیشنهادی آن‌ها، هر گره شبکه یک ماشین کشاورزی در نظر گرفته می‌شود که اطلاعات موقعیت مکانی آن توسط موقعیت‌یاب جهانی به سیستم مرکزی ارسال می‌شود تا نحوه عملکرد آن و بهره‌وری آن مشخص شود. در مدل ارائه شده توسط آن‌ها، هر خودروی کشاورزی به‌عنوان یک گره اینترنت اشیا در نظر گرفته می‌شود که اطلاعات هر یک از آن‌ها برای استفاده بهینه در مزارع برای یک سیستم مرکزی ارسال می‌شود تا براساس داده‌های نظیر موقعیت گره‌ها، بهترین تصمیم در مورد کارایی این وسایل را اخذ نمود.

پاپویک و همکاران در سال ۲۰۱۷ [۲۰]. تلاش خود را به‌کار بردند تا با ترکیب مفاهیم اینترنت اشیا و فضای ابری محاسبات، یک چارچوب کلی برای استفاده از این فناوری در کشاورزی و محیط‌زیست را ارائه دهند. رویکرد آن‌ها در این پژوهش استفاده از فناوری‌های مختلف برای رصد محصولات کشاورزی برای حفظ کیفیت آن‌ها می‌باشد. رویکرد آن‌ها در این پژوهش استفاده از سخت‌افزار مختلف برای گردآوری اطلاعات مختلف در یک مزرعه است که می‌توان به سنسورهای رطوبت‌سنج و سرعت‌سنج باد اشاره نمود. در این رویکرد آن‌ها می‌توانستند اطلاعات مزرعه را مرتباً از طریق اینترنت رصد نمایند و گره‌های به‌کار رفته در شبکه‌ی اطلاعات لازم و لحظه‌ای مزرعه را ارائه می‌دادند.

لی و همکاران در سال ۲۰۱۵ [۱۸]. یک مقاله در مورد کاربرهای اینترنت اشیا و سرمایه‌گذاری در این حوزه و چالش‌های موجود شرکت‌هایی که از این فناوری استفاده می‌نمایند؛ بیان نمودند. در این پژوهش در ابتدا یک تعریف جامع از اینترنت اشیا که قابل فهم باشد؛ ارائه می‌شود. سپس هر یک از اجزای مهم به‌کار رفته در اینترنت اشیا نظیر ارتباطات بی‌سیم، شبکه‌ی حسگر بی‌سیم مرتبط با آن، لایه‌های نرم‌افزاری، محاسبات توزیع شده‌ی ابری در آن و نرم‌افزارهای کاربردی در اینترنت اشیا مورد بحث قرار گرفته می‌شود. در این پژوهش، یکی از چالش‌های مهم شبکه‌ی اینترنت اشیا در جمع‌آوری داده‌های بزرگ و تجزیه و تحلیل این داده‌ها با الگوریتم‌های جدید داده‌کاوی بحث شده‌است تا اطلاعات به‌کار رفته توسط شرکت‌ها بیشترین فایده و سود را برای آن‌ها داشته باشد. همچنین چالش‌های دیگری برای اینترنت اشیا بیان شده‌است که می‌توان به حوزه‌ی امنیت، هرج و مرج گره‌های در ارتباط، محرمانگی اطلاعات و غیره نیز اشاره نمود. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که با وجود پیشرفت در زمینه‌های مختلف اینترنت اشیا، جنبه‌های مبهم زیادی در آن وجود دارد که می‌توان به ابعاد اجتماعی و اقتصادی این شبکه‌ها اشاره نمود. این موضوع می‌تواند برای شرکت‌های مختلف چندان خوشایند نباشد و از این رو در پذیرش این فناوری با تعلل وارد شوند.

اوک سانیم و همکاران در سال ۲۰۱۶ [۱۹]. برای افزایش بهره‌وری ماشین‌های کشاورزی از ارتباطات راه دور و اتصال ماشین‌های کشاورزی به یک سیستم

اساسی بودند. در پرسش اول امکان‌سنجی استفاده از اینترنت اشیاء در حوزه‌ی کشاورزی و محیط‌زیست را شامل می‌شود؛ سپس در پرسش دوم آن‌ها مطرح می‌کنند که برای بحث کشاورزی و محیط‌زیست به چه زیرساخت‌هایی در اینترنت اشیاء نیاز است. مطالعه‌ی آن در حوزه‌ی مورد نظر نشان می‌دهد که بیشترین بحث اینترنت اشیاء در حوزه‌ی کشاورزی یا محیط‌زیست، سیستم‌های گردآوری اطلاعات و کنترل می‌باشد. مطالعه آن‌ها در مقالات مختلف نشان می‌دهد که بیشتر پژوهش‌ها به ترتیب بر روی مانیتورینگ هوا، خاک، آب و گیاهان اختصاص داده شده است. مطالعه‌ی آن‌ها نشان می‌دهد که با وجود بستر مناسب برای استفاده‌ی اینترنت اشیاء در حوزه‌ی کشاورزی فقط در درصد اندکی از آن‌ها از محاسبات ابری و سیستم‌های توزیع شده استفاده شده است و در عمل در حوزه‌ی اینترنت اشیاء در این زمینه مدل‌سازی مناسبی انجام نشده است. در حوزه‌ی اینترنت اشیاء چهار حوزه‌ی رصد محصولات، کنترل کیفیت محصولات، پیش‌بینی بازده محصولات و پشتیبانی محصولات می‌تواند بیشترین کاربرد ممکن در بحث کشاورزی را داشته باشد.

فاریس و همکاران در سال ۲۰۱۸ [۲۴]. برای کاهش دادن خطای تشخیص و طبقه‌بندی شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه از الگوریتم بهینه‌سازی پروانه استفاده نمودند. آن‌ها خطای خروجی شبکه‌ی عصبی مصنوعی را با انتخاب بهینه‌ی پارامترهای شبکه‌ی عصبی مصنوعی توسط الگوریتم بهینه‌سازی پروانه کاهش دادند. در روش پیشنهادی آن‌ها هر مجموعه‌ی وزن و بایاس شبکه‌ی عصبی مصنوعی به‌عنوان یک عضو جمعیت الگوریتم بهینه‌سازی

کاملیا و همکاران در سال ۲۰۱۷ [۲۱]. برای بهبود محصولات کشاورزی پیشنهاد نمودند که از تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ گردآوری شده مزارع کشاورزان استفاده شود. از این طریق میزان نظارت آن‌ها بر محصولات کشاورزی افزایش یافته و محصول بیشتری تولید می‌گردد. در این پژوهش آن‌ها تعداد زیادی مطالعه در مورد داده‌های بزرگ در بحث کشاورزی مورد بررسی قرار دادند که نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد؛ داده‌های بزرگ گردآوری شده از منابع کشاورزی می‌تواند باعث افزایش سوددهی محصولات شود و هزینه‌های تولید را نیز کاهش دهد.

آنتونیکی و همکاران در سال ۲۰۱۸ [۲۲]. برای افزایش بهره‌وری در محصولات کشاورزی از مجموعه‌ای از سنسورهای هوشمند مبتنی بر نانو استفاده نمودند تا از این طریق اطلاعات بارش خاک کشاورزی را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهند. مکانیزم به کار رفته در پژوهش آن‌ها برای سنجش انواع یون موجود در خاک می‌تواند استفاده شود. اطلاعات زیادی در مورد ترکیبات خاک قابل دستیابی است تا برای ایستگاه مرکزی ارسال شود و مورد تحلیل دقیق قرار گیرد. با وجود آن‌که سنسورهای زیستی مبتنی بر فناوری نانو به‌تازگی ایجاد شده‌اند و در حال تکامل می‌باشند؛ به‌زودی این سنسورها در بحث اینترنت اشیاء مورد استفاده قرار گیرند.

تالوارا و همکاران در سال ۲۰۱۷ [۲۳]. یک مطالعه در مورد کاربرد اینترنت اشیاء در حوزه‌ی کشاورزی صنعتی در انگلیس ارائه و معرفی کردند. با مطالعه‌ی چالش‌ها، راهکارها و معماری سعی نمودند؛ مدل موفق برای کاربرد اینترنت اشیاء در کشاورزی بیان نمایند. آن‌ها در پژوهش خود به دنبال دو پرسش





بیان شود. در تعدادی از پژوهش‌ها، تاریخچه‌ی اینترنت اشیا مورد بحث قرار گرفته‌است و توانایی این شبکه‌ی ارتباطی برای کاربردهای مختلف مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌است. سپس تعدادی از مطالعات در زمینه‌ی اینترنت اشیا، کشاورزی و الگوریتم فرا ابتکاری نظیر پروانه مورد بحث قرار گرفته‌است.

### ۳. روش پیشنهادی

در روش پیشنهادی چندین مرحله وجود دارد که پیش‌بینی می‌کند آیا یک محصول و کشت با موفقیت به سرانجام می‌رسد یا با شکست مواجه می‌شود. این مراحل که در ادامه توضیح داده می‌شوند به شرح ذیل است:

- پارامترهای پیاده‌سازی الگوریتم پیشنهادی مانند تعداد لایه‌های شبکه عصبی، تعداد نورون‌های هر لایه، اندازه‌ی جمعیت و تعداد تکرار الگوریتم بهینه‌سازی پروانه.
- پیش‌پردازش داده‌ها و تقسیم داده‌ها به دو دسته آموزشی و آزمون.
- کاهش دادن خطای طبقه‌بندی و تشخیص نوع محصول و کشت کشاورزی با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی پروانه.
- تحلیل الگوریتم و خروجی‌ها و مقایسه با روش‌های مشابه.
- تصمیم‌گیری بر اساس نتایج و تغییر در پارامترهای کشاورزی برای بهبود محصول.

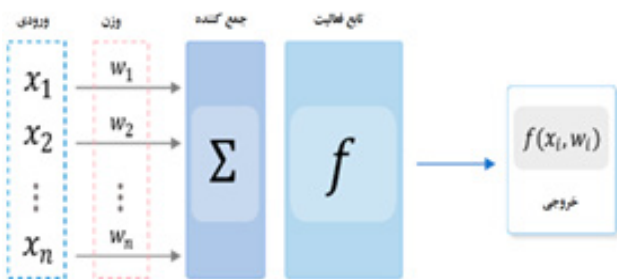
پروانه می‌تواند با انتخاب وزن و بایاس، بهینه‌ی خطای مدل‌سازی و طبقه‌بندی را تا حد امکان کاهش دهد. چالش و عیب روش پیشنهادی آن در این است که برای یادگیری در محیط‌هایی که بلادرنگ می‌باشند این روش زمان اجرای زیادی دارد و کاربرد بالایی ندارد.

آرو و آند در سال ۲۰۱۹ [۲۵]. برای حل مسئله‌ی انتخاب ویژگی از مکانیزم الگوریتم بهینه‌سازی پروانه استفاده نمودند و یک نسخه باینری برای یافتن ویژگی‌های مهم ارائه نمودند. در روش پیشنهادی آن‌ها، یک بردار ویژگی از ۲۱ مجموعه داده‌ی کاربردی در پایگاه داده‌ی UCI به‌عنوان یک پروانه در نظر گرفته می‌شود و هر پروانه یک بردار ویژگی محسوب می‌شود که دارای مؤلفه صفر و یک است. در روش آن‌ها صفر و یک نشان‌دهنده‌ی عدم انتخاب و انتخاب بردار ویژگی است و الگوریتم باینری پیشنهادی آن‌ها بین مقدار صفر و یک تغییر نموده و ویژگی‌های متناظر را انتخاب می‌نماید. در روش پیشنهادی آن‌ها یک مجموعه بردار ویژگی در هر تکرار وجود دارد که به‌عنوان جمعیت پروانه‌ها شناخته می‌شود و در هر تکرار برداری انتخاب می‌شود که حداقل خطای طبقه‌بندی را ارائه نماید. مطالعات و آزمایشات آن‌ها نشان‌دهنده اثربخشی روش آن‌ها در انتخاب ویژگی در یادگیری ماشین است. انتخاب ویژگی در این روش قطعی نبوده و می‌تواند ویژگی‌هایی را انتخاب نماید که در واقع با ویژگی‌های اصلی و مهم تفاوت داشته باشد. از این رو چالش این روش احتمال عدم انتخاب ویژگی‌های مهم است.

در این مقاله تلاش شده تا مطالعات مرتبط با حوزه‌ی اینترنت اشیا و مباحث مرتبط با کشاورزی

## ۳-۱. پیش پردازش

و یادگیری وزن و بایاس خود را باید بهینه انتخاب نماید. به عبارت دیگر، میزان خطای یک شبکه‌ی عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی و طبقه‌بندی، به انتخاب بهینه‌ی وزن و بایاس به‌کاررفته در آن بستگی دارد. ساختار یک شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه و یک نورون مصنوعی آن برای پیش‌بینی و طبقه‌بندی در شکل (۱)، نمایش داده شده است. در این شکل، مشاهده می‌شود که ورودی‌ها در مقادیر وزن‌های نورون‌های مصنوعی ضرب شده است. سپس با مقدار بایاس که یک عدد برای هر لایه یا نورون پنهان است؛ جمع شده و این مقادیر قبل از ارسال به خروجی تحویل یک تابع به نام تابع فعالیت می‌شود. نقش این تابع محدود کردن خروجی شبکه عصبی مصنوعی چند لایه است تا هر مقداری را اختیار ننماید.



شکل (۱): ساختار شبکه عصبی و نورون مصنوعی برای پیش‌بینی و طبقه‌بندی

برای یادگیری شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه می‌توان از تابع فعالیت سیگموئید یا تانژانت سیگموئید جهت کنترل مقدار خروجی شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه استفاده نمود. محدوده‌ی خروجی این دو تابع که معادله‌ی آن‌ها در رابطه (۴) و (۵) نمایش داده شده است؛ به ترتیب در بازه‌ی  $[0.1]$  و  $[-1.1]$  قرار دارد:

در بیشتر روش‌های یادگیری ماشین نیاز است که داده‌ها برای یادگیری ماشین و داده‌کاوی آماده شوند. مرحله مهم این فرآیند نرمال‌سازی است. در نرمال‌سازی تلاش می‌شود که محدوده تغییرات همه‌ی صفات و ویژگی‌ها در بازه‌ی  $[L.U]$  قرار داده شود تا همه‌ی ویژگی‌ها برای یادگیری، دارای اهمیت برای تولید خروجی باشند. برای نرمال‌سازی نمونه‌ها و داده‌ها به‌عنوان فاز مهم پیش‌پردازش از رابطه (۱) استفاده می‌شود:

$$N_{norm} = L + \frac{N - \min}{\max - \min} (U - L) \quad (1)$$

در این رابطه، مقدار یک ویژگی نرمال نشده است و  $\max$  و  $\min$  به ترتیب مقدار کمینه و بیشینه‌ی یک ویژگی غیرنرمال شده است. از طرفی مقدار نرمال شده‌ی یک داده است. می‌توان بازه  $[L.U]$  را دو بازه‌ی استاندارد  $[-1.+1]$  یا  $[0.1]$  در نظر گرفت که در این حالت، نرمال‌سازی مانند دو رابطه (۲) و (۳) به ترتیب برای این دو بازه انجام می‌شود:

$$N_{norm} = -1 + 2 \times \frac{N - \min}{\max - \min} \quad (2)$$

$$N_{norm} = \frac{N - \min}{\max - \min} \quad (3)$$

## ۳-۲. شبکه‌ی عصبی بهبود یافته با الگوریتم پروانه

در روش پیشنهادی برای یادگیری و پیش‌بینی از شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه استفاده شده است. این روش یادگیری برای آن که یک طبقه‌بندی با خطای کمینه را ایجاد نماید؛ در حین آموزش





در روش پیشنهادی، بردار ورودی مرتبط با محصول کشاورزی به صورت  $[x_1, x_2, \dots, x_n]$  است. بردار وزن و بایاس شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه نیز به ترتیب برابر  $[w_1, w_2, \dots, w_m]$  و  $[\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k]$  تعریف شده و یک پروانه یا عضو الگوریتم بهینه‌سازی پروانه به صورت رابطه (۸)، کدگذاری می‌شود:

$$BOA = \ll [w_1, w_2, \dots, w_m] + [\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k] \gg \quad (8)$$

در این رابطه،  $w_i$  و  $x_j$  به ترتیب بردارهای وزن و ورودی شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه و  $\theta_i$  مقادیر بایاس به کار رفته در شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه برای پیش‌بینی و طبقه‌بندی محصول کشاورزی است. تابع هدف مسئله‌ی مورد نظر در رابطه‌ی (۹)، به صورت خطای طبقه‌بندی محصول از نظر شکست یا موفقیت است. هدف آن است که به کمک الگوریتم بهینه‌سازی پروانه، یک مجموعه‌ی وزن و بایاس بهینه برای کاهش دادن خطای طبقه‌بندی و پیش‌بینی محاسبه گردد:

Cost

$$= \begin{cases} \text{Min: } f = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n \|\tilde{y}_i - y_i\| \right) \\ BOA = \ll \mathbf{w}, \boldsymbol{\theta} \gg \\ L \leq w_i \leq U \\ L \leq \theta_i \leq U \end{cases} \quad (9)$$

در این جا مقدار وزن و بایاس را می‌توان در محدوده‌ی  $[L, U]$  قرارداد و هر راه‌حل مسئله نیز یک پروانه است که از تعدادی وزن و بایاس تشکیل شده است. هدف آن است که مجموعه‌ای از وزن و بایاس‌ها به گونه‌ای انتخاب شوند که تابع هدف مورد نظر را کمینه نماید.

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp^{-x}} \quad (4)$$

$$f(x) = \frac{\exp^x - \exp^{-x}}{\exp^x + \exp^{-x}} \quad (5)$$

خروجی یک شبکه‌ی عصبی مصنوعی را می‌توان با ضرب ورودی در اوزان و جمع آن با مقادیر بایاس (رابطه ۶) نمایش داد:

$$\bar{y} = \sum_{i \in \text{input}} \sum_{j \in W} w_{ij} \cdot x_j + \sum_{i \in L} \theta_i \quad (6)$$

در این جا خروجی پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی برابر  $\bar{y}$  است. مقدار خروجی واقعی داده‌ها نیز به طور معمول برابر  $y$  برای یک نمونه‌ی نشان داده‌می‌شود. خطای همه‌ی نمونه‌هایی که شبکه‌ی عصبی مصنوعی پیش‌بینی نموده است به صورت رابطه‌ی (۷) فرموله می‌شود:

$$e = \frac{\sum_{i=1}^n |\bar{y}_i - y_i|^2}{n} \quad (7)$$

در این رابطه،  $n$  تعداد نمونه‌های ارزیابی شده در روش پیشنهادی در تشخیص نوع محصول از نظر شکست و موفقیت است. نیز متوسط خطای تشخیص موفقیت یا شکست  $n$  نمونه است. برای کاهش دادن این تابع می‌توان وزن و بایاس شبکه‌ی عصبی مصنوعی را بهینه انتخاب نمود تا خطای پیش‌بینی کاهش داده‌شود. برای کاهش دادن آن در روش پیشنهادی انتخاب بهینه‌ی وزن و بایاس بر عهده‌ی الگوریتم بهینه‌سازی پروانه قرارداد.

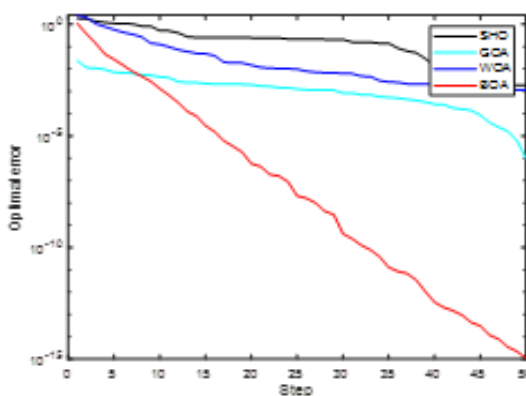
## ۴. شبیه‌سازی

|             |  |
|-------------|--|
| H           | ضریب هم‌گرایی الگوریتم بهینه‌سازی کفتار                                    |
| Cmin و Cmax | ضریب هم‌گرایی بیشینه و کمینه‌ی الگوریتم<br>ملخ که به ترتیب 0.1 و 0.001 است |
| B           | ضریب حرکت دورانی الگوریتم وال که برابری<br>0.5 قرض شده است                 |
| L           | توان حرکت دورانی الگوریتم وال که بین صفر<br>و یک قرض شده است               |
| C           | ضریب هم‌گرایی در الگوریتم بهینه‌سازی وال<br>بین 0 تا 2                     |
| Run         | تعداد آزمایش برای هر حالت که برابر 30<br>قرض شده است                       |

جدول (۱): پارامترهای پیاده‌سازی روش پیشنهادی

## ۴-۱. تحلیل خطای الگوریتم بهینه‌سازی پروانه

در پژوهش مورد نظر از الگوریتم بهینه‌سازی پروانه برای انتخاب وزن و بایاس‌های شبکه‌ی مصنوعی چند لایه استفاده می‌شود. در قسمت، اهمیت الگوریتم بهینه‌سازی پروانه برای بهبود دقت شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه مشخص می‌شود. برای ارزیابی دقت الگوریتم بهینه‌سازی پروانه، از دو تابع ارزیابی معرف Sphere و ackley برای یافتن بهینه‌ی سراسری مورد پیاده‌سازی قرار گرفته‌است. خطای محاسبه‌ی بهینه بر حسب تکرار به ترتیب در دو نمودار شکل (۲) و (۳) با الگوریتم بهینه‌سازی وال، کفتار، ملخ مقایسه شده‌است:



شکل (۲): کاهش یافتن بیشتر خطای محاسبه‌ی بهینه توسط الگوریتم بهینه‌سازی پروانه روی تابع ارزیابی اول

در این بخش، روش پیشنهادی برای بهبود شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی پروانه ارائه و معرفی شده‌است. این الگوریتم وزن و بایاس شبکه‌ی عصبی مصنوعی باید به گونه‌ای بهینه انتخاب می‌شود که خطای پیش‌بینی آن برای تحلیل موفقیت شکست یا موفقیت یک پروژه‌ی نرم‌افزاری پیش‌بینی می‌شود. روش پیشنهادی با استفاده از محیط پیاده‌سازی متلب، پیاده‌سازی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌است. همچنین نتایج به دست آمده نیز با روش‌های دیگر مورد مقایسه قرار گرفت.

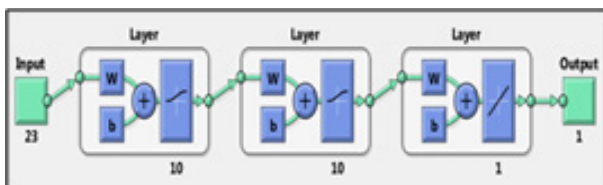
در پیاده‌سازی روش پیشنهادی نیاز است که پارامترهای مرتبط با داده‌ها و اندازه آن‌ها محاسبه و تنظیم شود. سپس پارامترهای مرتبط با الگوریتم بهینه‌سازی، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار و الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، تنظیم و مقداردهی اولیه شوند. این مقادیر در جدول (۱) نمایش داده شده‌است:

| پارامتر | مقدار   |
|---------|---|
| nPop    | اندازه‌ی جمعیت الگوریتم‌های قرالتکاری بین 10 تا 20              |
| MaxIt   | حداکثر تعداد تکرار الگوریتم پیشنهادی و سایر روش‌ها بین 40 تا 50 |
| P       | ضریب جدایی در الگوریتم پروانه که برابر 0.01 است.                |
| Max     | حداکثر مقدار برای انتخاب وزن و بایاس شبکه‌ی عصبی مصنوعی برابر 5 |
| Min     | حداقل مقدار برای انتخاب وزن و بایاس شبکه‌ی عصبی مصنوعی برابر -5 |
| pow     | ضریب جدایی الگوریتم بهینه‌سازی پروانه برابر 0.1 است.            |



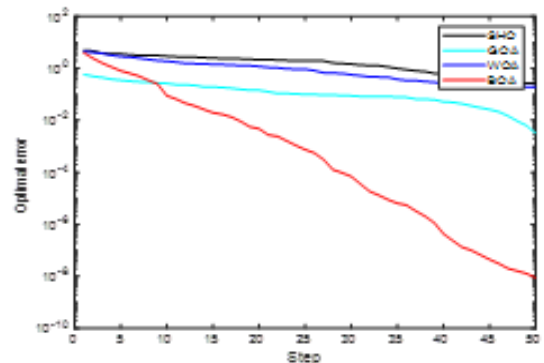
## ۲-۴. کاهش دادن خطای شبکه‌ی عصبی برای پیش‌بینی محصول

ساختار شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه در پیاده‌سازی‌ها مورد استفاده قرار گرفته می‌شود. در این روش شبکه‌ی عصبی مصنوعی دو لایه استفاده شده است که در هر لایه‌ی آن ۱۰ نورون قرار داده شده است. علت استفاده از این مقادیر آن است که افزایش تعداد لایه و تعداد نورون‌ها بیش از این مقدار باعث افزایش زمان پیاده‌سازی‌ها داده می‌شود. در مقابل، دقت افزایش قابل توجه‌ای نخواهد داشت و با آزمون و خطا بهترین مقدار برای پارامترهای شبکه‌ی عصبی در حدود دو لایه و هر لایه حدود ۸ تا ۱۲ نورون است که در اینجا ۱۰ نورون انتخاب شده است.



شکل (۴): ساختار شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه در پیاده‌سازی

در اینجا ۲۳ ویژگی ورودی مرتبط با زمین کشاورزی و محصول کشاورزی در یک گلخانه وجود دارد. خروجی آن نیز یک عدد بوده که مشخص می‌نماید محصول مورد کشت به بهره‌وری و موفقیت می‌رسد یا بهره‌وری آن اندک بوده و به موفقیت نمی‌رسد. در آزمایشات، جمعیت اولیه برابر ۱۰ و تعداد تکرار را نیز برابر ۴۰ است. میزان خطای طبقه‌بندی و دقت پیش‌بینی نوع محصول کشاورزی در یک آزمایش به ترتیب در شکل (۵) و (۶) نمایش داده شده است:



(۳): کاهش یافتن بیشتر خطای محاسبه‌ی بهینه توسط الگوریتم بهینه‌سازی پروانه روی تابع ارزیابی دوم

در نمودارهای مورد نظر محور افقی، تعداد تکرار الگوریتم‌های فراابتکاری بوده و نمودار عمودی آن میزان خطای محاسبه‌ی بهینه سراسری است. از طرفی هم برای پیاده‌سازی الگوریتم‌ها اندازه‌ی جمعیت برابر ۱۰ و تعداد تکرار آن‌ها برابر ۵۰ فرض شده است. تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که خطای محاسبه‌ی بهینه بر حسب تکرار، مرتباً کاهش یافته است. این کاهش در الگوریتم بهینه‌سازی پروانه بیشتر از الگوریتم‌های الگوریتم بهینه‌سازی وال، الگوریتم بهینه‌سازی گفتار و الگوریتم بهینه‌سازی ملخ است. به عبارت دیگر، الگوریتم پروانه در تکرار آخر، خطای کمتری برای محاسبه‌ی بهینه‌ی سراسری نسبت به سایر الگوریتم‌ها ارائه می‌دهد و جمعیت خود را با شتاب بیشتری به سمت نقاط بهینه سوق می‌دهد. دلیل این برآورد، جستجوی هم‌زمان از نوع جستجوی سراسری و جستجوی محلی است. از این جهت، این الگوریتم دارای کارایی بیشتری برای بهینه‌سازی وزن و بایاس شبکه‌ی عصبی مصنوعی برای طبقه‌بندی پروژه محصول کشاورزی و پیش‌بینی موفقیت یا شکست آن است.

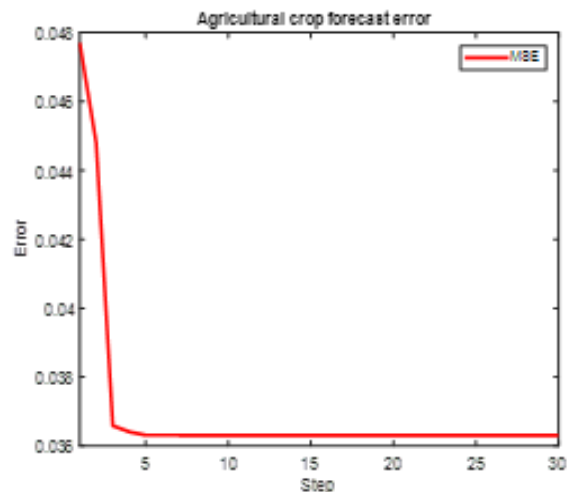
واقع مرتبط با شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه بدون الگوریتم پروانه است. الگوریتم پروانه این خطا را تا حدود ۰/۰۳۶ کاهش می‌دهد و به عبارت بهتر شبکه‌ی عصبی مصنوعی در این آزمایش در حدود ۲۵ درصد خطا را کاهش داده است. نمودار دقت نیز بر حسب آموزش و یادگیری الگوریتم بهینه‌سازی پروانه و شبکه‌ی عصبی مصنوعی یک روند رو به افزایش است؛ زیرا وزن و بایاس‌ها را الگوریتم بهینه‌سازی پروانه بهینه انتخاب می‌نماید. این دقت در این آزمایش از ۹۵/۲ درصد به حدود ۹۶/۴ درصد رسیده است. می‌توان آزمایشات را تکرار نمود و شاخص‌های طبقه‌بندی مانند دقت و خطا را متوسط‌گیری نمود. برای محاسبات پارامترها به شرح ذیل تنظیم شده است:

- اندازه جمعیت الگوریتم یا بردارهای وزن و بایاس برابر ۱۰.
- تعداد تکرار الگوریتم بهینه‌سازی پروانه برابر ۴۰.
- تعداد آزمایشات برای متوسط‌گیری برابر ۳۵ عدد.

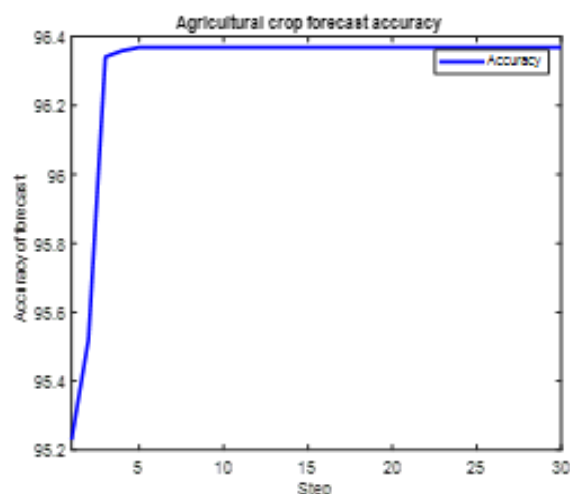
| مقدار  | شاخص   |
|--------|--------|
| ۰/۰۳۱  | خطا    |
| ۹۷/۸۶٪ | دقت    |
| ۹۷/۵۲٪ | حساسیت |
| ۹۷/۲۴٪ | تشخیص  |
| ۹۷/۷۳٪ | صحت    |

#### جدول (۲): متوسط شاخص‌های روش پیشنهادی

تحلیل و ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که شاخص خطا، دقت، حساسیت، تشخیص و صحت در روش پیشنهادی به ترتیب برابر ۰/۰۳۱، ۹۷/۸۶، ۹۷/۵۲، ۹۷/۲۴ و ۹۷/۷۳ درصد است.



شکل (۵): کاهش یافتن پیش‌بینی و طبقه‌بندی نوع محصول کشاورزی در روش پیشنهادی



شکل (۶): افزایش یافتن پیش‌بینی و طبقه‌بندی نوع محصول کشاورزی در روش پیشنهادی

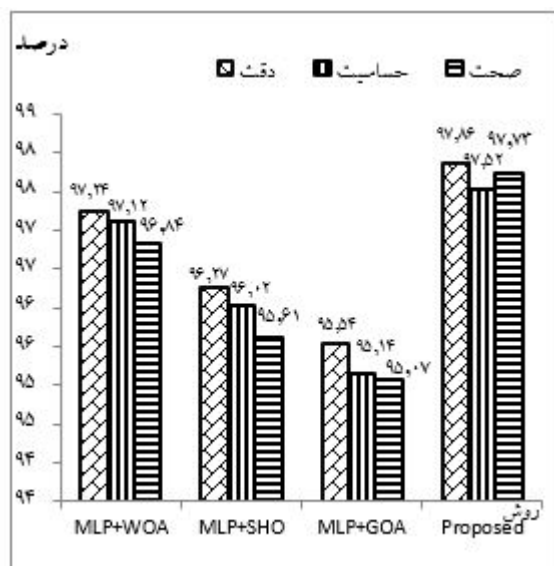
تحلیل و ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که خطای پیش‌بینی و طبقه‌بندی نوع محصول و کشت مزرعه بر حسب تکرار الگوریتم بهینه‌سازی پروانه یا روش پیشنهادی، یک روند رو به کاهش است. در نتیجه بردار وزن و بایاس شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه در حال بهینه‌شدن است. این موضوع باعث می‌شود که خطای پیش‌بینی کاهش یابد. در این‌جا مشاهده می‌شود که خطای اولیه‌ی سیستم برای پیش‌بینی در حدود ۰/۰۴۸ بوده و این خطا در







ملخ است. نمودار دقت نیز نشان می‌دهد که روش پیشنهادی در طبقه‌بندی محصول کشاورزی از نظر موفقیت کشت یا عدم موفقیت از نظر دقت از روش‌های الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال ترکیب شده‌است و با شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه کارایی بیشتری دارد. به‌عنوان نمونه شاخص دقت در روش پیشنهادی، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال، به ترتیب برابر 97/86٪، 97/54٪، 96/27٪ و 97/24٪ است. روش پیشنهادی در شاخص‌های حساسیت و صحت، مقادیر بیشتر و بهتری را نشان می‌دهد.

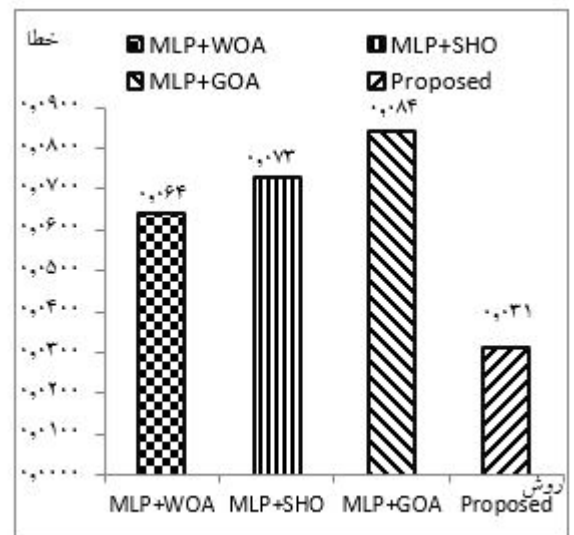


شکل (۸): مقایسه‌ی دقت، حساسیت و صحت روش پیشنهادی و روش‌های مشابه

شاخص حساسیت در روش پیشنهادی، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال به ترتیب برابر 97/52٪، 95/14٪، 96/02٪ و 97/12٪ است. شاخص صحت در روش پیشنهادی، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال

### ۳-۴. مقایسه با سایر روش‌ها

برای تحلیل و ارزیابی، روش پیشنهادی با روش‌های فرابتکاری نظیر الگوریتم‌های بهینه‌سازی وال، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ (با شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه ترکیب شده‌است)، در شاخص خطا مطابق نمودار شکل (۷) و در شاخص‌های طبقه‌بندی مطابق نمودار شکل (۸)، مورد مقایسه قرار گرفت:



شکل (۷): مقایسه خطای طبقه‌بندی محصول در روش پیشنهادی و روش‌های مشابه

تجزیه و تحلیل خطای طبقه‌بندی و پیش‌بینی محصولات کشاورزی در روش پیشنهادی و سایر روش‌ها نشان می‌دهد که خطای روش پیشنهادی از سایر روش‌ها کمتر بوده و این موضوع هوشمندی الگوریتم پیشنهادی را نشان می‌دهد. آزمایشات نشان می‌دهد که خطای روش پیشنهادی، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال، به ترتیب برابر 0/031، 0/084، 0/073 و 0/064 است. در رتبه‌ی دوم الگوریتم وال قرار دارد و بدترین عملکرد از نظر خطا مرتبط با الگوریتم بهینه‌سازی

در محصولات کشاورزی، امنیت غذایی جامعه افزایش پیدا می‌کند. یکی از چالش‌های مهمی که کشاورزان در طول کشت و کار با آن مواجه هستند، بهره‌وری و سوددهی بالا است. بنابراین کشاورزان باید یک برآورد از موفقیت یا شکست محصول خود را داشته‌باشند. اگر کشاورزان در حین کشت متوجه شوند که محصول آن‌ها بازدهی بالایی نخواهد داشت و به شکست منجر می‌شود؛ متغیرهای محصول را باید بازبینی نمایند و آن‌ها را تغییر دهند. به‌عنوان مثال: کاهش یا افزایش مدت زمان آبیاری، کاهش یا افزایش دمای گلخانه و در مواردی افزایش مواد شیمیایی به خاک، به بهره‌وری محصول کمک می‌کند. یک روش برای پیش‌بینی بهره‌وری موفق، گردآوری پارامترهای مرتبط با محصول از طریق حسگرهای شبکه حسگر بی‌سیم یا شبکه‌ی اینترنت اشیا است. سپس این اطلاعات دوره‌ای، برای آموزش شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه در نظر گرفته‌شود. چالش مهم شبکه عصبی مصنوعی چند لایه آن است که خطای آن قابل توجه باشد. برای کاهش خطای پیش‌بینی موفقیت یا شکست، می‌توان از الگوریتم‌های فراابتکاری استفاده نمود. در روش پیشنهادی از الگوریتم بهینه‌سازی پروانه برای کاهش دادن خطای پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی چند لایه در تعیین موفقیت یا شکست پروژه‌های کشاورزی استفاده شده‌است. نقش الگوریتم بهینه‌سازی پروانه کاهش دادن خطای شبکه عصبی مصنوعی چند لایه با استفاده از انتخاب بهینه‌ی وزن و بایاس به‌کار رفته در شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه است. روش پیشنهادی هر بردار، وزن و بایاس شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه را به‌عنوان یک عضو الگوریتم بهینه‌سازی پروانه در نظر گرفته و

به‌ترتیب برابر 97/73٪، 95/07٪، 95/61٪ و 96/84٪ است. روش پیشنهادی دارای شاخص حساسیت و صحت بیشتری برای طبقه‌بندی محصول کشاورزی از نظر موفقیت و شکست است. جدول زیر مقایسه الگوریتم بهینه‌سازی پروانه با سایر روش‌ها را به‌صورت خلاصه بیان می‌کند:

جدول (۳): مقایسه الگوریتم بهینه‌سازی پروانه با سایر روش‌ها

| شاخص   | الگوریتم بهینه‌سازی ملخ | الگوریتم بهینه‌سازی کفتار | الگوریتم بهینه‌سازی وال | الگوریتم بهینه‌سازی پروانه |
|--------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|
| خطا    | ۰۰/۸۴                   | ۰/۰۷۳                     | ۰/۰۶۴                   | ۰/۰۳۱                      |
| دقت    | ۹۵/۵۴٪                  | ۹۶/۲۷٪                    | ۹۷/۲۴٪                  | ۹۷/۸۶٪                     |
| حساسیت | ۹۵/۱۴٪                  | ۹۶/۰۲٪                    | ۹۷/۱۲٪                  | ۹۷/۵۲٪                     |
| صحت    | ۹۵/۰۷٪                  | ۹۵/۶۱٪                    | ۹۶/۸۴٪                  | ۹۷/۷۳٪                     |

موفقیت یا شکست محصول و کشت کشاورزی در این مقاله با استفاده از روش پیشنهادی مورد طبقه‌بندی و پیش‌بینی قرار گرفته است. تجزیه و تحلیل‌ها نشان می‌دهد که خطای طبقه‌بندی روش پیشنهادی از روش‌های الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال کمتر است. روش پیشنهادی برای طبقه‌بندی و پیش‌بینی از این روش‌ها دارای شاخص دقت، حساسیت و صحت بیشتری است.

## ۵. نتیجه‌گیری

مروزه از فناوری برای افزایش بازدهی محصولات در کشاورزی استفاده زیادی می‌شود تا میزان محصول و بهره‌وری افزایش یابد. با افزایش بهره‌وری





### گزیده ی منابع :

- [1] Boursianis, A. D., Papadopoulou, M. S., Diamantoulakis, P., Liopa-Tsakalidi, A., Barouchas, P., Salahas, G., ... & Goudos, S. K. (2020). Internet of Things (IoT) and Agricultural Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in Smart Farming: A Comprehensive Review. *Internet of Things*, 100187.
- [2] Marcu, I., Suci, G., Bălăceanu, C., Vulpe, A., & Drăgulinescu, A. M. (2020). Arrowhead Technology for Digitalization and Automation Solution: Smart Cities and Smart Agriculture. *Sensors*, 20(5), 1464.
- [3] Panda, C. K., & Bhatnagar, R. (2020). Social internet of things in agriculture: an overview and future scope. In *Toward Social Internet of Things (Slot): Enabling Technologies, Architectures and Applications* (pp. 317-334). Springer, Cham.
- [4] Puri, V., Jagdev, S. S., Tromp, J. G., & Van Le, C. (2020). Smart Bicycle: IoT-Based Transportation Service. In *Intelligent Computing in Engineering* (pp. 1037-1043). Springer, Singapore.
- [5] Sheikh, J. A., Cheema, S. M., Ali, M., Amjad, Z., Tariq, J. Z., & Naz, A. (2020, July). IoT and AI in Precision Agriculture: Designing Smart System to Support Illiterate Farmers. In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (pp. 490-496). Springer, Cham.

برای مشاهده ی ادامه ی منابع ذکر شده در متن به ادرس QR کد مراجعه فرمایید.



SCAN ME

توسط این الگوریتم تلاش دارد تا مقدار بهینه برای آن‌ها محاسبه و خطای شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه را کاهش دهد.

مجموعه آزمایشات این پژوهش در محیط متلب انجام شد و نتایج مختلف آن به شرح ذیل است:

- خطای محاسبه‌ی بهینه الگوریتم بهینه‌سازی پروانه از الگوریتم‌های الگوریتم بهینه‌سازی وال، الگوریتم بهینه‌سازی گفتار، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ کمتر است.
- الگوریتم بهینه‌سازی پروانه با شیب تند خطای یافتن بهینه را کاهش می‌دهد.
- خطای پیش‌بینی و طبقه‌بندی نوع محصول و کشت مزرعه بر حسب تکرار الگوریتم بهینه‌سازی پروانه یا روش پیشنهادی یک روال رو به کاهش است.
- الگوریتم بهینه‌سازی پروانه مرتباً وزن و بایاس شبکه‌ی عصبی مصنوعی را بهینه نموده تا خطای طبقه‌بندی آن کاهش داده‌شود.
- خطای روش پیشنهادی، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی گفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال برای طبقه‌بندی محصول کشاورزی به ترتیب برابر 0/031، 0/084، 0/073 و 0/064 است.
- بهترین عملکرد برای پیش‌بینی محصول کشاورزی بر اساس شاخص خطا، مرتبط با روش پیشنهادی بوده و بدترین عملکرد هم از نظر خطا مرتبط با الگوریتم بهینه‌سازی ملخ است.
- دقت در روش پیشنهادی، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی گفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال برای طبقه‌بندی محصول کشاورزی، به ترتیب برابر 97/86٪، 95/54٪، 96/27٪ و 97/24٪ است.
- روش پیشنهادی برای پیش‌بینی و طبقه‌بندی محصول کشاورزی در شاخص‌های حساسیت و صحت، مقادیر بیشتر و بهتری را نسبت به الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی گفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال نشان می‌دهد.



**A brief review  
on Hydrogen energy  
and state of the art of  
hydrogen storages (Part 1)**



**Alireza shafizadeh**

Ph.D student in Biosystems Engineering at University of Tehran

**Sara Tabaie**

M.Sc student in Energy Engineering at New York Institute of Technology

✉ [a.shafizadeh@ut.ac.ir](mailto:a.shafizadeh@ut.ac.ir)

## List of Acronyms

|     |                              |      |                                      |
|-----|------------------------------|------|--------------------------------------|
| FC  | Fuel Cell                    | DGC  | Dependable Generating Capacity       |
| IEA | International Energy Agency  | TNPC | Total Net Present Cost               |
| HES | Hydrogen Energy Storage      | LCA  | Life Cycle Analysis                  |
| PEM | Polymer Electrolyte Membrane | FCEV | Fuel Cell Electric Vehicle           |
| PSO | Particle Swarm Optimization  | NREL | National Renewable Energy Laboratory |
| CCS | Carbon Capture and Storage   |      |                                      |
| GHG | Green House Gas              |      |                                      |

### ● Introduction

Energy is one of the most crucial components of life. After coal and oil, hydrogen plays a vital role as an energy carrier. Hydrogen has a lot of benefits which there are several options for producing, including the use of renewable energy sources (Lombardo et al., 2019) . Nowadays, Environmental issues related to global warming, climate change, and the need to reduce Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions motivated the interest in searching for new technologies which overcome the effect and increased use of hydrogen, to develop the use of alternative fuels, and to the use renewable energies (Stern, 2018). There are a huge number of applications in which hydrogen can be used, as in road transport or space vehicles. Since hydrogen is the most energy-efficient element in the world and is available unlimited source on our planet also it is considered the cleanest energy source. Therefore, the storage of hydrogen plays an essential role in future transportation solutions for cars, trucks, and general transportation (Acar & Dincer, 2020).

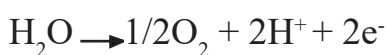


## Hydrogen Production

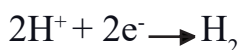
There are several ways to produce hydrogen. Hydrogen can be produced from both renewable technologies and fossil fuels. Most of the industrial hydrogen is produced from fossil fuels (natural gas, oil, and coal), while one important way for producing hydrogen from renewable energy is water electrolysis which occurs by solar cells, direct photocatalytic water, photobiological water splitting, or solar thermal processes represents a highly desirable, clean and abundant source of hydrogen. Although water electrolysis is efficient, it is an expensive technology. In water electrolysis, hydrogen is produced according to the following equations (Abdalla et al., 2018):



Reaction at the anode:



Reaction at the cathode:



## Hydrogen Storage

Hydrogen storage is the primary key to the use of hydrogen-powered vehicles. It can be clearly seen that the different cost and environmental issues for the power plant itself, storage, and the management of the storage system play an essential role in

future hydrogen transportation options. Moreover, the availability of materials and the cost will be the most important issue for future operations. Hydrogen storage shows high technological challenges to be solved for commercial development. Among a wide variety of hydrogen storage possibilities such as liquid hydrogen, compressed hydrogen gas, and absorption and adsorption in metal hydrides, a group of novel materials has to be investigated (Broom et al., 2019).

## Hydrogen storage materials

Hydrogen Storage has become a crucial issue as a problematic area because of the high demands on the performance of candidate materials. In this technology, the materials which are used should have the ability to absorb high quantities of hydrogen, able to sustain high pressures, absorb hydrogen in a reversible way, lightweight, and supply fast absorption and desorption. At this moment, it is vital to find out materials that are cost-effective and have a high performance in the long term (Lousada, 2020).





## Hydrogen storage in Carbon Materials

Over the last decades, Carbon-based materials have become one of the most attractive solutions for hydrogen storage by considering these materials with low atomic weight and microporous nature that absorbs hydrogen molecules by van der Waal's forces at its surface. Some experiments which are done at Renewable Energy Laboratory illustrated that there is a maximum capacity for adsorption of hydrogen occurred on single-walled carbon nanotube. Moreover, hydrogen can be stored by absorption (metal hydrides and complex hydrides) and adsorption (carbon materials) (Mohan & Kumar, 2019). Compared to absorption, adsorption of hydrogen on carbon materials is more favorable in terms of storage capacity. The range of carbon nanostructures such as activated carbon (AC) and carbon nanotubes (CNTs) are examined to identify their hydrogen storage capacity. The binding energies of carbon-based materials can remain hydrogen at operational conditions without the need for high pressure and can be released after moderate heating, which is provided by various sources. Therefore, we can identify the suitable carbon materials for hydrogen storage application based on the hydrogen storage capacities, and materials can be

chosen for future applications (Rivard et al., 2019).

## Activated carbon (AC)

Activated carbon is a form of processed carbon comprising graphite crystallites and amorphous carbon. It can be produced from carbonaceous material through dry distillation, in which pore volume can be increased by thermal or chemical activation. The hydrogen adsorption on these materials depends on SSA (specific surface area) and pore volume. It shows that AC is obtained by chemical and physical processes of natural materials such as wood, peat, and coal. Activated carbon is cheap and available material for industrial purposes. Therefore, it is interesting to use this material for hydrogen storage applications. The potential for storage in this form of carbon is determined by the microstructure of the material. Activated carbon is a bulky carbon with a high surface area of  $500-2500 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$  able to adsorb hydrogen in the microscopic pores. Macropores with a diameter of 100-200 nm are the widest pores in the activated carbon. As it can be seen, the adsorption process on this surface is negligible, and the same as mesopores, they act as transporting channels. The storage capacity of hydrogen on activated carbon is different based on

temperature and pressure, which seems that by decreasing temperature and pressure, the storage capacity will be increased (Samantaray et al., 2019).

### Carbon nanotubes (CNT)

The storage capacity of CNTs depends on their structure, geometry, operating pressure, and temperature. Inside, outside, between the tube, and between shells are the possible hydrogen sites. One of the main benefits of CNTs is carbon structure which can make the correlation between theoretical prediction and experimental data. The porous structure

of CNT improves hydrogen storage capacity in the inner and outer surfaces (figure 1). Therefore, CNT has become one of the favorable nanostructures for hydrogen storage. Moreover, structural types have a significant impact on adsorption, which affects the amount of hydrogen stored in the system. It can be seen that thermal treatments on carbon nanostructures useful for improving hydrogen storage capacities, while higher storage capacities can be achieved at lower temperature and higher pressure (Rajaura et al., 2018).

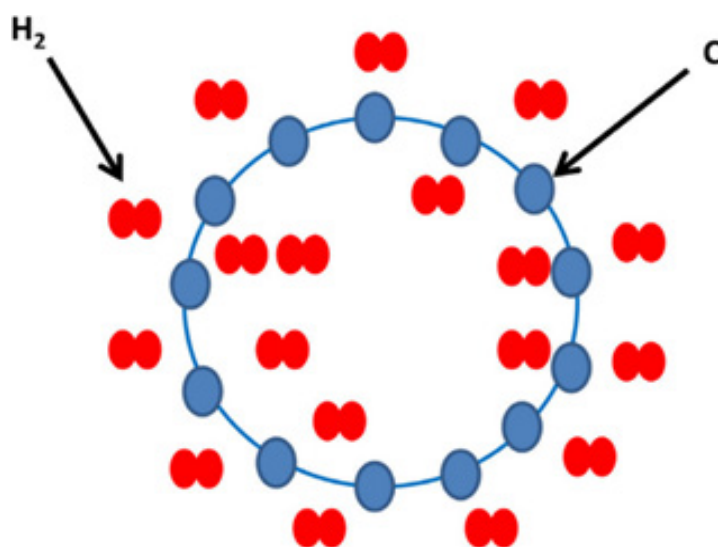


Figure 1: Absorption of hydrogen in Carbon Nanotube (Abdalla et al., 2018).

### Wood cellulose

Hydrogen storage has become one of the most significant candidates for a future energy storage medium, while there are some technological challenges in both production and storage. Therefore, it is

vital to search for abundant, non-toxic, lightweight, and environmentally friendly materials. From a sustainability perspective, wood cellulose would be an ideal storage material because of its physical-chemical properties, lightweight, and wide availability. Wood cellulose has the ability







availability. Wood cellulose has the ability to absorb  $H_2$  through the physisorption process with the interaction of the van der Waals, which involved the O-atoms of the D-glucose rings. The  $H_2$  molecules absorb onto the cellulose through interactions with O-atoms. These reactions lead to dispersion forces between the  $H_2$  molecules. Since the interactions between  $H_2$  and cellulose happen through non-bonding electron pairs of the O-atoms of D-glucose, so the interactions with  $H_2$  are stronger for cellulose than the physisorption of  $H_2$  in materials that consist of carbon atoms. Moreover, it can be seen that by increasing the temperature, the more energetic vibrations of the lattice disturb the dispersion interaction between  $H_2$  molecules and the O-atoms of D-glucose, which lead to less favorable at the highest temperature compared to the lowest. Additionally, by increasing temperature, the reactions of absorption become less favorable, which illustrated that hydrogen absorption could be driven by pressure and desorption can be driven by temperature. In the end, it is obvious that hydrogen storage capacity could be increased by physical-chemical transformations of wood cellulose, such as an expansion of the lattice and doping, and wood cellulose has become an interesting material for investigations on its potential

as a hydrogen storage medium (Lousada, 2020).

### Metal Hydrides

Metal hydrides are well-known as efficient and low-risk material for the hydrogen storage system. One of the most attractive and important options is energy storage through the reversible storage of hydrogen in metal hydrides which can be employed by fuel cells. Due to the thermodynamic features of metal hydrides, these materials open up the chance to develop a new hydrogen storage technology. Therefore, storage systems consist of metal hydrides and high-pressure have become a realistic solution for hydrogen storage on fuel cell vehicles. Metal hydrides are an excellent choice for hydrogen storage due to their safety, good hydrogen gravimetric density, and excellent volumetric density. Since they have a lower weight and less volume, they can release hydrogen at low pressures and temperatures (Bellosta von Colbe et al., 2019). The main reason which can make metal hydrides surpass other materials in the hydrogen storage system is the ability of metal hydrides to absorb and desorb hydrogen either at room temperature or through heating of the tank, which is gained attention as a promising  $H_2$  storage material.

Furthermore, the safety aspect of metal hydrides makes them more efficient due to the fact that during severe accidents, there are no fire hazards from hydrogen release because hydrogen will remain within the metal structure. In the end, it can be clearly seen that metal hydrides play an important role in the hydrogen storage system because metal hydrides can be used not only as a potential storage hydrogen materials, but also it can be used for the production of complex hydrides in future (Abdalla et al., 2018).

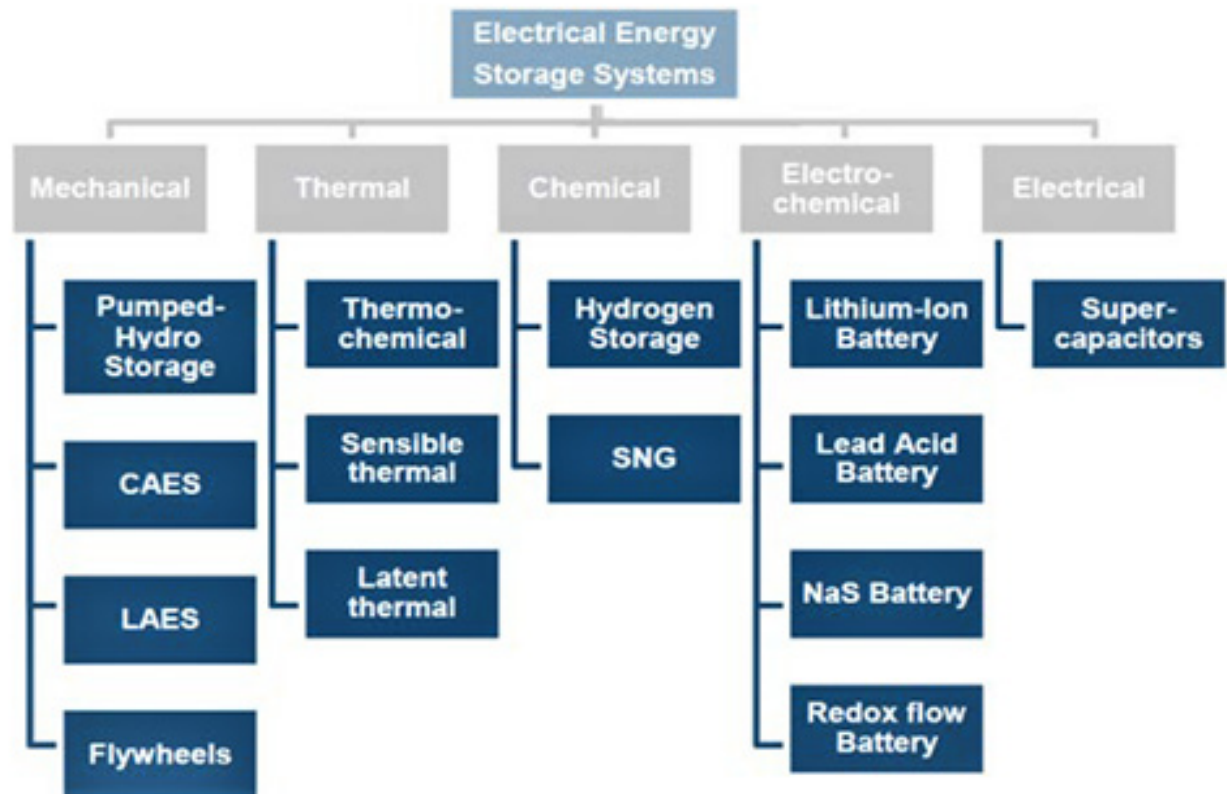
### Electrical Energy Storage Classification

Several methods to store energy exist. A selection of the leading energy storage technologies is presented below:

1. Mechanical storage technologies save energy in different forms of potential or kinetic energy.
2. Thermal storages convert electricity to heat, which is then stored in different types of materials.
3. Batteries are a group of electrochemical storage solutions.
4. Supercapacitors are advanced capacitors with higher energy storage capacity than conventional capacitors and can discharge over more extended periods.

5. Chemical storage can provide storage services over various timeframes, depending on the specific application. Chemical storage enables cost-effective separation of the power and the energy elements in an energy storage utilization. So, it allows for a more straightforward adaptation to the changing storage needs over time. Chemical storage is mostly based on hydrogen generation, at least as a first level. The hydrogen produced can be further processed according to the needs of, for example, ammonia, methane or methanol, or other chemicals used in the industry. When the hydrogen is used for producing methane, it is commonly called SNG, as methane is the main energy-carrying content in natural gas. In such circumstances, carbon may come from CO<sub>2</sub> captured from large combustion plants such as power stations or industrial plants.





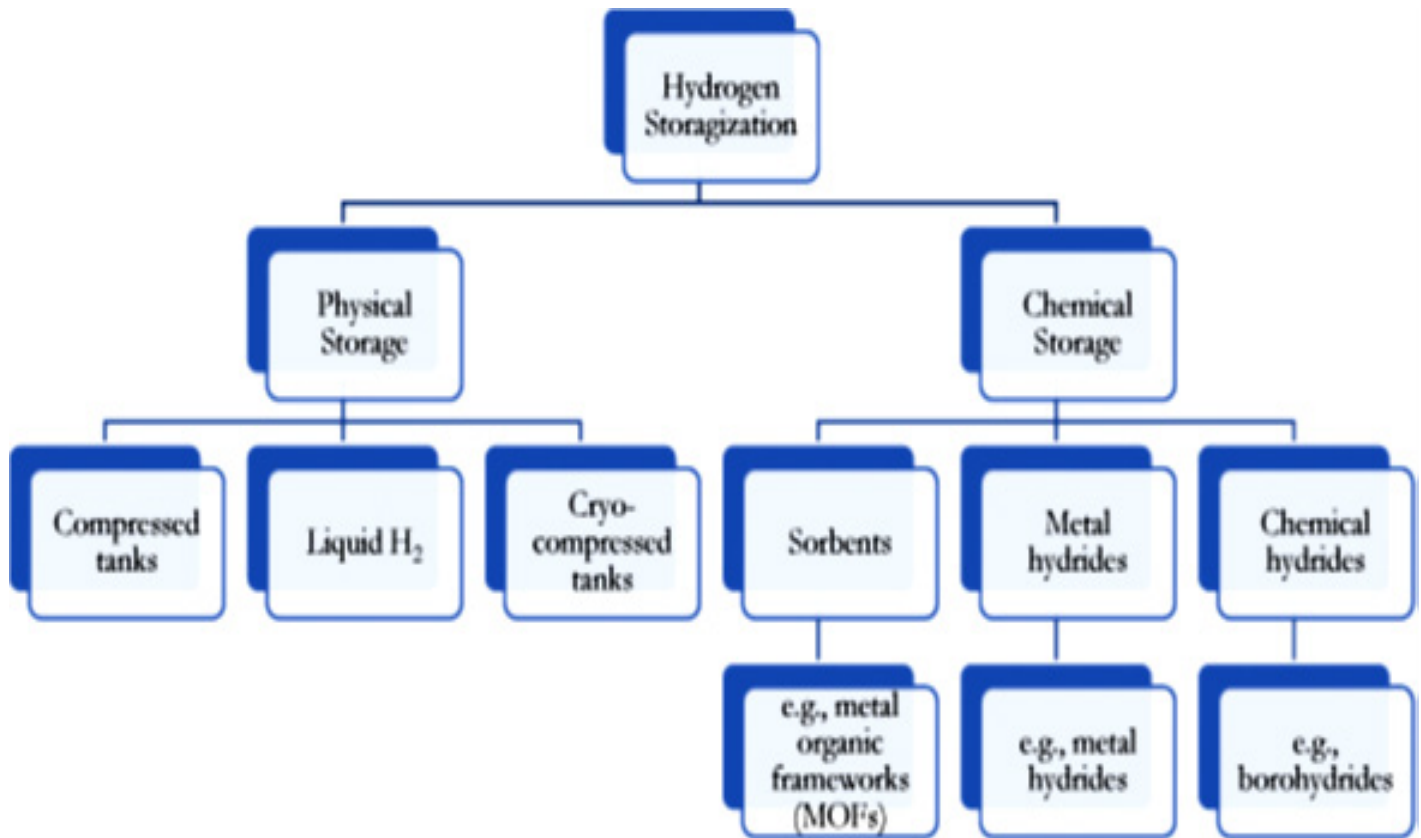
**Figure 2.** Electrical Energy Storage Classification

Modern electrolyzers (i.e., units where electricity splits water into hydrogen and oxygen through the process called electrolysis) used for hydrogen production have fast response times and are currently installed in multi-megawatt sizes. The produced hydrogen can be stored in a variety of ways, from small cylinders or tanks to extensive underground storage facilities. The hydrogen and derived chemicals produced could feed gas turbines, fuel cells or combustion engines to generate electricity or used as feedstock in industrial processes.

### Hydrogen Storagization

Hydrogen is a promising energy carrier that could efficiently address the challenges associated with renewable, green energy and material resources such as irregularity and discontinuity in supply. That being said, as a smart energy solution for a sustainable future, hydrogen energy systems must be robust and reliable from source, system, to service which is only possible with safe, effective, affordable, and available hydrogen storage systems. Therefore, Storagization is a key smart energy solution when transitioning a

sustainable future with hydrogen options. Various storagization options for hydrogen energy systems is presented in Fig. 10 (Ibrahim and Canan, 2018).



### Comparison of discharge time vs capacity of energy storage technologies

Despite this growth, battery storage has limitations in terms of storage capacity and is not suitable for every application, as shown in Figure 11. long-term storage, which will be required for seasonal backup or as energy security reserves in the absence of fossil fuels, will require different technology. As mentioned, hydrogen storage has the

As mentioned, hydrogen storage has the potential to fulfil this role; therefore, the future grid is likely to be one where hydrogen plays a significant and crucial role alongside various other storage technologies. In terms of recourse attribute, Hydrogen storage technology can be considered as a DGC (Dependable Generating Capacity) (Ibrahim and Canan, 2017).



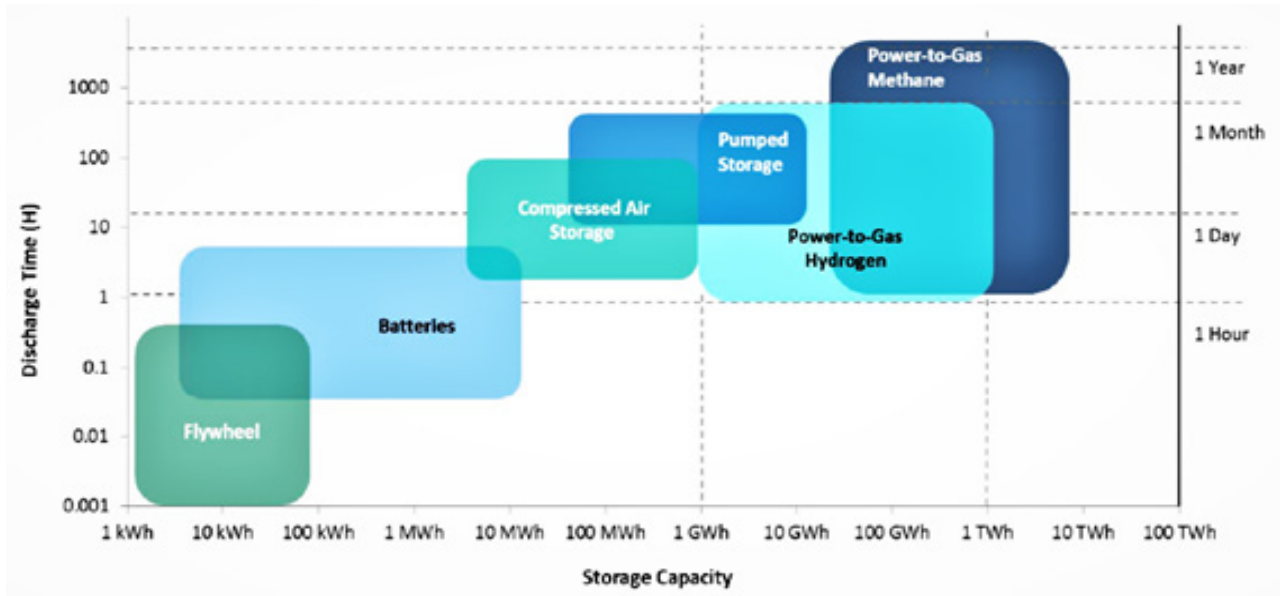


Figure 4. Hydrogen Storagization.

## A brief review on Hydrogen energy and state of the art of hydrogen storages

### References

1. Lombardo, L., H. Yang, and A. Züttel, Study of borohydride ionic liquids as hydrogen storage materials. *Journal of Energy Chemistry*, 2019. 33: p. 17-21.
2. Stern, A.G., A new sustainable hydrogen clean energy paradigm. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2018. 43(9): p. 4244-4255.
3. Acar, C. and I. Dincer, The potential role of hydrogen as a sustainable transportation fuel to combat global warming. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2020. 45(5): p. 3396-3406.
4. Abdalla, A.M., et al., Hydrogen production, storage, transportation and key challenges with applications: A review. *Energy Conversion and Management*, 2018. 165: p. 602-627.
5. Broom, D.P., et al., Concepts for improving hydrogen storage in nanoporous materials. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2019. 44(15): p. 7768-7779.
6. Lousada, C.M., Wood cellulose as a hydrogen storage material. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2020. 45(29): p. 14907-14914.
7. Mohan, M., et al., Hydrogen storage in carbon materials—A review. *Energy Storage*, 2019. 1(2): p. e35.
8. Rivard, E., M. Trudeau, and K. Zaghbi, Hydrogen Storage for Mobility: A Review. *Materials*, 2019. 12(12).



SCAN ME



# سامانه تفکیک پسماند جامد شهری

## بخش اول

الناز ملکی قلیچی

دانشجوی دکتری رشته مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه تهران

## مقدمه:

بر اساس قانون مدیریت پسماندها (۱۳۸۳)، پسماند عبارت است از: مواد جامد، مایع و گاز (غیر از فاضلاب) که به طور مستقیم و یا غیر مستقیم حاصل از فعالیت انسان بوده و از نظر تولیدکننده زائد تلقی می‌گردد. از ابتدای زندگی بشر، انسان‌ها برای تأمین نیازهای زندگی و دفع پسماندهای تولیدی خود از زمین بهره برده‌اند. در ابتدا دفع پسماندها با مشکل خاصی همراه نبوده‌است. با گذشت زمان، افزایش جمعیت و کاهش زمین مناسب جهت دفن پسماندها، رهاسازی آن‌ها در طبیعت و شهرهای تازه تأسیس شده باعث بروز مشکلات بهداشتی مختلفی شد که مهم‌ترین آن‌ها شیوع بیماری طاعون در قرن چهاردهم در قاره اروپا و مرگ نیمی از جمعیت این قاره بود. پیشرفت‌های صورت گرفته در قرن نوزدهم منجر به اقدامات کنترل بهداشت عمومی و مدیریت بهداشتی پسماندهای شهری گردید.



شایان ذکر است که امروزه در علم مدیریت پسماند نیز کلیه فعالیت‌های مرتبط در این حوزه از مرحله تولید تا دفع نهایی به ۷ عنصر موظف گروه‌بندی شده‌است و در بسیاری از برنامه‌ریزی‌های صورت‌گرفته، این عناصر به‌عنوان اصول و مبنای تصمیم‌گیری مدنظر قرار گرفته شده‌اند. شکل (۲) ارتباط میان هر یک از این وظایف را به نمایش گذاشته‌است.

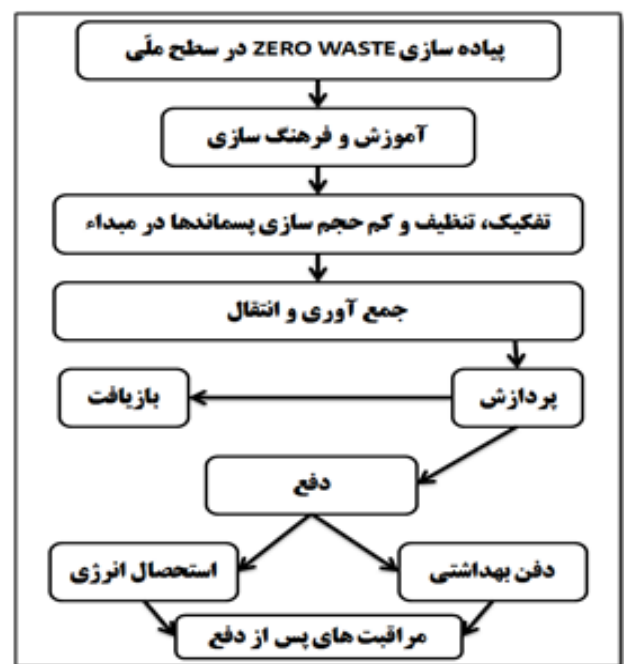
### تولید و ترکیب پسماند

پسماند از چند منظر می‌تواند دسته‌بندی شود: از نظر وضعیت فیزیکی (جامد، مایع، گاز)، از نظر کاربرد اصلی (بسته‌بندی، مواد غذایی و...)، از نظر مواد (شیشه، کاغذ و...)، از نظر ویژگی‌های فیزیکی (سوختنی، کمپوست‌شدنی، بازیافتنی)، از نظر منشأ (خانگی، تجاری، کشاورزی، صنعتی و...) و یا میزان ایمنی (خطرناک و بی‌خطر).

به پسماند خانگی و تجاری در مجموع، پسماند شهری (MSW<sup>۱</sup>) گفته می‌شود که معمولاً کم‌تر از ده درصد کل جریان پسماند را شامل می‌شود. نود درصد بقیه عبارت‌است از: پسماند کشاورزی، پسماند معدن‌کاوی، پسماند صنعتی و تولیدی، پسماند تولید انرژی، پسماند تصفیه آب و پسماند ساخت‌وساز و تخریب.



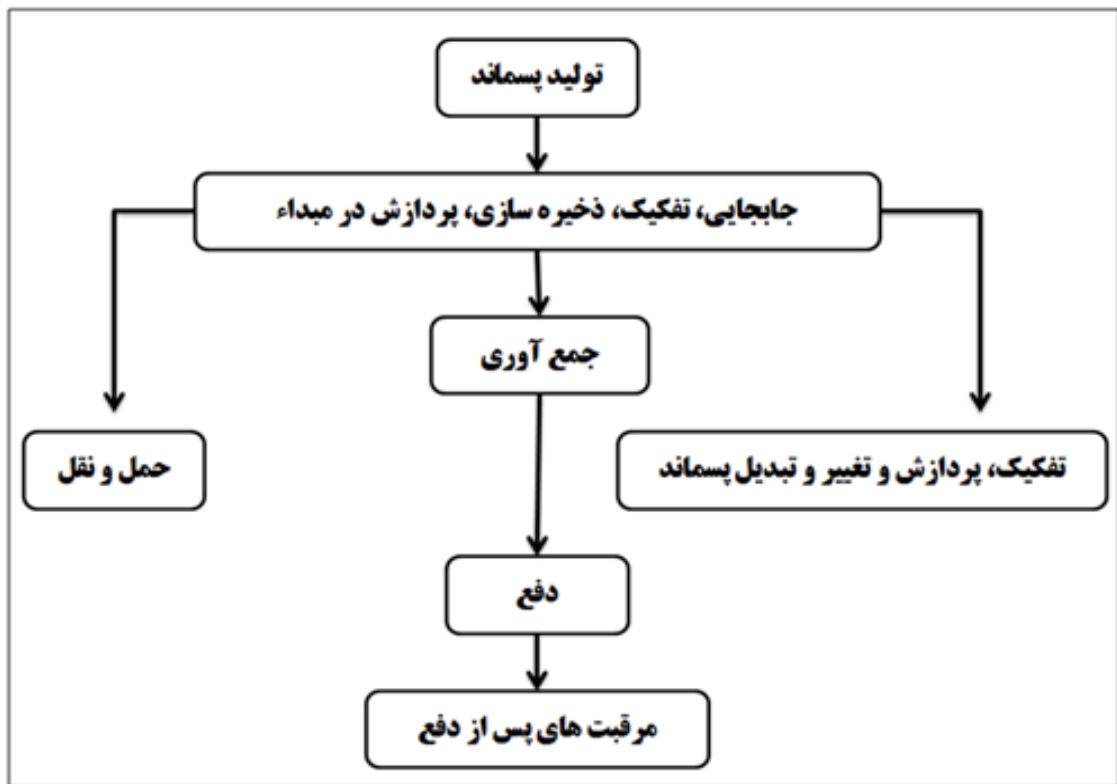
از آن‌پس، روش‌های مختلفی جهت دفع بهینه و بهداشتی پسماندهای جامد شهری در قاره اروپا و آمریکای شمالی و به‌تبع آن‌ها در سرتاسر دنیا صورت پذیرفت که هر یک از مزایا و معایب مختلفی برخوردار بودند. این موضوع باعث گردید تا استانداردهای زیست‌محیطی مختلفی جهت کنترل ویژگی‌ها و مشخصات مواد ورودی و خروجی به روش‌های مختلف دفع پسماندهای شهری (برای مثال سامانه‌های پسماندسوزی و تولید کمپوست) تدوین شوند و پس از تأیید، در سطح دنیا مورد استفاده قرار گیرند. امروزه در بسیاری از کشورهای دنیا، بسته به شرایط مختلفی چون جمعیت، شرایط جغرافیایی، میزان دسترسی به انرژی، شرایط آب‌وهوایی و ترکیب پسماند تولیدی، از روش‌های مختلفی برای مدیریت و دفع نهایی پسماندهای شهری استفاده می‌گردد. بنابراین الگوی رایج مدیریت پسماندهای جامد شهری در کشورهای توسعه‌یافته را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه کرد:



شکل ۱: الگوی رایج مدیریت پسماندهای جامد شهری در کشورهای توسعه‌یافته







شکل ۲: روابط متقابل بین عناصر موظف در سیستم مدیریت پسماندهای جامد شهری

آمار موجود نشان دهنده‌ی این حقیقت است که با افزایش میزان درآمد و سطح رفاه اجتماعی و توسعه‌یافتگی کشورها، سرانه تولید پسماند افزایش و از سوی دیگر بر میزان و درصد تفکیک و بازیافت پسماندها و مشارکت شهروندان افزوده می‌شود. از طرفی در خصوص ترکیب پسماند بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته بایستی یادآور شد که درصد پسماندهای خشک و قابل بازیافت، بیشتر از درصد پسماندهای تر (آلی) می‌باشد. در حالی که در کشورهای در حال توسعه و توسعه‌نیافته، درصد پسماندهای تر بیشتر از نوع خشک قابل بازیافت می‌باشد.

تحقیقات صورت‌گرفته در بسیاری از کشورهای دنیا نشان دهنده‌ی این حقیقت است که میزان و ترکیب پسماند تولیدی، بسته به شرایط حاکم در جوامع و کشورهای مختلف، متفاوت است. از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- \* میزان شهرنشینی و توسعه شهرها
- \* شرایط اقتصادی، میزان درآمد و سطح رفاه اجتماعی شهروندان
- \* شرایط آب‌وهوایی
- \* شرایط جغرافیایی
- \* شرایط فرهنگی

## دیدگاه‌های نظری حاکم بر سیستم مدیریت جامع پسماند

مدیریت جامع پسماند (IWM<sup>۲</sup>) این چنین تعریف می‌شود: سیستمی که جریان پسماند، جمع‌آوری پسماند و روش‌های پردازش و دفع پسماند را در تعامل با یک‌دیگر مدیریت می‌کند؛ به نحوی که اهداف محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی مطلوب در یک منطقه مشخص به دست آید. مدیریت پایدار پسماند باید از لحاظ محیط‌زیستی مؤثر، از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه و از لحاظ اجتماعی مقبول باشد. در بیان روشن‌تر باید کارایی محیط‌زیستی، صرفه‌ی اقتصادی و مقبولیت اجتماعی لازم را داشته باشد.

## مدیریت جامع پسماند در کشورهای در حال توسعه (شهری)

یکی از مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی کشورهای در حال توسعه، مدیریت پسماند شهری است. معضل مربوط به پسماند به دلیل رشد سریع جمعیت و گسترش شهرنشینی در اکثر نقاط آسیا، آمریکای لاتین و آفریقا بیش از گذشته موجب نگرانی‌های مختلف شده است. اگرچه ماهیت مسائل مدیریت پسماند شهری در کشورهای در حال توسعه تا حدود زیادی مشابه کشورهای صنعتی است. در حالی که شرایط خاص فرهنگی، اعتقادی، اقتصادی، محیطی و اقلیمی این کشورها باعث تفاوت‌هایی و شاید مشکلاتی در اداره این سیستم‌ها گردیده است. رشد سریع شهرنشینی و عدم برنامه‌ریزی صحیح و اصولی در ایجاد زیرساخت‌های شهری باعث شده تا کمبودهای جدی و اساسی در ارائه خدمات شهری قابل قبول مانند: مدیریت پسماند در این کشورها به وجود آید. پراکندگی پسماندهای خانگی در کوچه، خیابان و معابر عمومی،

ضعف در جمع‌آوری مکانیزه و در نتیجه تلمبارشدن مواد زائد و آلودگی‌های ناشی از آن، فقدان بهره‌گیری از دفع بهداشتی با مسائل زیست‌محیطی و بهداشتی گوناگون که تهدیدکننده سلامت جامعه است؛ مواجه شده‌اند. لذا عدم کفایت سیستم جمع‌آوری و دفع پسماندها از مهم‌ترین عوامل اصلی در توسعه‌ی بیماری‌های خطرناک در این شهرها است. شواهد عینی و نتایج مطالعات نشان می‌دهد که مهم‌ترین مسائل در ارتباط با مدیریت مواد زائد جامد در کشورهای در حال توسعه عبارت‌اند از:

- \* عدم تناسب ظرفیت سیستم جمع‌آوری مواد زائد با جمعیت زیر پوشش سیستم
- \* عدم بازدهی کافی سرویس خدمات شهری و مدیریت مواد زائد شهری
- \* محدودیت در به‌کارگیری بخش‌های رسمی و غیر رسمی در فعالیت‌های بازیافت مواد
- \* مشکلات ویژه در ارتباط با دفع نهایی پسماند
- \* مشکلات مربوط به جمع‌آوری و دفع پسماند خطرناک شهری

بررسی پسماند تولیدی در کشورهای در حال توسعه نشان‌گر آن است که سهم عمده‌ای از ترکیبات زائد جامد شهری را ترکیبات آلی تشکیل می‌دهد. میزان تولید این نوع از زائدات در این کشورها رقمی مابین ۴۵ تا ۸۵ درصد از کل زائدات جامد تولیدی را شامل می‌گردد. در حالی که این میزان در کشورهای توسعه‌یافته، تنها ۲۵ تا ۴۵ درصد از کل زباله تولیدی آن‌ها را تشکیل می‌دهد و این ارقام بیانگر افزایش فرهنگ مصرف‌گرایی در کشورهای در حال توسعه است. از مهم‌ترین ویژگی‌های مدیریت پسماند در شهرهای جهان، روش‌های نظام‌مند و سیستماتیک برای جمع‌آوری، انتقال، دفع، پردازش و بازیافت آن در شهرهای صنعتی است.





با وجود عدم استاندارد جهانی در این زمینه، عمدتاً تعداد زیادی از کشورها در چارچوب جدول (۱) پسماندهای خود را دسته‌بندی کردند و امروزه این دسته‌بندی در بسیاری از کشورهای جهان متداول است.

| تعریف   | گروه پسماند                  |
|---|------------------------------|
| پسماند تولیدشده از فعالیتهای کشاورزی، به خصوص دامداری   | کشاورزی                      |
| پسماند باقی‌مانده از فعالیتهای معدن کاوی و استخراج سنگ معدن   | معدن کاوی و استخراج سنگ معدن |
| پسماند آلی و معدنی ناشی از فعالیتهای لایروبی مجراها   | لایروبی                      |
| پسماند ساخت‌وساز، به خصوص مواد معدنی و چوب باقی‌مانده   | ساخت‌وساز و تخریب            |
| پسماند تولیدشده از فعالیتهای صنعتی، در برخی موارد شامل: صنایع تولید انرژی   | صنعتی                        |
| پسماند ناشی از صنایع تولید انرژی، شامل خاکستر زغال سنگ  | تولید انرژی                  |
| پسماند آلی تصفیه‌خانه‌ها (خانگی و یا صنعتی)   | لجن تصفیه‌خانه               |
| پسماند حاوی مواد خطرناک برای حیات و محیط‌زیست   | مواد خطرناک/ ویژه            |
| پسماند دفاتر، مغازه‌ها، رستوران‌ها و.....   | تجاری                        |
| پسماند جمع‌آوری‌شده و کنترل‌شده توسط مقامات محلی و یا شهرداری شامل: پسماند خانگی، پسماند تجاری و پسماند سازمان‌ها | پسماند شهری (MSW)            |

جدول ۱- دسته‌بندی رایج پسماند

مالی گسترده‌تر، موجب پیشرفت سیستم مدیریت پسماند در شهر استانبول شده‌است. تشکیل یک آژانس محلی برای مدیریت پسماند به نام "شرکت حفاظت زیست‌محیطی و پردازش پسماند استانبول" یکی از مهم‌ترین عوامل این پیشرفت بوده‌است.

از مهم‌ترین برنامه‌ها و پروژه‌های دیگر که در دهه‌ی اخیر، در استانبول در زمینه مدیریت پسماند انجام گرفته و پیشرفت خوبی داشته‌است؛ می‌توان به ایجاد دو سایت دفن بهداشتی زباله یکی در بخش اروپایی شهر و یکی در بخش آسیایی یا اصلاح محل‌های تلمبار پسماند قدیمی، ایجاد سیستم جمع‌آوری گاز و ایجاد پوشش نهایی مناسب و تجهیزات جمع‌آوری و تصفیه شیرابه اشاره کرد.

## وضعیت مدیریت پسماند در شهر استانبول - ترکیه

استانبول شهری با ۱۳ میلیون نفر جمعیت و تولید حدود ۱۴۰۰۰ تن در روز، به‌عنوان بزرگ‌ترین شهر تولیدکننده پسماند در ترکیه به‌شمار می‌رود. با تخمین هزینه جمع‌آوری هر تن از پسماند معادل ۴/۲۴ دلار، مشکلات متعددی در زمینه مدیریت پسماند برای آن‌ها به‌وجود آمده‌است. از این‌رو مسئولین محلی همواره جهت رفع این موانع در جست‌وجوی یافتن روش‌های جایگزین و تلاش برای کاهش نرخ تولید پسماند بوده‌اند. بر این اساس در چند دهه‌ی اخیر عوامل متعددی مانند سازماندهی قوی‌تر، قانون‌گذاری مناسب، ورود بخش خصوصی و منابع

تجاری را ملزم به تفکیک پسماندشان می‌نماید. این شرکت با استفاده از ظروف ذخیره‌ی پسماند چرخ‌دار در سطح شهر به سه رنگ سیاه، آبی و سبز به حجم ۲۴۰ لیتر، پسماندهای بازیافت‌پذیر و پسماندهای کمپوست‌شدنی را جداسازی نمود. سپس به وسیله کامیون‌هایی با دو بخش مجزا برای مواد بازیافتی و سایر پسماندها به صورت هم‌زمان جابه‌جا می‌نماید و بیش‌تر خیابان‌ها به صورت مکانیکی و حداقل یک‌بار در هفته و مناطق پرتردد به صورت روزانه رفت‌و‌رو می‌شوند.

\* بخشی از پسماند شهر به محل دفنی در فاصله ۸۵ کیلومتری شهر منتقل شده و بخشی دیگر جهت تولید کمپوست متعلق به شرکت رکولوژی در ۹۷ کیلومتری شهر منتقل می‌شود. این سیستم تأثیر به‌سزایی بر موفقیت استراتژی انحراف جریان پسماند از محل دفن و برنامه‌های زیست‌محیطی داشته‌است.

\* ایالت کالیفرنیا با تکیه بر توافق همه‌جانبه میان مدیران ارشد و همین‌طور حمایت و مشارکت گسترده‌ی مردم، بخش تجاری و آژانس‌های دولتی، اهدافی نظیر انحراف ۵۰ درصدی پسماند و دستیابی به شهر بدون پسماند در سال ۲۰۲۰ را دنبال می‌کند. تمرکز بر این اهداف به دلیل وجود بخش غیرانتفاعی فعال، سازمان‌های منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای حرفه‌ای، و بازارهای پایدار بازیافت میسر شده‌است.

علاوه‌براین در خصوص تفکیک پسماند، پیشگیری از تولید زباله و یا به‌حداقل رساندن آن و یا تشویق به‌حداقل رساندن مقدار ضایعات پرخطر، به‌عنوان اصلی‌ترین اولویت‌ها در نظر گرفته شده‌است. این اولویت‌ها با بازیابی مواد زائد از طریق روش‌های استفاده مجدد، بازیافت، کمپوست، تولید انرژی تضمین گردیده‌است. به‌گونه‌ای که مقدار زیادی از صرفه‌جویی در هزینه‌های تولید از طریق آن حاصل شده‌است. از سوی دیگر تبدیل مواد با افزایش بازیافت مواد زائد که دارای ارزش اقتصادی است؛ هزینه‌های دفع زباله را کاهش داده و فشار زباله به محیط‌زیست را می‌کاهد.

### وضعیت مدیریت پسماند در شهر سان‌فرانسیسکو - آمریکا

شهر سان‌فرانسیسکو در ایالت کالیفرنیا، آمریکا، با مساحت ۱۲۲ کیلومترمربع و جمعیت بالغ بر ۸۳۶ هزار نفر، آغازگر برنامه زیست‌محیطی ملل متحد بوده‌است که با تمرکز بر مسائل محیط‌زیستی در ترکیب با مدیریت منابع در بعد ملی و فراملی، شهری پیشرو محسوب می‌شود. هم‌گرایی بالای میان شهروندان این اجازه را به مدیران می‌دهد تا برنامه‌های پیشرفته و خلاقانه را در آن پیاده کنند. این ویژگی‌ها، به‌همراه وجود پیمانکاران قوی در زمینه جمع‌آوری، سیستم خدماتی کارآمد و همچنین محاسبه هزینه‌های انتقال، پردازش و دفن در زمین به‌صورت پله‌ای، موجب پیشرفت روزافزون سیستم مدیریت پسماند در این شهر شده‌است. در مجموع از مهم‌ترین روش‌های مؤثر در فرآیند مدیریت پسماند این شهر می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

\* جمع‌آوری پسماند به‌طور پیشرفته توسط شرکت رکولوژی که قانون اجباری بازیافت و کمپوست را به اجرا درآورده‌است و همچنین همه‌ی ساکنان و بخش





میانگین سرانه تولید پسماند در سان فرانسیسکو، ۷/۱ کیلوگرم در روز بوده است که ۷۲ درصد آن بازیافت می شود. سه چهارم از پسماند باقی مانده، به وسیله برنامه های اجرا شده کنونی می تواند منحرف شود که این رقم به زودی به ۹۰ درصد خواهد رسید.



شکل ۳- کامیون جمع آوری مواد بازیافتی و سایر پسماندها در دو بخش مجزا در شهر سان فرانسیسکو

## وضعیت مدیریت پسماند در شهر آدلاید- استرالیا

از خلاقانه ترین جنبه های فعالیت این نهاد این بود که درآمد آن مستقیماً به درآمد دولت ایالتی از محل مالیات دفن در زمین وابسته بود.

- تفکیک اتوماتیک و فشرده سازی مواد جهت انتقال به مراکز پردازش و بازیافت و در نهایت صادرات آن به سایر کشورها از بخش های مهم این مدیریت است.
- سیستم جمع آوری پسماند در آدلاید بسیار مدرن و با استانداردهای سطح بالا انجام می شود. بر اساس سیستم سه سطحی برای جمع آوری مواد بازیافتی، مواد آلی سبز و سایر پسماندها به صورت جداگانه، حدود هفتاد درصد جمعیت این شهر خدمات جمع آوری را از بخش خصوصی دریافت می کند.

یکی از مدیریت های پیشرو در زمینه پسماند، شهر آدلاید- استرالیا است که نسبت به مسائل زیست محیطی بسیار هوشمندانه عمل نموده است. وجود سطح بالای تکنولوژی در این شهر و در نتیجه وجود فرآیندهای پیشرفته و قانون مند مدیریت پسماند در آن، از جمله مواردی است که نشانگر توجه آن ها به حفظ محیط زیست می باشد. مهم ترین اقدامات این شهر در زمینه مدیریت پسماند عبارت است از:

- مدیریت منابع از بزرگ ترین اولویت های سیاست گذاری در این شهر است. در جولای ۲۰۰۳ نهاد جدیدی در دولت استرالیا تحت عنوان «استرالیای جنوبی بدون پسماند»<sup>۴</sup> بنا نهاده شد تا فرآیندهای کاهش پسماند، بازیافت و استفاده مجدد را هدایت و اجرا کند. یکی

شهری تولیدی (به‌غیر از پسماندهای ساختمانی، عمرانی و لجن و سرشاخه) تولیدی مناطق مسکونی، اداری، آموزشی، تجاری و... که به‌صورت روزانه از سطح مناطق ۲۲ گانه شهر تهران جمع‌آوری و جهت بازیافت و دفع نهایی به مراکزی چون مجتمع پردازش و دفع آرادکوه و ایستگاه‌های تفکیک (بازیافت) ارسال می‌شود. در مجموع فرایند مدیریت پسماندهای جامد شهری تهران را می‌توان به‌صورت نمودار صفحه‌ی بعد خلاصه کرد.



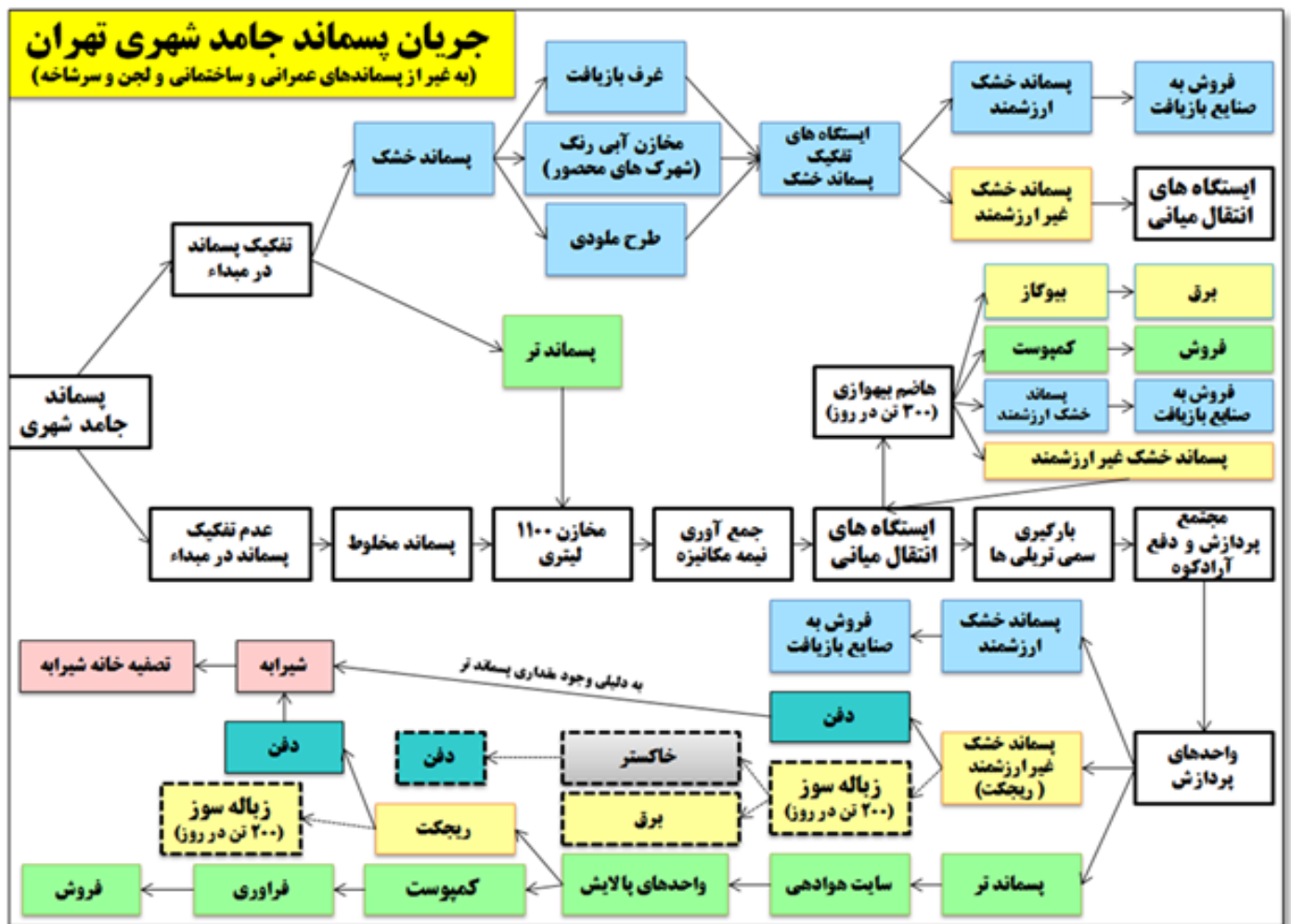
- دفن پسماند در این شهر در طول چندین دهه در بالاترین سطح استاندارد حفاظت زیست‌محیطی انجام گرفته‌است. از سوی دیگر، سیاست اصلی مدیریت پسماند در این شهر بر انحراف پسماند از طریق ایجاد محدودیت برای ورود مواد مشخص، افزایش مالیات دفن در زمین و تأمین هزینه‌های برنامه‌های تحقیقاتی و نوآوری‌های گسترده در زمینه بازیافت و استفاده مجدد استوار است.

مدیریت پسماند در استرالیا جنوبی و به‌خصوص شهر آدلاید، یکی از نمونه‌های عملی موفق در این زمینه می‌باشد. قانون پسماند صفر و ممنوعیت کیسه‌های پلاستیکی، دو نمونه‌ی عالی برای نمایاندن قدرت رهبری و اجرایی سیاست‌مداران استرالیا جنوبی از طریق ایجاد ساختارهای نهادینه، مکانیسم‌های اقتصادی و ظرفیت‌های سازمانی برای رسیدن به هدف اصلی سیستم مدیریت پسماند (3R<sup>۵</sup>) می‌باشد.

### فرآیند مدیریت پسماندهای جامد شهری در شهر تهران:

بر اساس آمار سال ۱۳۸۵، در کلان شهر تهران بالغ بر ۷۴۴۹/۷ تن در روز انواع پسماند تر و خشک تولید گردیده‌است که حدود ۳٪ آن در مبدأ تفکیک شده و ۱۲/۲۱٪ آن به کمپوست تبدیل شده و باقی‌مانده آن به‌صورت نیمه‌بهداشتی دفن شده‌است. سازمان مدیریت پسماند شهرداری تهران نیز هم‌زمان با پیشرفت‌های صورت‌گرفته در سایر کشورهای دنیا از روش‌های استاندارد و نوین متعددی جهت مدیریت بهینه پسماند جامد شهری پایتخت‌نشینان بهره برده‌است. منظور از پسماندهای جامد شهری در این بخش عبارت‌است از: کلیه پسماندهای جامد





شکل ۳: نمودار جریان مدیریت پسماندهای جامد شهری تهران (دی ماه ۱۳۹۳)

### منابع:

۱. مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهرداری تهران، گزارش شماره ۲۰۷، شهریور ۱۳۹۲.

۲. ذخیره سازی، جمع آوری و انتقال پسماند، سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور، ۱۳۹۰.

۳. سازمان مدیریت پسماند شهر تهران.

۴. - بررسی زباله شهر، تهران گروه انرژی های تجدیدپذیر، پژوهشگاه نیرو.

۵. Waste sorting plants Extracting value from waste an introduction, International Solid Waste Association (ISWA).

## معرفی کتاب

کتاب «قارچ‌ها در بیوتکنولوژی سوخت‌های زیستی» به قلم اعضای هیأت علمی پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی، توسط انتشارات معتبر بین‌المللی اشپرینگر منتشر شد. به گزارش **خبرگزاری مهر**، به نقل از پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی، کتاب *Fungi in Fuel Biotechnology* توسط دکتر

غلامرضا صالحی جوزانی و دکتر میثم طباطبایی، اعضای هیأت علمی بخش بیوتکنولوژی میکروبی پژوهشگاه و دکتر مرتضی آغباشلو، عضو هیأت علمی دانشگاه تهران تدوین شده است. سوخت‌های زیستی مایع، به عنوان گزینه‌های مناسب برای جایگزینی سوخت‌های فسیلی شناخته می‌شوند که استفاده روزافزون از آن‌ها هم محیط‌زیست و هم سلامت عمومی را به خطر انداخته است. با این وجود، سوخت‌های زیستی نسل اول به دلیل تأثیرات نامطلوب آن‌ها بر تأمین پایدار غذا و خوراک، مورد انتقاد گسترده‌ای قرار گرفته‌اند. با توجه به این موضوع، طی سال‌های گذشته نسل‌های بالاتر سوخت‌های زیستی در مرکز توجه بوده‌اند. به‌طور خاص، سوخت‌های زیستی نسل دوم مانند بیواتانول مبتنی بر لیگنوسلولزیک در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و مبارزه با تغییرات آب‌وهوایی هم امیدوارکننده به نظر می‌رسند. از آن‌جا که این نوع سوخت‌های زیستی به مراحل قبل و هیدرولیز اضافی نیاز دارند؛ تولید آن‌ها در بسیاری از موارد از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه نیست. بنابراین تلاش‌های تحقیقاتی برای غلبه بر این چالش‌ها به سمت توسعه‌ی فناوری‌های اقتصادی با صرفه‌تر سوق داده شده است. در این کتاب، ضمن مروری بر انواع سوخت‌های زیستی و موانع تولید آن‌ها، پتانسیل‌های قارچ‌ها و مخمرها در تولید سوخت‌های زیستی (بیواتانول و بیودیزل) از ابعاد مختلف مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. به‌طور کلی از قارچ‌ها می‌توان به سه روش در تولید سوخت‌های زیستی استفاده کرد. کاربرد به‌عنوان منبع سلولاز برای هیدرولیز مواد لیگنوسلولزی برای تولید بیواتانول، کاربرد به‌عنوان منبع لیپیدها برای تولید بیودیزل و کاربرد به‌عنوان منبع لیپاز برای کاتالیز کردن ترانس استریفیکاسیون لیپیدها در تولید بیودیزل.





# فراخوان پذیرش ایده مرکز نوآوری و شتابدهی کشاورزی و صنایع غذایی هستی



## محورها

- دانه های روغنی
- گیاهان دارویی مانند (گل محمدی، زعفران)
- کشتهای نوین گلخانه ای مانند هیدروپونیک و آیروپونیک
- خرما و ارزش افزوده آن
- برنج و دمنوش

## اهداف

- حمایت از ایده های نوآورانه
- شتابدهی
- تجاری سازی

## خدمات و حمایتها

### سرمایه گذاری

- پشتیبانی مالی توسط گروه صنعتی گلرنگ و سایر سرمایه گذاران
- اتصال به شبکه سرمایه گذاران
- اتصال به شبکه سرمایه گذاران شتابدهنده

### آموزش، مشاوره و تامین فضای کار

- فضای آزمایشگاهی و کارگاهی مجهز
- فضای فیزیکی و اداری اختصاصی
- خدمات پشتیبانی فنی
- دوره های آموزشی

- بازار و تجاری سازی
- تجاری سازی و تدوین مدل کسب و کار
- دوره ها و مشاوره های بازاریابی
- همراهی در نفوذ به بازارهای هدف

ایمیل مرکز هستی : [hasti.noavari400@gmail.com](mailto:hasti.noavari400@gmail.com)

شماره تماس: ۰۹۱۹۰۳۳۲۸۵۳