دانشگاه تبریز
دانشکده کشاورزی
گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی

رساله برای دریافت درجه دکتری تخصصی در رشته مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی

عنوان

بهینه‌سازی افت کمباین با استفاده از سیستم‌های هوشمند

استادان راهنما

دکتر حمیدرضا قاسم‌زاده **دکتر شمس‌اله عبداله‌پور**

استاد مشاور

دکتر حسین نوید

پژوهشگر

ترحم مصری‌گُندشـــمین

زمستان ۱۳۸۸

شماره رساله ۵

وَٱصۡبِرۡ نَفۡسَكَ مَعَ ٱلَّذِينَ يَدۡعُونَ رَبَّهُم بِٱلۡغَدَوٰةِ وَٱلۡعَشِيِّ يُرِيدُونَ وَجۡهَهُۥۖ

وَلَا تَعۡدُ عَيۡنَاكَ عَنۡهُمۡ تُرِيدُ زِينَةَ ٱلۡحَيَوٰةِ ٱلدُّنۡيَاۖ

وَلَا تُطِعۡ مَنۡ أَغۡفَلۡنَا قَلۡبَهُۥ عَن ذِكۡرِنَا وَٱتَّبَعَ هَوَىٰهُ وَكَانَ أَمۡرُهُۥ فُرُطًا

همیشه خویش را با کمال شکیبایی به صحبت آنان گمار که صبح و شام خدای خود را می‌خوانند و رضای او را طلب می‌کنند و زنهار، و مبادا دیدگانت از آنان بگردد از آن رو که به زینتهای دنیا مایل باشی، و هرگز از آن که ما دل او را از یاد خود غافل گردانیم و تابع هوای نفس خود شده و به تبهکاری پرداخته متابعت مکن

And keep Thy soul content with those who call on their Lord morning and evening, seeking His Face; and let not Thine eyes pass beyond them, seeking the pomp and glitter of This life; no obey any whose heart we have Permitted to neglect the remembrance of us, one who follows His own desires, whose case has gone beyond all bounds.

نام خانوادگی دانشجو: **مصری‌گُندشمین** نام: **ترحم**

عنوان رساله: **بهینه‌سازی افت کمباین با استفاده از سیستم‌های هوشمند**

اساتید راهنما: **دکتر حمیدرضا قاسم‌زاده، دکتر شمس‌اله عبداله‌پور**

استاد مشاور: **دکتر حسین نوید**

مقطع تحصیلی: **دکتری** رشته: **مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی**

گرایش: **کشاورزی دقیق** دانشگاه: **تبریز** دانشکده: **کشاورزی**

تاریخ فارغ‌التحصیلی: ۱۹/ اسفند/۸۸ تعداد صفحه: ۱۱۹

واژه‌های کلیدی: **افت کمی، افت کیفی، شبکه‌های عصبی، کمباین، مدل‌سازی**

چکیده:

کارکرد با بالاترین ظرفیت از مهمترین اهداف کاری برای کمباین‌های امروزی است. بالاترین ظرفیت کمباین با بیشترین میزان موادغیردانه‌ای عبوری از کمباین سنجیده می‌شود که با افزایش سرعت پیشروی مقدار ظرفیت افزایش پیدا خواهد کرد. عامل محدود کننده افزایش سرعت پیشروی و به تبع آن ظرفیت، کیفیت برداشت است که با دو متغیر افت کمی و کیفی سنجیده می‌شوند. توسعه روش‌ها و الگوریتم‌هایی برای تنظیم اتوماتیک اجزای کمباین یکی از مهمترین افق‌های مهندسی ماشین‌های کشاورزی محسوب می‌شود. متغیرهای ورودی متعددی را می‌توان برای تنظیم اجزای کمباین در نظر گرفت تا بهینه‌ترین نقطه برای بازدهی کمباین حاصل گردد. بازده کمباین علاوه بر تاثیر پذیری از افت کمی(افت عقب کمباین) از افت کیفی(درصد دانه‌های شکسته و درصد کزل‌های کوبیده نشده در مخزن) نیز متاثر است. مدل ریاضی قابل توجهی برای این شاخص‌های بازدهی کمباین ارائه نشده است. در این رساله افت کمی و افت کیفی کمباین براساس متغیرهای عمکرد مزرعه‌ای، رطوبت دانه، ارتفاع بوته، ارتفاع برش، سرعت پیشروی، سرعت دورانی کوبنده، فاصله کوبنده و ضدکوبنده، دور دمنده، میزان باز بودن الک‌ها، رطوبت نسبی پای بوته و دمای پای بوته؛ به روش شبکه عصبی مدل شد. شبکه‌های مختلفی به روش آزمون و خطا بررسی شد و شبکه پرسپترون چند لایه با ده نرون در لایه نهان، مناسب‌ترین شبکه برآورد شد. ضریب همبستگی شبکه برای تخمین مقدار افت عقب کمباین برای داده‌های فاز آموزش و آزمون به ترتیب ۰/۹۹۳۸ و ۰/۹۳۴۰ محاسبه شد. شبکه درصد وزنی دانه‌های شکسته در مخزن را نیز به ترتیب با ضریب همبستگی ۰/۹۹۷۳ و ۰/۹۸۷۰ برای داده-های فاز آموزش و آزمون پیش‌بینی نمود و این رقم برای درصد وزنی کزل در مخزن به ترتیب برابر ۰/۹۹۱۵ و ۰/۹۷۰۱ محاسبه شد.

۱ مقدمه ۱
۱-۱ کشاورزی دقیق ۱
۱-۲ اهمیت افت محصول در برداشت مکانیزه ۴
۱-۳ تعیین منشا افت محصول در کمباین ۴
۱-۴ اهداف ۵

۲ بررسی منابع ۶
۲-۱ شناسایی سیستم ۶
۲-۲ مراحل اصلی مدل‌سازی ۷
۲-۳ ساختار کمباین ۱۱
۲-۴ تنظیمات کمباین ۱۴
۲-۵ مونیتورینگ افت و مدل‌سازی در کمباین ۱۵
۲-۵-۱ مروری بر مدل‌های افت در اجزای کمباین ۱۵
۲-۶ پارامترهای مکان‌ویژه در مدل‌سازی ۲۱
۲-۷ استفاده از شبکه‌های عصبی در مدل‌سازی رفتار کمباین ۲۳
۲-۸ شبکه‌های عصبی مصنوعی ۲۵
۲-۸-۱ دلیل استفاده از شبکه عصبی ۲۵
۲-۸-۲ تاریخچه شبکه عصبی ۲۶
۲-۸-۳ ساختار شبکه عصبی ۲۷
۲-۸-۴ شبکه پرسپترون چند لایه ۲۹
۲-۸-۴-۱ تابع تحریک شبکه MLP ۳۰
۲-۸-۴-۲ فرایند یادگیری در شبکه MLP ۳۱
۲-۸-۴-۳ ارزیابی و اعتبارسنجی شبکه ۳۲
۲-۸-۵ شبکه عصبی در شناسایی سیستم ۳۲
۲-۹ منطق فازی ۳۴
۲-۹-۱ مجموعه کلاسیک و مجموعه فازی ۳۴
۲-۹-۲ سیستم فازی ۳۵
۲-۹-۲-۱ فازی‌سازی ۳۶
۲-۹-۲-۲ پایگاه دانش ۳۷
۲-۹-۲-۳ واحد استنتاج فازی ۳۸
۲-۹-۲-۴ غیرفازی‌سازی ۳۹

۳ مواد و روش‌ها ۴۱
۳-۱ پارامترهای اندازه‌گیری ۴۱
۳-۱-۱ افت کیفی ۴۱
۳-۱-۲ افت کمی ۴۲
۳-۲ انتخاب کمباین ۴۲
۳-۲-۱ کمباین LEXION510 ..... ۴۳
۳-۲-۱-۱ مشخصات عمومی کمباینLEXION510 ..... ۴۳
۳-۲-۱-۲ سیستم کنترل و مونیتورینگ CEBIS ۴۴
۳-۲-۱-۳ سیستم اندازه‌گیری عملکرد محصول LEM ۴۵
۳-۳ اندازه‌گیری پارامترهای مدل ۴۶

۳-۳-۱ طرح آزمون ۴۶
۳-۳-۲ آزمون‌های مزرعه‌ای ۴۷
۳-۳-۳ محل آزمون‌ها ۵۰
۳-۴ تفکیک نمونه‌ها و کارهای آزمایشگاهی ۵۳
۳-۵ طراحی مدل شبکه عصبی ۵۴
۳-۵-۱ تعیین تعداد لایه‌های شبکه ۵۴
۳-۵-۲ تعیین تعداد نرون‌ها ۵۵
۳-۵-۳ تعیین پارامترها و عناصر درون مدل ۵۶
۳-۵-۴ اعتبارسنجی شبکه(ارزیابی) ۵۶
۳-۵-۵ الگوریتم یادگیری BBP ۵۶
۳-۵-۶ الگوریتم یادگیری BDLRF ۶۱
۳-۵-۷ معیار ارزیابی عملکرد شبکه ۶۲
۳-۶ الگوریتم کنترل مبتنی بر سیستم هوشمند ۶۳
۳-۶-۱ الگوریتم کنترل کننده پیش‌بین ۶۳
۳-۶-۲ بهینه‌ساز فازی ۶۵

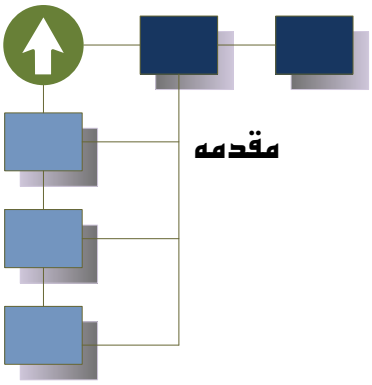
۴ نتایج و بحث ۷۲
۴-۱ محل و زمان انجام آزمایشات ۷۲
۴-۲ محاسبه افت کمی کمباین ۷۲
۴-۲-۱ توزیع داده‌ها ۷۳
۴-۲-۲ شبکه MLP برای برآورد میزان افت عقب کمباین بر حسب کیلوگرم در هکتار ۷۵
۴-۲-۲-۱ تنظیم پارامترهای شبکه ۷۶
۴-۲-۲-۲ توپولوژی شبکه ۷۶
۴-۲-۲-۳ مقایسه الگوریتم‌های آموزشی ۷۷
۴-۲-۲-۴ نرخ یادگیری و پارامتر مومنتوم ۸۰
۴-۲-۲-۵ فریز شبکه نهایی و تحلیل آماری ۸۱
۴-۳ محاسبه افت کیفی کمباین ۸۵
۴-۳-۱ توزیع داده‌های افت کیفی ۸۶
۴-۳-۲ شبکه MLP برای برآورد درصد شکستگی دانه در مخزن ۸۸
۴-۳-۲-۱ توپولوژی شبکه ۸۸
۴-۳-۲-۲ مقایسه الگوریتم‌های آموزشی ۸۸
۴-۳-۲-۳ نرخ یادگیری و پارامتر مومنتوم ۸۹
۴-۳-۲-۴ فریز شبکه نهایی و تحلیل آماری ۸۹
۴-۳-۳ شبکه MLP برای برآورد درصد کزل کوبیده نشده در مخزن ۹۱
۴-۳-۳-۱ توپولوژی شبکه ۹۱
۴-۳-۳-۲ مقایسه الگوریتم‌های آموزشی ۹۱
۴-۳-۳-۳ نرخ یادگیری و پارامتر مومنتوم ۹۱
۴-۳-۳-۴ فریز شبکه نهایی و تحلیل آماری ۹۲
۴-۳-۴ شبکه MLP برای برآورد هم‌زمان درصد شکستگی و درصد کزل در مخزن ۹۴
۴-۳-۴-۱ توپولوژی شبکه ۹۴
۴-۳-۴-۲ مقایسه الگوریتم‌های آموزشی ۹۴
۴-۳-۴-۳ نرخ یادگیری و پارامتر مومنتوم ۹۵
۴-۳-۴-۴ فریز شبکه نهایی و تحلیل آماری ۹۵
۴-۴ ارزیابی الگوریتم بهینه‌ساز فازی در محیط MATLAB ۹۸
۴-۵ الگوریتم کنترل پیش‌بین ۱۰۰

۴-۶ نتیجه‌گیری ۱۰۱
۴-۷ پیشنهادات ۱۰۲
منابع مورد استفاده ۱۰۳
نمـــایه ۱۰۷

شکل ۱-۱ مراحل کشاورزی دقیق برای یک مزرعه ۳
شکل ۲-۱ گام های اساسی در مدل‌سازی سیستم ۸
شکل ۲-۲ فرایند تنظیم پارامترهای مدل ۱۰
شکل ۲-۳ منحنی عملکرد کوبنده ۱۷
شکل ۲-۴ منحنی افت جدایش ۱۸
شکل ۲-۵ اجزای سیستم کوبنده الف)کمباین Claas-Lexion ب) کمباین New Holland-CNH CX820 ۲۰
شکل ۲-۶ آرایش و نوع دمنده و سیستم تمیزکننده در کمباین‌های مختلف ۲۰
شکل ۲-۷ محل استقرار حسگرهای اندازه‌گیری مونیتورینگ وضعیت کمباین ۲۳
شکل ۲-۸ مدل شبکه عصبی برای تعیین افت کمی و کیفی کمباین با دو لایه نهان [۲۳] ۲۴
شکل ۲-۹ مدل ریاضی یک نرون طبیعی[۲۵] ۲۹
شکل ۲-۱۰ شبکه MLP با یک لایه نهان، ماتریس وزن‌ها، بایاس، متغییرهای ورودی و خروجی ۳۰
شکل ۲-۱۱ توابع تحریک، الف) سیگموئیدی ب) تانژانت سیگموئیدی پ) خطی متقارن ۳۱
شکل ۲-۱۲ ساختار سیستم فازی ۳۵
شکل ۲-۱۳ نمایش گرافیکی غیرفازی‌ساز الف) مرکز ثقل ب) میانگین وزنی مراکز ۴۰
شکل ۳-۱ کمباین انتخاب شده برای انجام آزمون‌ها ۴۳
شکل ۳-۲ اجزای مکانیزم کوبنده و جداکننده ۴۴
شکل ۳-۳ رابط سیستم CEBIS و اپراتور کمباین ۴۵
شکل ۳-۴ اجزای سیستم ثبت عملکرد CEBIS ۴۶
شکل ۳-۵ حسگرهای اندازه‌گیری دما، رطوبت نسبی و سرعت باد ۵۰
شکل ۳-۶ موقعیت جغرافیایی مجموعه مزارع تحت آزمون ۵۱
شکل ۳-۷ نقشه عملکرد و عکس یکی از مزارع سری الف ۵۱
شکل ۳-۸ نقشه عملکرد و عکس یکی از مزارع سری ب ۵۱
شکل ۳-۹ نقشه عملکرد و عکس یکی از مزارع سری پ ۵۲
شکل ۳-۱۰ داده اولیه نقشه عملکرد مزرعه ۲-الف ۵۲
شکل ۳-۱۱ نقشه خطوط تراز عملکرد مزرعه ۲-الف ۵۲
شکل ۳-۱۲ نقشه خطوط تراز رطوبت محصول مزرعه ۲-الف ۵۲
شکل ۳-۱۳ نقشه خطوط تراز دور موتور کمباین مزرعه ۲-الف ۵۳
شکل ۳-۱۴ تجهیزات آزمایشگاهی، الک برقی و شمارنده بذر ۵۴
شکل ۳-۱۵ فلوچارت آموزش شبکه ۵۸
شکل ۳-۱۶ شبکه پرسپترون سه لایه با متغیرهای ورودی و خروجی و ماتریس وزن‌ها ۶۱
شکل ۳-۱۷ بلوک دیاگرام شبکه پیش‌بین عصبی- فازی ۶۵
شکل ۳-۱۸ ورودی و خروجی سیستم بهینه‌ساز فازی برای بهینه نمودن افت ۶۶
شکل ۳-۱۹ نمودار تابع تعلق برای افت کاه‌پران‌ها و الک‌ها و ۷۰
شکل ۳-۲۰ نمودار تابع تعلق برای مقدار کزل، شکستگی دانه و مواد خارجی در مخزن ۷۰
شکل ۳-۲۱ نمودار تابع تعلق برای محتوای رطوبتی دانه ۷۰
شکل ۳-۲۲ نمودار تابع تعلق برای سرعت پیشروی ۷۰
شکل ۳-۲۳ نمودار تابع تعلق برای سرعت کوبنده ۷۰
شکل ۳-۲۴ نمودار تابع تعلق برای سرعت دمنده ۷۱

شکل ۳-۲۵ نمودار تابع تعلق برای فاصله کوبنده و ضدکوبنده ۷۱
شکل ۳-۲۶ نمودار تابع تعلق برای میزان باز بودن الک بالایی ۷۱
شکل ۳-۲۷ نمودار تابع تعلق برای میزان باز بودن الک پایینی ۷۱
شکل ۳-۲۸ ساختار کلی بهینه‌ساز مبتنی بر منطق فازی ۷۱
شکل ۴-۱ پراکنش متغیرهای محصول و ماشین ونمودار توزیع نرمال برای داده‌های افت کمی ۷۴
شکل ۴-۲ پراکنش متغیرهای محیطی ونمودار توزیع نرمال برای داده‌های افت کمی ۷۵
شکل ۴-۳ پراکنش یک به یک داده‌های افت عقب کمباین اندازه‌گیری شده و تخمین شبکه و نمودار همگرایی شبکه (۱-۵-۱۳) MLP ۷۹
شکل ۴-۴ پراکنش یک به یک بین مقدار واقعی افت عقب کمباین و مقدار تخمینی شبکه‌های مختلف MLP ۸۲
شکل ۴-۵ پراکنش داده‌های افت عقب اندازه‌گیری شده و تخمین شبکه MLP با توپولوژی مختلف (فاز آموزش) ۸۳
شکل ۴-۶ پراکنش داده‌های افت عقب اندازه‌گیری شده و تخمین شبکه MLP با توپولوژی مختلف (فاز آزمون) ۸۴
شکل ۴-۷ پراکنش و نمودار توزیع نرمال متغیرهای ماشین و افت کیفی دانه ۸۶
شکل ۴-۸ پراکنش و نمودار توزیع نرمال متغیرهای محصول، محیط برای داده‌های افت کیفی ۸۷
شکل ۴-۹ پراکنش یک به یک بین مقدار واقعی درصد شکستگی دانه در مخزن و مقدار تخمینی شبکه‌های مختلف MLP ۹۰
شکل ۴-۱۰ پراکنش یک به یک بین مقدار واقعی درصد کزل در مخزن و مقدار تخمینی شبکه‌های مختلف MLP ۹۳
شکل ۴-۱۱ پراکنش یک به یک بین مقدار واقعی درصد شکستگی دانه و درصد کزل در مخزن و مقدار تخمینی همزمان شبکه های مختلف MLP برای این دو متغیر ۹۷
شکل ۴-۱۲ فضای تصمیم‌سازی تعدادی از متغیرهای ماشینی، محصول و محیط ۹۸
شکل ۴-۱۳ کل فضای تصمیم‌سازی فازی برای تمام متغیرهای ورودی و خروجی در محیط MATLAB ۹۹

جدول ۳-۱ خلاصه متغیرهای قیود کلامی سیستم بهینه‌ساز فازی..... ۶۸
جدول ۳-۲ خلاصه قوانین استخراجی برای سیستم بهینه‌ساز فازی..... ۶۹
جدول ۴-۱ شاخص‌های مرکزی و شاخص‌های پراکندگی متغیرهای مورد آزمون..... ۷۳
جدول ۴-۲ پارامترهای شبکه و معیارهای آماری ارزیابی شبکه MLP(۱-۵-۱۳) در مدل‌سازی افت عقب کمباین..... ۷۸
جدول ۴-۳ تغییرات عملکردی شبکه MLP برای مدل‌سازی افت عقب کمباین بعد از ۱۰۰۰ اپوک آموزش و در ارتباط با تعداد نرون در لایه نهان و تغییر پارامترهای آموزشی شبکه..... ۸۰
جدول ۴-۴ معیارهای آماری ارزیابی شبکه فریز شده با توپولوژی مختلف در مدل‌سازی افت عقب کمباین..... ۸۱
جدول ۴-۵ شاخص‌های مرکزی و شاخص‌های پراکندگی داده‌های افت عقب کمباین (فاز آموزش)..... ۸۵
جدول ۴-۶ شاخص‌های مرکزی و شاخص‌های پراکندگی داده‌های افت عقب کمباین (فاز آزمون)..... ۸۵
جدول ۴-۷ شاخص‌های مرکزی و شاخص‌های پراکندگی متغیرهای مورد آزمون برای داده‌های افت کیفی..... ۸۷
جدول ۴-۸ تغییرات عملکردی شبکه MLP برای مدل‌سازی درصد شکستگی دانه بعد از ۲۰۰۰۰ اپوک آموزش و در ارتباط با تعداد نرون در لایه نهان و تغییر پارامترهای آموزشی شبکه..... ۸۹
جدول ۴-۹ تغییرات عملکردی شبکه MLP برای مدل‌سازی درصد کزل کوبیده نشده در مخزن به کل دانه بعد از ۲۰۰۰۰ اپوک آموزش و در ارتباط با تعداد نرون در لایه نهان و تغییر پارامترهای آموزشی شبکه..... ۹۲
جدول ۴-۱۰ تغییرات عملکردی شبکه MLP در مدل‌سازی هم‌زمان دو متغیر کیفی درصد شکستگی و درصد کزل کوبیده نشده در مخزن به کل دانه در ارتباط با تعداد نرون در لایه نهان و تغییر پارامترهای آموزشی شبکه..... ۹۶



Everything is vague to a degree you do not realize, till you have tried to make it precise.

۱-۱ کشاورزی دقیق

هدف کشاورزی دقیق(PA)[1]، مدیریت متغیرهای محصول، خاک و آب‌وهوا به منظور دست‌یابی به بیشترین سود و کاهش صدمات زیست‌محیطی است. اصلی‌ترین وظیفه PA را می‌توان جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل و استفاده هدفمند از این داده‌ها دانست. داده‌هایی که مکان‌ویژه و زمان‌ویژه هستند و بخاطر این مشخصه است که تصمیمات باید مختص زمان و مکان کار اتخاذ گردد و نه یک تصمیم ثابت و یکنواخت. ابزار موجود شامل گستره وسیعی از فن‌آوری و دانش‌ها مانندIT[2]، مدیریت مزرعه، اقتصاد، حسگرها و سیستم‌های هوشمند[3] می‌باشد.

در واقع PA گستره وسیعی از عملیات مبتنی بر بهینه‌سازی مصرف نهاده و بهینه‌سازی کیفیت محصول برای یک مزرعه را در نظر دارد که همه علاوه بر سود اقتصادی کشاورزی پایدار را نیز موجب می‌شود. PA روشی مبتنی بر فن‌آوری سطح بالا بوده و لازم است که بطور صریح و روشن به چگونگی افزایش بازدهی این فن‌آوری پاسخ داده شود. آنچه که می‌تواند در هر شرایطی به هدف کمک کند توسعه مداوم روش‌هایی

[1] Precision Agriculture
[2] Information Technology
[3] Artificial Intelligence

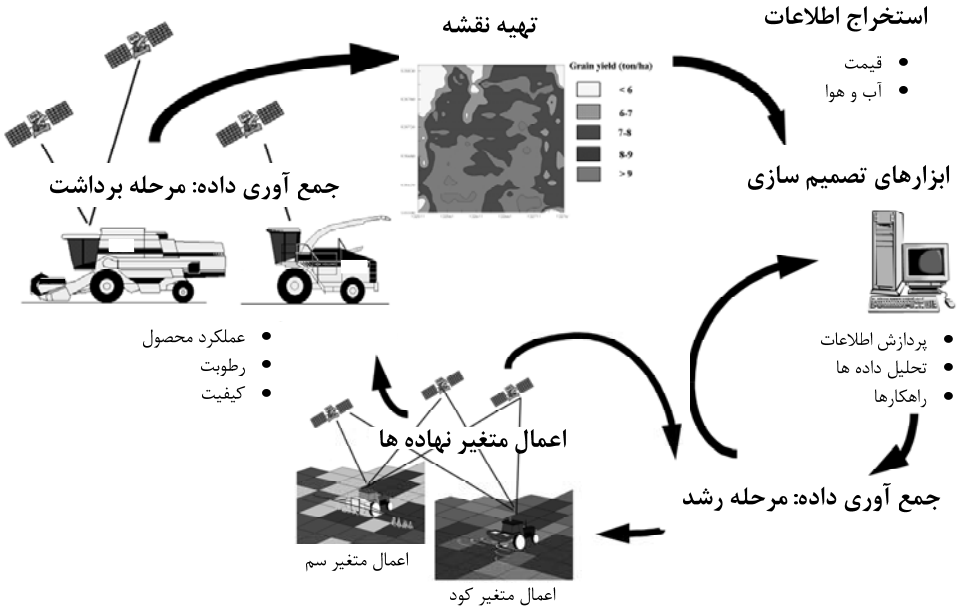
برای بهینه‌سازی تصمیم برای عملیات مزرعه‌ای و دفتری است. رسیدن به اهداف کشاورزی دقیق در صورتی امکان‌پذیر است که اطلاعات از منابع کشاورزی خیلی دقیق باشد. درجه دقت اطلاعات و روش-های اتخاذ شده تعیین کننده‌ی میزان موفقیت کشاورز در افزایش سود و افزایش کیفیت محصول خواهد بود.

گسترش دسترسی به سیستم تعیین موقعیت جهانی(GPS)[1] و مجهز شدن ماشین‌های کشاورزی به حسگرهای الکتریکی گسترش کشاورزی دقیق را با اقبال مواجه کرده است. در کنار هم بودن فن‌آوری اطلاعات جغرافیایی(GIS)[2]، سنجش از دور(RS)[3] و سیستم تعیین موقعیت جهانی(GPS) استفاده از این سیستم را موثر و کارآمد می‌کند. تحلیل اقتصادی سیستم کشاورزی دقیق اگرچه سال‌های اول آن را پر هزینه برآورد می‌کند ولی سال‌های بعدی آن سود حاصل از این هزینه را تضمین می‌نماید[۲۸].

شکل ۱-۱ فرایند شکل‌گیری کشاورزی دقیق برای یک مزرعه را در چهار مرحله به شرح ذیل نمایش می‌دهد:

- جمع‌آوری داده
  - اندازه‌گیری متغیرهای مکانی و زمانی(مرحله رشد و برداشت)
- استخراج اطلاعات
  - ارزیابی درجه اهمیت تغییرات از دو جنبه زیست‌محیطی و اقتصادی
- تصمیم‌سازی
  - تبیین و سیاست‌گذاری افق تصمیم‌گیری(هدف‌گذاری)
  - ارزیابی نیازمندی‌های ویژه مزرعه و محصول
  - تبیین رویکردهای مدیریتی برای رسیدن به افق‌های هدف
  - ارائه راهکارهای کاستن از میزان نهاده‌ها یا نحوه پراکنش نهاده‌ها و ارزیابی ریسک
- اعمال راهکار و تیمار انتخابی روی محصول و خاک طبق نیاز موردی

[1] Global Positioning System
[2] Geographic Information System
[3] Remote Sensing



شکل ۱-۱ مراحل کشاورزی دقیق برای یک مزرعه

مهمترین مرحله کشاورزی دقیق تصمیم‌سازی است. تصمیم‌سازی در کشاورزی دقیق در سه سطح انجام می‌گیرد: تصمیم‌های راهبردی، تاکتیکی و عملیاتی[۱۲]. اعمال روش‌های کشاورزی دقیق به جای یک روش کشت سنتی و افزایش سطح زیر کشت را می‌توان در زمره تصمیمات راهبردی قلمداد کرد. انتخاب نوع کود، نوع شخم، تناوب کشت، اعمال متغیر نهاده‌ها و ... نیز جزو تصمیمات تاکتیکی هستند. در تصمیمات عملیاتی کشاورز در مورد واریته محصول، زمان کشت، کمیت و کیفیت کشت، میزان اعمال کود و فرایند برداشت تصمیم می‌گیرد. تصمیمات عملیاتی می‌تواند بر مبنای حسگر[۱] یا نقشه[۲] باشد. در PA مبتنی بر حسگر، جمع‌آوری، تحلیل و اعمال تصمیم بر خروجی سیستم همه در حین عبور ماشین انجام می‌گیرد. اگر کشاورز تصمیم بگیرد که بر مبنای نقشه کار کند، تصمیمات در دفتر و بر اساس داده‌هایی گرفته می‌شود که قبلا جمع‌آوری شده است. تصمیمات توسط کامپیوتر دفتر به کارت حافظه ماشین منتقل می‌شود[۱۲].

بدون تردید در کشاورزی دقیق جنبه مدیریتی و استفاده از فن‌آوری بر خود فن‌آوری غالب است.

[1] Senor based PA
[2] Map based PA

۱-۲ اهمیت افت محصول در برداشت مکانیزه

غلات یکی از کالاهای راهبردی به شمار می‌رود و هر ساله مناطق وسیعی از اراضی کشاورزی به زیر کشت این محصول می‌رود که در واقع عمده‌ترین زراعت در ایران محسوب می‌شود. میزان افت در مرحله تولید و فرآوری گندم عددی چشمگیر است. یکی از وقت‌گیرترین و مشکل‌ترین مراحل تولید غلات، مرحله برداشت آن است و تقریبا بیشتر افت محصول در مرحله برداشت اتفاق می‌افتد. اغلب مزارع کشور بوسیله کمباین برداشت می‌شوند. در برداشت غلات باید موارد ذیل را در استاندارد دستگاه برداشت کننده مدنظر قرار گیرد: درو کردن به موقع محصول، جداکردن دانه از محصول با کمترین مقدار افت و حفظ بالاترین کیفیت ممکن. روش‌ها و وسایلی که برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند، بستگی به نوع غله، روش کاشت، شرایط اقلیمی، قیمت تمام شده نهاده‌ها و محصول دارد. گزارشات مربوط به افت عقب کمباین که توسط خبرگان تنظیمات مربوطه صورت گرفته است رقمی بین ۷/۵ تا ۱۳ درصد است، در صورتی که طبق استانداردهای ماشین‌های برداشت این عدد باید کمتر از ۵ درصد باشد. اگر افت کیفی که مشتمل بر کزل‌های کوبیده نشده، دانه‌های شکسته و ترک برداشته و وجود دانه‌های علف هرز در مخزن است نیز به این عدد اضافه شود میزان افت به مراتب بیشتر خواهد شد[۱،۲].

۱-۳ تعیین منشا افت محصول در کمباین

تعدد متغیرها و تنظیمات کمباین کاربر را با یک پدیده پیچیده و چند متغیره مواجه می‌کند. اثرات متقابل این متغیرها برهم، کمباین را به یک سیستم چندمتغیره و به شدت غیرخطی تبدیل کرده است. به منظور تعیین سطح بهینه‌ی هر یک از متغیرها مدل‌سازی سیستم امری ضروری است. شبکه‌های عصبی یک ابزار قدرتمند برای مدل‌سازی روابط غیرخطی و تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌باشد که استفاده از آنها طی سال‌های اخیر در مدل‌سازی فرآیندهای پیچیده بسیار گسترش یافته است. این ابزار می‌تواند در شناسایی سیستم و تصمیم‌سازی عملیاتی بسیار کارآمد باشد.

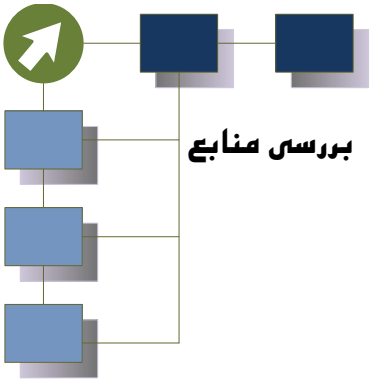
۱-۴ اهداف

تنظیمات کمباین براساس تغییرات محصول، مزرعه و شرایط ماشین انجام می‌گیرد به نحوی که کمباین در بالاترین ظرفیت خود کار کند و در عین حال محصول با کیفیت بهتر و افت کمتر برداشت شود. اهداف دنبال شده در تنظیمات کمباین بسته به هدف کاربر می‌تواند متفاوت باشد؛ به عنوان مثال:

- رساندن افت به کمترین مقدار
- رساندن مواد عبوری یا ظرفیت مزرعه‌ای به بالاترین حد خود
- بهبود(افزایش) بازده عملیات برداشت در نقطه‌ای بهینه بین این دو مرز

افزایش ظرفیت ماده‌ای برداشت فقط با افزایش نرخ مواد عبوری از کمباین امکان‌پذیر است(که می-تواند در تعارض با کیفیت محصول برداشت شده و افت باشد و بهبود(افزایش) بازده عملیات برداشت در نقطه‌ای بهینه بین این دو مرز کنترل می‌گردد. البته این اهداف متفاوت، مستقل از هم نیستند و یک رابطه غیرخطی و چندمتغیره بین افت و شدت تغذیه وجود دارد. زمانی که در کشاورزی دقیق در سطح مدیریت عملیاتی بحث از اعمال تنظیمات به صورت مکان‌ویژه می‌شود می‌توان اهداف ذیل را برای رساله در نظر گرفت:

- طراحی و ارائه مدل مبتنی بر شبکه عصبی برای پیش‌بینی میزان افت دانه به صورت تابعی از متغیرهای محصول و تنظیمات کمباین جهت بالابردن صحت، دقت و سرعت تصمیمات کاربر کمباین.
- ارائه الگوریتم برای پیاده‌سازی کنترل کننده‌ای مبتنی بر منطق فازی جهت تصمیم‌سازی برای تنظیمات کمباین که از پارامترهای پایه‌ای کشاورزی دقیق می‌باشد.



Sometimes, something incredible is waiting to be known.

۲-۱ شناسایی سیستم

شناسایی سیستم، فرآیند استخراج یک مدل ریاضی برای یک سیستم بر اساس داده‌های مشاهده شده می‌باشد. مدل، توصیفی از سیستمی است که از بخشی از جهان جدا شده است به گونه‌ای که یک مدل جنبه‌های اساسی یک سیستم را توصیف می‌کند. در مدل‌سازی یک سیستم سه اصل اساسی را باید در نظر داشت: جداسازی، انتخاب، ایجاز[1] [۶].

محیط پیرامون ما مجموعه‌ای از متغیرها است که بر هم موثرند و کارکرد یک متغیر، عملکرد متغیر دیگر را متاثر می‌سازد. در مدل‌سازی باید بخشی از محیط را از بقیه جدا کرده و مورد بررسی قرار داد که این بخش جدا شده سیستم نامیده می‌شود. به عبارت دیگر معنی ***جداسازی*** که پیشتر بدان اشاره شد مشخص‌کردن مرزهای سیستم است که آن را از محیط متمایز می‌کند. اصل کلیدی دوم ***انتخاب*** است که نشان دهنده‌ی برخی از جنبه‌های مورد توجه در سیستم است. چرا که بین اجزای یک سیستم و همچنین بین سیستم و محیط برهم‌کنش‌های متفاوتی وجود دارد و درنظرگرفتن تمامی این برهم‌کنش‌ها در مدل-سازی مقدور نیست؛ در نتیجه تمامی مدل‌ها تا حدودی ناقص هستند و فقط تخمینی از سیستم می‌باشند.

[1] Parsimony

اصل سوم در شناسایی سیستم ***ایجاز*** است. در مدل‌سازی ممکن است مدل‌های متفاوتی از یک داده بدست آمده از سیستم ساخته شوند و تمام این مدل‌ها هم شرایط داده‌ها را برآورده سازد، اما پارسیمونی بدین معناست که در مدل‌سازی باید تا جایی که امکان پذیر است از مدل ساده استفاده شود و از بین چند مدل ارائه شده برای یک سیستم مدلی که ساده‌تر از سایر مدل‌هاست و داده‌های بدست آمده از یک سیستم را ارضا می‌کند ارجحیت دارد.

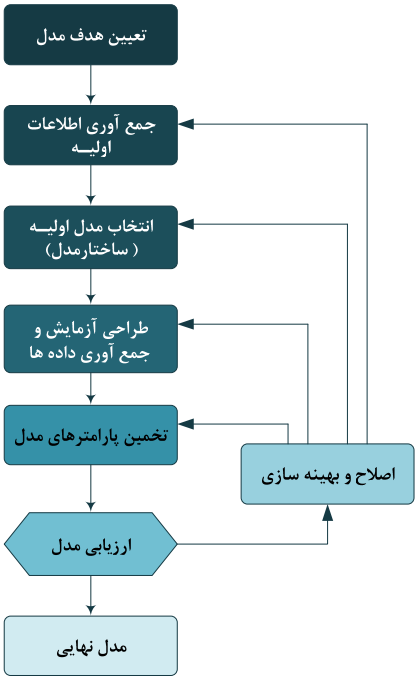
از آنجایی که کار با این مدل خیلی آسان‌تر از کار با سیستم حقیقی می‌باشد بنابراین قابل توجه بوده و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. البته باید در نظر داشت که اعتبار نتایجی که از یک مدل بدست می‌آید بخاطر فرضیات گفته شده همیشه محدود می‌باشد[۲۷].

۲-۲ مراحل اصلی مدل‌سازی

مدل‌سازی هر سیستم شامل مراحل اصلی زیر است:

- تعیین هدف از مدل‌سازی
- جمع‌آوری اطلاعات اولیه
- انتخاب مدل اولیه، ساختار مدل
- طراحی آزمایش و جمع‌آوری داده‌ها
- تخمین پارامترهای مدل
- ارزیابی مدل
- تعیین مدل نهایی

نقش و جایگاه هر یک از مراحل ذکر شده در شناسایی سیستم در شکل ۲-۱ نشان داده شده است. انتخاب رویکردهای متفاوت مدل‌سازی با توجه به اطلاعات اولیه در دسترس، هدف مدل‌سازی و همچنین اجزای سیستمی که باید مدل شود صورت می‌گیرد. انتخاب مجموعه مدل به این معنا است که ارتباط بین ورودی‌ها و خروجی‌های یک سیستم در یک رابطه ریاضی کلی فرمول‌بندی شود که این فرم ریاضی، ساختار مدل را تعریف می کند و علاوه بر این شامل مجموعه‌ای از پارامترها است که باید در حین شناسایی فرآیند تعیین شوند[۶, ۴۷].



شکل ۲-۱ گام های اساسی در مدل‌سازی سیستم

بر اساس مشخصات سیستم می‌توان مدل‌های ذیل را برای سیستم در نظر گرفت:

- دینامیکی یا استاتیکی
- خطی یا غیرخطی
- مستقل از زمان یا تابع زمان

علاوه بر رویکردهای فوق مدل می‌تواند پارامتریک یا غیرپارامتریک باشد. در روش پارامتریک ساختار تعریف شده‌ای انتخاب می‌شود و فقط تعداد معدودی از پارامترها از طریق آزمایش تعیین می‌شود. بر اساس تجربه و درجه اهمیت پارامترها، ساختار مدل تعیین می‌شود که در واقع یک مدل فیزیکی از پارامترهای تیپیک است. در مدل‌سازی غیرپارامتری یک ساختار تعریف‌شده‌ای برای مدل موجود نیست و رفتار سیستم بر اساس پاسخ سیستم به سیگنال‌های اعمالی مدل می‌شود. این مدل‌ها در مواقع فقدان اطلاعات کافی در مورد سیستم و برهم‌کنش اجزای آن کاربرد دارد.

اساس انتخاب مدل بر میزان اطلاعات در دسترس استوار است. بر مبنای میزان اطلاعات اولیه در دسترس می‌توان تقسیم‌بندی زیر را برای مدل‌ها در نظر گرفت:

- مدل جعبه سفید[1]
- مدل جعبه خاکستری[2]
- مدل جعبه سیاه[3]

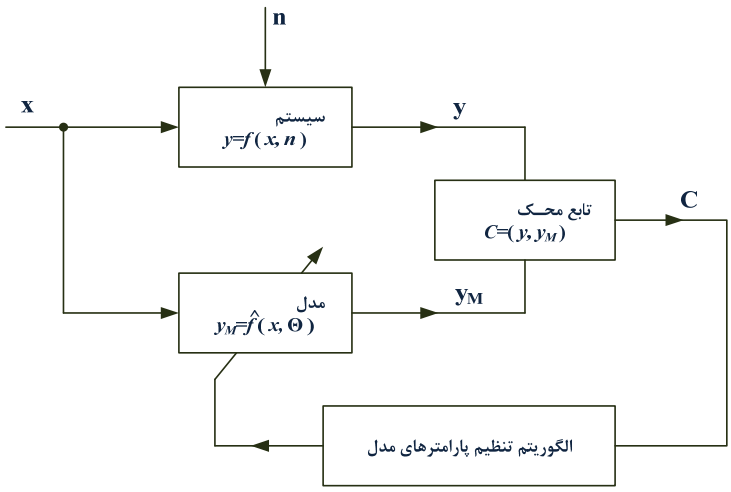
در مدل جعبه سفید ساختار و پارامترهای مدل بطور کامل مشخص بوده و تمام اطلاعات فیزیکی در دسترس می‌باشند. به عبارت دیگر مدل جعبه سفید می‌تواند از اطلاعات اولیه بدون نیاز به هیچگونه مشاهده‌ی تجربی ایجاد شود. اما وقتی ساختمان مدل فقط بر مبنای داده‌های مشاهده شده باشد و یا به عبارتی یک مدل با رفتار ورودی- خروجی مدنظر باشد، در اصل با مدل جعبه سیاه مواجه هستیم. مدل جعبه سیاه گاهی مدل تجربی نیز خوانده می‌شود؛ در این مدل، سیستم بدون هیچگونه اطلاعاتی در خصوص ساختار آن و فقط براساس رفتار ورودی و خروجی مدل می‌شود. در مدل جعبه سیاه ساختار مدل، بیانگر ساختار فیزیکی سیستم نیست بنابراین عناصر سازنده ساختار مدل دارای معنای فیزیکی نمی-باشند. در حقیقت مدل‌های جعبه سیاه و جعبه سفید حدود را مشخص می‌کنند و اکثر مدل‌ها عموماً بین این حدود می‌باشند. در بیشتر موارد در مدل‌سازی یک سری اطلاعات فیزیکی هر چند ناقص در اختیار هست. بنابراین تا حدی می‌توان ساختار مدل را با استفاده از شناخت فیزیکی که نسبت به سیستم هست مشخص نمود. پارامترهای مدل ممکن است معلوم نباشد و یا تا حدی مشخص باشند و باید با استفاده از داده‌های تجربی تخمین زده شوند. مدل‌سازی فیزیکی مثالی از مدل‌سازی جعبه خاکستری است. هرقدر میزان اطلاعات بیشتر باشد و یا به عبارتی دید فیزیکی کامل‌تر باشد، مدل روشن‌تری از مدل جعبه خاکستری حادث می‌گردد. میزان تاریکی یک مدل وابسته به میزان اطلاعات موجود در مورد مدل است.

مدل‌سازی جعبه سیاه معمولاً ساده‌تر از مدل‌سازی فیزیکی است و نه تنها در مواردی که دید فیزیکی نسبت به سیستم وجود ندارد، کاربرد دارد، بلکه در شرایطی که پیچیدگی‌های ریاضی موجود بوده و ساختن مدل فیزیکی هزینه بالایی دارد، می‌توان از آن استفاده کرد. به منظور تعیین مقادیر عددی پارامترهای مدل اطلاعات بیشتری مورد نیاز است. این اطلاعات اضافی را باید از طریق مشاهده جمع‌آوری نمود. بنابراین

[1] White Box
[2] Grey Box
[3] Black Box

نیاز به طراحی آزمایش است تا سیگنال‌های ورودی مناسب را طراحی کرده و سیگنال‌های خروجی به عنوان خروجی از سیستم اندازه‌گیری گردد.

انتخاب مدل بدین معنی است که ارتباط بین ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم به فرم ریاضی فرمول-بندی شود این فرم ریاضی، ساختار و مجموعه پارامترهای مدل را تعریف می‌کند. چنانکه ذکر شد روش-های متعددی برای تخمین مقادیر عددی پارامترها وجود دارند. در این روش‌ها از اطلاعات بدست آمده و موجود در مورد سیستم برای تخمین پارامترها استفاده می‌شود. یعنی از یک سری اطلاعات اولیه در خصوص پارامترها نظیر دامنه معقول یک پارامتر و یا تابع توزیع احتمال آن استفاده می‌گردد. اطلاعات اساسی، داده‌های بدست آمده از انجام آزمایش می‌باشد. به بیان دیگر تخمین پارامترهای مدل روشی برای برازش[1] داده‌های بدست آمده از راه مشاهده براساس یک تابع محک[2] می‌باشد. تابع محک در واقع کیفیت مدل را مشخص کرده و تابعی است برای اندازه‌گیری اختلاف بین خروجی واقعی(y) و خروجی مدل(y_M). از روش‌هایی نظیر کمترین مربعات(LS)[3]، کمترین مربعات وزن داده شده(WLS)[4] و شاخص بیشترین همسایگی(ML)[5] می‌توان به عنوان تابع محک برای تخمین پارامترهای مدل استفاده کرد(شکل ۲-۲).



شکل ۲-۲ فرایند تنظیم پارامترهای مدل

[1] Fitting
[2] Criterion Function
[3] Least Square
[4] Weighted Least Square
[5] Maximum Likelihood