جمهوری اسلامی ایران
وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی

بررسی فنی و اقتصادی اثر کاربرد سامانه کنترل خودکار بر عملکرد خشک کن خوابیده شلتوک و کیفیت برنج تبدیل شده.

شماره ثبت:

تاریخ:

جمهوری اسلامی ایران
وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی

بررسی فنی و اقتصادی اثر کاربرد سامانه کنترل خودکار بر عملکرد خشک کن خوابیده شلتوک و کیفیت برنج تبدیل شده.

پژوهش و نگارش:

حمیدرضا گازر

شماره ثبت:

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

عنوان پروژه :	بررسی فنی و اقتصادی اثر کاربرد سامانه کنترل خودکار بر عملکرد خشک کن خوابیده شلتوک و کیفیت برنج تبدیل شده
شماره مصوب پروژه :	۳۴-۱۴-۴۰۴۰۳-۰۱۰-۰۲۰۲۷۸
نگارنده :	حمید رضا گازر
مجری مسئول :	حمیدرضا گازر
مجریان :	کبری تجددی طلب- هرمز اسدی
همکاران :	امیدرضا روستاپور، اکبر یونسی ، سعید جوادزاده
ناظر :	-
مشاوران :	-
محل اجراء :	استان گیلان
تاریخ شروع :	۱۴۰۲/۰۷/۰۱
مدت اجراء :	۲۴ ماه
ناشر :	موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
شمـــارگان :	
تاریخ انتشار :	۱۴۰۴

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده..... ۱

مقدمه..... ۲

مواد و روشها:..... ۴

مشخصات سامانه های کنترل خودکار..... ۴

روند انجام تحقیقات میدانی..... ۱۰

سنجش عملکرد سامانه کنترل خودکار..... ۱۱

تغییرات رطوبت (سینتیک)، دما و زمان خشک شدن شلتوک..... ۱۱

روند تغییرات رطوبت و دمای شلتوک در لایه های مختلف خشک کن..... ۱۲

تغییرات دما و رطوبت هوا در محیط اطراف خشک کن..... ۱۳

انرژی مصرفی خشک کردن شلتوک..... ۱۳

انرژی ویژه مصرفی برای خشک شدن شلتوک..... ۱۴

کیفیت تبدیل شلتوک خشک شده..... ۱۵

ارزیابی اقتصادی بکارگیری سامانه های کنترل خودکار برای خشک کردن شلتوک..... ۱۶

رضایت مندی عملکرد کارخانه های شالیکوبی از سیستمهای کنترل خودکار خشک کن..... ۱۸

نتایج و بحث..... ۱۹

اطلاعات پایه از کارخانه شالیکوبی شلتوک در تحقیق..... ۱۹

سنجش عملکرد سامانه کنترل خودکار..... ۲۰

تغییرات رطوبت (سینتیک) و زمان خشک شدن شلتوک..... ۲۳

روند تغییرات رطوبت و دمای شلتوک در لایه های مختلف خشک کن..... ۲۵

انرژی مصرفی خشک کردن شلتوک..... ۲۷

مقدار انرژی ویژه مصرفی برای خشک شدن شلتوک..... ۲۸

کیفیت تبدیل شلتوک خشک شده ۲۹

ارزیابی اقتصادی بکارگیری سامانه های کنترل خودکار برای خشک کردن شلتوک ۳۰

رضایت مندی عملکرد کارخانه های شالیکوبی از سیستمهای کنترل خودکار خشک کن ۳۷

راهکارهای اصلاحی برای بهبود شرایط خشک کردن شلتوک ۳۸

نتیجه گیری و پیشنهادات..... ۳۸

فهرست منابع..... ۳۹

Abstract..... ۴۳

چکیده

خشک کنهای خوابیده (صندوقی) برنج جزو خشک کنهای رایج در استانهای شمالی کشور بوده و مصرف انرژی و زمان خشک شدن شلتوک در آنها زیاد می باشد. لذا کاربرد سامانه های بهینه سازی زمان و مصرف انرژی در این خشک کنها بسیار ضروری است. در این تحقیق با استفاده از آزمون تی استیودنت عملکرد سامانه های کنترل خودکار بر اساس رطوبت و دمای شلتوک در خشک کنهای کارخانه های شالیکوبی استان گیلان بررسی شد. همچنین سینتیک خشک شدن، روند تغییرات رطوبت و دمای شلتوک در لایه های مختلف خشک کن خوابیده(پایین، میانی و بالا)، مقدار انرژی مصرفی خشک کردن شلتوک و انرژی مصرفی ویژه برای تبخیر رطوبت از هر کیلوگرم شلتوک ارایه شد. پارامترهای کیفی تبدیل شلتوک خشک شده به برنج سفید(راندمان تبدیل، راندمان برنج سفید، درصد برنج سفید سالم) نیز ارزیابی شد. در تحقیق حاضر میزان رضایت از عملکرد سامانه های کنترل خودکار توسط کارخانه داران بررسی و ارزیابی اقتصادی بکارگیری سامانه کنترل خودکار در خشک کنهای خوابیده نیز با استفاده از تکنیک بودجه بندی جزیی و شاخص‌های سودآوری انجام شد. نتایج بدست آمده بیانگر عملکرد قابل قبول سامانه در سنجش رطوبت و دمای شلتوک در دستگاه خشک کن بود. حداکثراختلاف رطوبت شلتوک ثبت شده با سامانه و رطوبت سنج دانه ۰/۵۱ درصد و حداکثر اختلاف دمای شلتوک ثبت شده با سامانه و دما سنج دانه ^{o}C ۱/۷۷ بود. مدت زمان لازم برای خشک کردن شلتوک در کارخانه های بررسی شده بین ۳۰ تا ۴۷ ساعت بود. در فرایند خشک شدن شلتوک تغییرات رطوبت در سه لایه پایین وسط و بالا یکسان نبود موجب غیر یکنواختی خشک شدن شلتوک شد. انرژی مصرف شده برای خشک کردن هر تن شلتوک بین ۱۵۰۰ تا MJ ۱۹۰۰ و انرژی ویژه مصرفی برای خشک کردن شلتوک بین ۱۷۰۰ تا KJ/KgH_2O ۲۵۰۰ بدست آمد. در این تحقیق راندمان تبدیل شلتوک به برنج سفید در محدوده ۶۴/۹۰ تا ۶۵/۶۸ درصد بود و بکارگیری سامانه کنترل خودکار در خشک کن موجب ۴/۳۱ درصد بهبود راندمان برنج سفید سالم و موجب افزایش ۷/۲۳ درصدی برنج سفید کامل پس از عملیات سفید کنی شد. اکثریت کارخانه های بررسی شده (۸۷/۶۴درصد) از عملکرد سامانه های کنترل خودکار در بهینه سازی فرایند خشک کردن شلتوک و کیفیت برنج تبدیلی کاملاً راضی بودند. نتایج اقتصادی نشان داد در دوره تحلیل، ارزش کنونی خالص بکارگیری سامانه مثبت و ۸۴ میلیون ریال برآورد می شود. ضمنا به ازای یک ریال سرمایه گذاری در بکار گیری سامانه ۱/۲۳ ریال منفعت ایجاد شده است. نرخ بازده داخلی بکارگیری سامانه ۳۷/۴ درصد برآورد شد، بنابراین از لحاظ فنی و اقتصادی ، سرمایه گذاری در ساخت و بکارگیری سامانه کنترل خودکار روی خشک کن های مرسوم شلتوک در کارخانه های شالیکوبی در دوره تحلیل قابل توجیه، اقتصادی و توصیه می شود.

واژه‌های کلیدی: شالی، برنج، کنترل، انرژی، راندمان تبدیل، رضایتمندی ، ارزیابی اقتصادی

مقدمه

برنج (*Oryza sativa L.*) از مهمترین محصولات کشاورزی در سبد غذایی مردم جهان محسوب شده و از لحاظ سطح زیر کشت، بعد از گندم دارای مقام دوم می باشد. برنج بخش زیادی از کالری مورد نیاز مصرف کنندگان را تامین کرده و پیش بینی می شود که ۳/۵ میلیارد از جمعیت جهان بعنوان غذای اصلی از آن استفاده می کنند. (Luh, 1991). طبق آمار سازمان خوار و بار ملل متحد(فائو) میزان تولید جهانی برنج در فصل زراعی ۲۰۲۲-۲۰۲۳ ، در حدود ۵۲۰ میلیون تن میباشد که در مقایسه با سال قبل از آن ۲ درصد کاهش داشته است(Anonymous, 2024). آمار نامه کشاورزی نشان داد سطح زیر کشت برنج در ایران بیشتر از ۷۹۲ هزار هکتار و استانهای مازندران (۲۹۶ هزار هکتار) وگیلان (۲۵۲ هزار هکتار) بیش ترین اراضی کشت شلتوک کشور را شامل می شوند. همچنین میزان تولید برنج در ایران در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ حدود ۳/۴۹ میلیون تن بوده و پس از گندم و جو رتبه سوم بیشترین میزان تولید غله در کشور را به خود اختصاص داد(بی نام، ۱۴۰۳).

معمولاً شلتوک در هنگام برداشت دارای رطوبتی ۲۰ تا ۲۵ درصد بر پایه تر است(Imprasit et al., 2001). در این سطح رطوبتی احتمال رشد میکروارگانیزم ها و تنفس آنها در محصول بسیار زیاد می باشد(Weerachat et al., 2010). عدم خشک کردن به موقع شلتوک موجب فاعیت بیولوژیک و بروز فساد میکروبی(قارچی، باکتریایی) و جوانه زنی دانه پس از ۸ ساعت می شود (Beeny and Basil, 1970; Javare and Reddy, 1987; Juliano, 1985) .

نحوه خشک کردن شلتوک جز نگرانیهای عمده کشورهای تولیدکننده برنج است(Sarker et al., 2014). بررسی محققین در جنوب شرق آسیا نشان داد که خشک کردن شلتوک تا محدوده رطوبتی ۱۲ تا ۱۴ درصد موجب حفظ کیفیت برنج در فرایند تبدیل خواهد شد (Tirawanichakul et al., 2004). در بیشتر خشک کنهای کشاورزی، انرژی مورد نیاز برای حذف رطوبت نامطلوب مواد غذایی و خشک کردن آنها به طور عمده از انرژی حرارتی حاصل از سوختن سوختهای فسیلی تامین می شود. بنابراین با توجه به رطوبت اولیه زیاد شلتوک برنج، خشک کردن این محصول به انرژی زیادی نیاز دارد(Billiris et al., 2011). به گفته محققین خارجی رطوبت مناسب برای انبار مانی و سفیدکردن برنج در حدود ۱۴ درصد است و برای جلو گیری از تنش‌های وارده به محصول در حین فرایند خشک کردن باید خشک کردن شلتوک به آرامی و یکنواخت در یک محیط کنترل شده (کنترل دما و سرعت خشک شدن) انجام گردد(Brooker et al., 1992). در یک تحقیق خشک کردن برنج در سه نوع خشک کن مخزنی، خشک کنهای جریان متقاطع وخشک کنهای جریان موازی مقایسه شد. نتایج بدست آمده نشان داد که در هر سه خشک کن افزایش دما تا ۵۵ °C تاثیری بر روی خصوصیات کیفی برنج نظیر میزان شکستگی، ترک خوردگی و رنگ ندارد ولی در

خشک کنهای مخزنی میزان ترک خوردگی با افزایش دما بیشتر از ۶۰ °C بطور معنی داری نسبت به دو خشک کن دیگر بیشتر بود (Bakker Arkema et al., 1983).

در خشک کردن شلتوک بصورت بسترهای ثابت، نیمه سیال و سیال در دماهای ۴۰ ، ۶۰ و ۸۰ °C نتیجه گیری شد بسترهای ثابت با دماهای بالا بیشترین تاثیر را روی ترک خوردگی برنج می گذارند. در حالتی که بستر خشک کردن شلتوک به حالت نیمه سیال باشد کمترین میزان ترک خوردگی برنج اتفاق می افتد(خوش تقاضاو همکاران،۱۳۸۶). نتایج بدست آمده از تحقیقات گذشته نشان داد که خشک کردن چند مرحله ایی تاثیر قابل توجهی در افزایش برنج سالم در فرایند تبدیل داشت(تجددی طلب، ۱۳۸۴). در تحقیقی شلتوک های ارقام فجر، شفق و شیرودی در دماهای ۴۰، ۵۰ و ۶۰°C خشک شد. نتایج کیفی بدست آمده نشان داد که میزان خرد در رطوبت ۱۰ درصد نسبت به رطوبت ۱۲درصد در همه رقم ها کمتر بوده است. دمای بالا نیز در رقم شفق باعث خردشدگی بیشتر شد همچنین رطوبت اولیه بالاتر شلتوک حساسیت به دمای خشک کردن را افزایش می‌دهد(لطیفی،۱۳۹۳). محققین تایلندی تاثیر دماهای مختلف خشک کردن شلتوک (از ۳۰ تا ۷۰°C) بر کیفیت تبدیل و عطر برنج رقم تایلندی را بررسی و نتیجه گیری کردند که خشک کردن شلتوک در دماهای بالاتر و بخصوص دمای ۷۰°C در مقایسه با دماهای ۳۰ تا ۵۰°C و خشک کردن در آفتاب(بعنوان تیمار شاهد) باعث افت پنجاه درصدی تولید برنج کامل در فرایند تبدیل می شود. هرچند که تغییرات دمای خشک کردن از نظر سفیدی و عطر اختلاف معنی داری بین تیمارها ایجاد نکرد (Wongpornchai et al., 2004). در تحقیقات قبلی گزارش شد که برای خشک کردن یک تن شلتوک بطور متوسط حدود ۶۸۳/۸ MJ انرژی حرارتی مصرف شد. همچنین برای تبدیل یک تن شلتوک به برنج سفید نیز حدود ۱۵۸/۴ MJانرژی الکتریکی مصرف شد(گازر و همکاران، ۱۳۹۵). موارد مشابه کاهش مصرف انرژی و مدیریت زمان خشک شدن شلتوک در تحقیقات قبلی نیز مشاهده شد(Billiris et al., 2011) (طبسی زاده و همکاران، ۱۳۹۱). تحقیقات قبلی نشان داد که کاربرد خشک‌کن دوار، موجب کاهش زمان خشک کردن در حدود ۹ درصد و صرفه جویی مصرف انرژی تا ۸/۹ درصد شد. انرژی ویژه مصرفی برای تبخیر هر کیلو گرم آب نیز در خشک کن دوار ۱۳/۲ تا ۱۳/۵ MJ بود که در حدود ۱۱ درصد نسبت به خشک کن خوابیده کمتر بود. همچنین استفاده از خشک کن دوار برای خشک کردن شلتوک موجب تمیز شدن شلتوک حین فرایند شد. بکارگیری خشک کن دوار راندمان تبدیل برنج کامل را حدود ۷/۵ درصد افزایش و مقدار خرده برنج را نیز تا حدود ۷/۸ درصد کاهش داد. (گازر، ۱۳۹۶). تحقیقات گذشته نشان داد که برای خشک کردن شلتوک در استانهای شمالی کشور خشک کنهای بستر خوابیده رایج تر است. این خشک کنها به دو صورت بدنه سیمانی و بدنه فلزی مورد استفاده قرار می گیرند(علیزاده

، ۱۳۹۶). لطیفی و همکاران در تحقیق خود نتیجه گیری کردند با بکار گیری خشک کن دارای سیستم کنترل رطوبت و همزن (خشک کن هوشمند) ، زمان خشک کردن شلتوک در مقایسه با خشک کنهای رایج از حدود ۴۳ ساعت به حدود ۱۴ ساعت کاهش پیدا کرد. این درحالی بود که راندمان تبدیل برنج کامل از ۶۷ به ۷۳ درصد ارتقاء یافت و سفیدی برنج تبدیل شده تغییر چندانی نداشت(لطیفی و همکاران، ۱۴۰۱). خشک کردن با دماهای بالا و ماندگاری زیاد شلتوک در آن ضمن تغییرات ضریب نفوذ رطوبت داخلی، موجب کاهش مقاومت مکانیکی و افزایش تلفات فیزیکی دانه در فرایند تبدیل برنج خواهد شد(Basunia and Abe, 1998) (Siebenmorgen et al., 2005). توصیه های فنی مبتنی بر تحقیقات بیان می کند که حداکثر دما و ارتفاع دانه در خشک کن برای خشک کردن شلتوک غیر بذری در خشک کنهای خوابیده صندوقی به ترتیب ^{o}C ۴۵ و ۴۰ سانتیمتر می باشد(تجددی طلب ، ۱۴۰۱). تحقیقات انجام شده در استان مازندران در سال ۱۳۹۲ نشان داد که بیش از ۹۵ درصد از خشک کنهای مورد استفاده برای خشک کردن شلتوک از نوع بستر خوابیده (صندوقی رایج) با ظرفیتهای ۳ تا ۶ تن شلتوک بوده که در غالب آنها عملیات کنترل دمای مشعل و زمان فرایند خشک کردن شلتوک توسط توسط کاردان فنی کارخانه (مکانیک) انجام می گردید. سوخت مصرفی در اکثر خشک کنها گاز بوده و غالب دستگاههای خشک کن هیچگونه سیستم کنترل خودکار تنظیم مشعل و کنترل دما ندارند(گازر، ۱۳۹۳).

در این گزارش تاثیر بکارگیری یک سامانه کنترل خودکار ساخته شده داخلی بر روند خشک شدن شالی و مصرف انرژی خشک کنهای رایج (بستر خوابیده) شلتوک در استان گیلان بررسی شده است. همچنین تاثیر عملکرد این نوع سامانه های کنترل خودکار بر بهبود کیفیت تبدیل شالی های خشک شده در خشک کنهای خوابیده مرسوم نیز بررسی شده است. بررسی های اقتصادی بکارگیری سامانه های کنترل خودکار و میزان رضایتمندی کارخانه های شالیکوبی از عملکرد این سامانه ها نیز مورد بحث و نتیجه گیری واقع شده است.

مواد و روشها:

مشخصات سامانه های کنترل خودکار

سیستم مورد استفاده در سامانه کنترل خودکار شرکت پارسان یک سیستم مستقل (standalone) بود که با اتصال به انواعی از حسگرها و ورودی ها و تنظیمات اعمال شده و در نظر گرفتن الگوریتم های پیچیده داخلی به خروجی های مورد نظر فرامین لازم را صادر کرده و از PLC استفاده می کرد. نمونه نصب شده این سامانه در کارخانه های شالیکوبی در شکل ۱ ارایه شده است.

شکل ۱- سامانه کنترل خودکار نصب شده روی خشک کن شلتوک

عملکرد کنترلی داخلی سامانه برای تنظیم دما یک سیستم شبه PID بود که با روابط تئوری و تجربی خاص فرمانهای لازم برای تنظیم دما در یک بازه مشخص صادر می کرد. در این سامانه با استفاده از دما و رطوبت حس شده هوای اطراف شلتوک و معادله Modified Chung-Pfost (رابطه ۱) مقدار رطوبت تعادلی در زمانهای خواسته شده برای شلتوک ها تخمین زده شده و با مقدار رطوبت شلتوک اندازه گیری شده توسط دستگاه G-Won مقایسه شد. توضیحات بیشتر برای نحوه اندازه گیری رطوبت شلتوک در خشک کنها در ادامه ارایه شده است.

$$M_e = \frac{-1}{C} ln\left[\left(-\frac{T+B}{A}\right) lna_w\right] \qquad (۱)$$

در این معادله M_e رطوبت تعادلی بر حسب درصد ماده خشک، T دما بر حسب سلسیوس، a_w فعالیت آبی (دسیمال) و A,B, C ثابتهای معادله هستند (Iguaz and Vı´rseda, 2007).

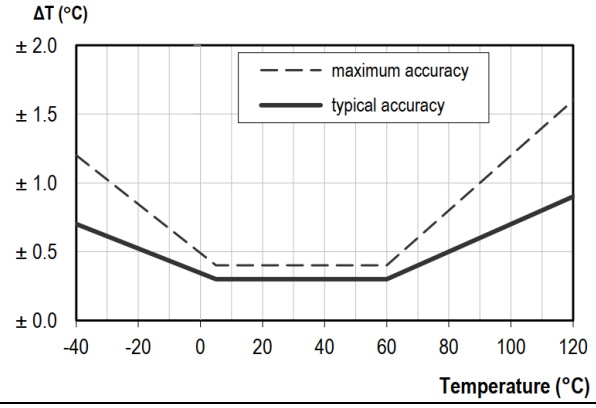
عملکرد حسگرهای بکار رفته در سامانه کنترل خودکار بدین شرح می باشد. حسگر دما و رطوبت هوای اطراف شلتوک از نوع SHT20 برند Sensiron ساخت کشور سوییس بود. تصاویر و نمودارهای مربوطه حسگر در شکل ۲ ارائه شده است.

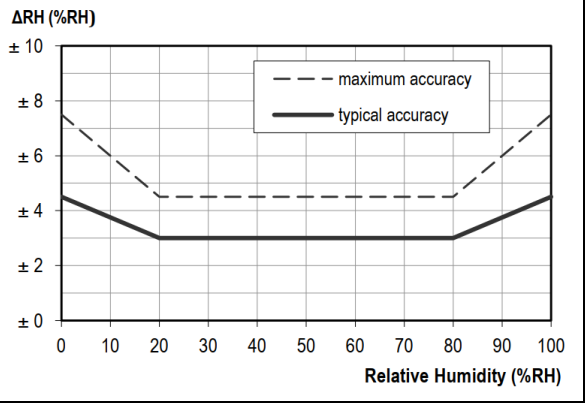
Temperature

Parameter	Condition	Value	Units
Resolution [1]	14 bit	0.01	°C
	12 bit	0.04	°C
Accuracy tolerance [2]	typ	±0.3	°C
	max	see Figure 3	°C
Repeatability		±0.1	°C
Operating Range	extended [4]	-40 t0 125	°C
Response Time [7]	τ 63%	5 to 30	s
Long Term Drift[8]	Typ.	< 0.02	°C/yr

Relative Humidity

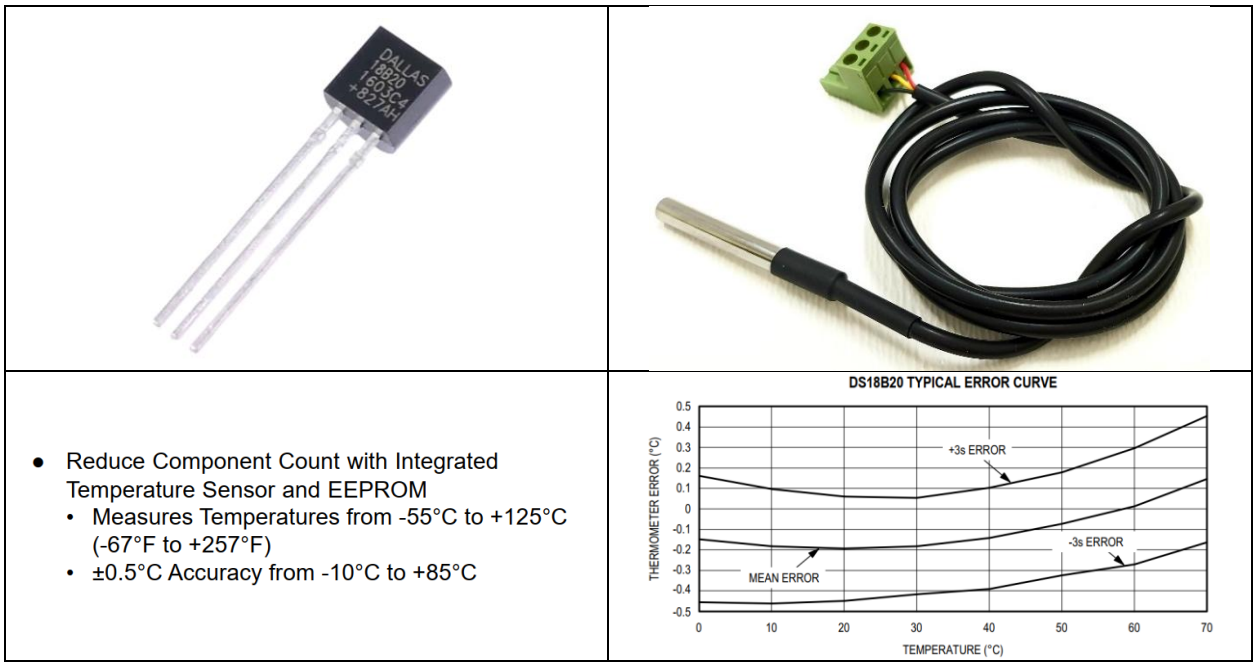
Parameter	Condition	Value	Units
Resolution [1]	12 bit	0.04	%RH
	8 bit	0.7	%RH
Accuracy tolerance [2]	typ	±3.0	%RH
	max	see Figure 2	%RH
Repeatability		±0.1	%RH
Hysteresis		±1	%RH
Nonlinearity		<0.1	%RH
Response time [3]	τ 63%	8	s
Operating Range	extended [4]	0 to 100	%RH
Long Term Drift [5]	Typ.	< 0.25	%RH/yr





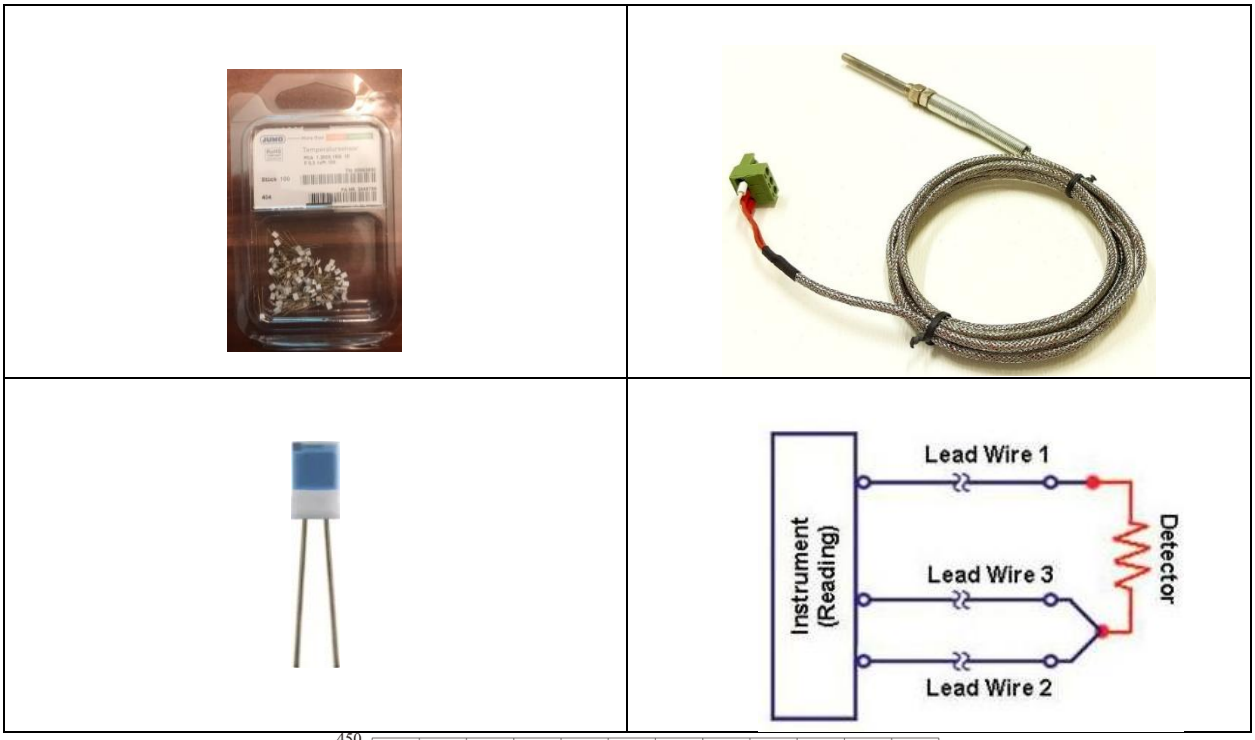
شکل۲ – حسگر دما و رطوبت هوای اطراف شلتوک از نوع SHT20 به همراه جداول فنی و اطلاعات عملکرد

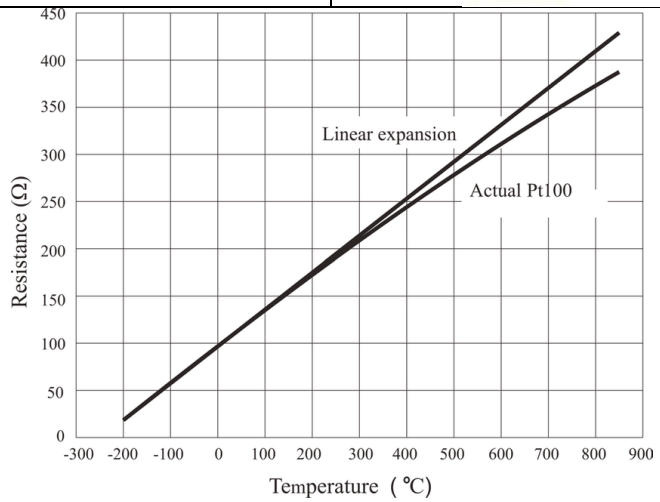
حسگر دمای هوای محیط از نوع دیجیتال مدل DS18B20 برند Dallas آمریکا بود و تصاویر و نمودارهای مربوطه در شکل ۳ ارایه شده است.



شکل ۳- سنسور دمای هوای محیط از نوع دیجیتال مدل DS18B20 به همراه جداول فنی و اطلاعات عملکرد

حسگر دمای مشعل از نوع آنالوگ و صنعتی PT100 با برند JUMO کشورآلمان بود. خروجی این حسگر در محدوده کاری (بین ۲۰ تا ۸۰ درجه سلسیوس) با دقت خوبی بصورت خطی بود. همچنین خطای اثر کابل با اندازه گیری به روش ۳ سیمه حذف شده و خطای Self-heating نیز رفع گردید. در ضمن امکان کالیبراسیون و آفست گیری برای سنسور نیز در نظر گرفته شده بود. تصاویر و نمودارهای مربوطه در شکل ۴ ارائه شده است.





شکل ۴- سنسور دمای مشعل از نوع PT100 به همراه جداول فنی و اطلاعات عملکرد

اصول کار سامانه کنترل خودکار بدین صورت بود که ابتدا دما و رطوبت هوای اطراف توده شلتوک در مخزن خشک کن و هوای خارج شده ازکوره(هوای ورودی به محفظه خشک کن) و هوای اطراف دستگاه توسط سنسورهای مربوطه دریافت شده و خشک کن با حداکثر ظرفیت گرمایی تعریف شده هوای گرم را به داخل توده شلتوک داخل خشک کن هدایت می کرد. با گذشت زمان و کاهش رطوبت شلتوک در مخزن خشک کن، رطوبت شلتوک توسط رابطه Modified Chung-Pfost تخمین زده شده سپس فرمان لازم برای کاهش ورود گاز صادر می شد. در

مرحله بعد از طریق دمپرها و شیرهای کنترل مقدار گاز وارد شده به مشعل متناسب با رطوبت و دمای شالی تغییر کرده و دمای مشعل کم می گردید. همچنین متناسب با شعله مشعل، میزان و شدت هوای خارج شده از فن نیز به تدریج کاهش می یافت. در واقع تغییرات هوای اطراف خشک کن که با سنسور کنار تابلو اندازه گیری می گردید که مشخص کننده تغییرات شعله اجاق بود. این کار بخصوص در شب که هوا کمی خنک تر است، موجب افزایش شعله و یکنواختی خشک شدن در طول شبانه روز می گردید. در واقع زمان کنترل مشعل از دو مسیر رسیدن رطوبت شلتوک به رطوبت مقصد (۸ درصد) و هم از طریق دمای شالی به دمای تعیین شده کنترل می شد تا شالی دچار بیش گرمایی و بند افتادن نشده و عملیات تبدیل با دانه شکسته کمتری انجام شود. همچنین اگر دمای شالی از حدود تعریف شده بیشتر می شد خودش شعله مشعل را کم کرده یا آن را خاموش می کرد. این روند تا تخمین رسیدن شلتوک به رطوبت مناسب (حدود ۸ درصد) برای تبدیل به برنج سفید ادامه داشت. اجزاء تکمیلی سامانه های کنترل خودکار تغییرات دمای خشک کنهای شالی ساخته شده توسط شرکت پارسان در شکل های ۵ و ۶ ملاحظه می شود.

شکل ۵- تابلو کنترل سامانه خودکار خشک کن شالی

شکل ۶- دمپر هوا و شیر کنترل گاز ورودی مشعل

روند انجام تحقیقات میدانی

این تحقیق در استان گیلان انجام و برای خشک کردن شلتوک از رقم رایج در استان (رقم هاشمی) استفاده شد. در کارخانه های شالیکوبی انتخاب شده سامانه های کنترل خودکار بر روی تعدادی از خشک کنهای خوابیده نصب گردید که در ادامه بدان اشاره خواهد شد. در شهرهای مختلف استان گیلان از ۹ کارخانه شالیکوبی بازدید شده و اطلاعات لازم هر کدام از کارخانه ها بدست آمد(جدول ۱).

جدول ۱- کارخانه های شالیکوبی بازدید شده در استان گیلان

ردیف	نام کارخانه شالیکوبی	مالک	آدرس
۱	بوستان خزر تالش	فریدون دشتیاری	تالش – میدان نماز
۲	گیلان نمونه	بهروز ابراهیمی	پونل – نرسیده به رستوران هانی
۳	سجودی	ناصر سجودی	لشت نشا- روستای فخر آباد
۴	رضوان تجارت	بختیاری- علی الهیاری	رضوان شهر- وینج محله
۵	بابک	محمد حسن پور	بندر کیاشهر- روستای لوخ
۶	بوستان عرش	رضویان	صومعه سرا- زیابر بهمبر
۷	گلستان	مختار نوزاد	پره سر- پایین تر از اداره گاز
۸	کبیر	احسان اله رویانفر	لاهیجان- رودبنه روستای سراجار
۹	ممتازگیلان	محرمعلی اصغرپور	آستانه اشرفیه-صفرا بسته بالا

در سه کارخانه بوستان خزر تالش، رضوان تجارت و کبیر اقدام به داده برداری میدانی از فرایند خشک شدن شلتوک‌ها شد و در هر کدام از سه کارخانه منتخب فرایند خشک کردن شلتوک در خشک کنهای دارای سامانه های کنترل خودکار و خشک کنهای فاقد سامانه (خشک کنهای شاهد) مورد بررسی قرار گرفت. لازم بذکر است محموله های مورد بررسی در خشک کنهای هر کارخانه از یک مزرعه برداشت شده بود. تاثیربکار بردن سامانه کنترل خودکار یا عدم استفاده از آن در خشک کن های خوابیده توسط پارامترهای زیر بررسی شد. روش ارزیابی هر کدام از این پارامترها در ادامه ارایه شده است.

۱. سنجش عملکرد سامانه کنترل خودکار
۲. تغییرات رطوبت (سینتیک) و زمان خشک کردن شلتوک
۳. روند تغییرات رطوبت و دمای شلتوک در لایه های مختلف خشک کن
۴. انرژی مصرفی خشک کردن شلتوک برای هر محموله
۵. کیفیت تبدیل شلتوک خشک شده (راندمان تبدیل، راندمان برنج سفید سالم، درصد برنج سفید سالم)
۶. ارزیابی اقتصادی بکارگیری سامانه های کنترل خودکار برای خشک کردن شلتوک

سنجش عملکرد سامانه کنترل خودکار

به منظور سنجش عملکرد سامانه کنترل خودکار برای تخمین رطوبت شلتوک در هر کارخانه ، همزمان با ثبت دادهای برداشت شده توسط سامانه کنترل، مقدار دما و رطوبت شلتوک ها نیز بصورت دستی توسط اپراتور به شرح زیر اندازه گیری و با داده های بدست آمده از سامانه کنترل مقایسه شد. برای این منظور آزمون تی استیودنت (T- student) در سطح احتمال ۵ درصد با ۲۰ تکرار استفاده شد. همچنین همبستگی بین داده های هر دو روش نیز از طریق رگرسیون و ضریب تعیین (R^2) انجام شد.

تغییرات رطوبت (سینتیک)، دما و زمان خشک شدن شلتوک

برای اندازه گیری زمان خشک کردن شلتوک ها از روند تغییرات رطوبت محصول در حین فرایند استفاده شد. تغییرات رطوبت شلتوک با استفاده از یک دستگاه رطوبت سنج دیجیتالی قابل حمل ساخت کره با مارک G-WON GMK 303 اندازه گیری شد. دستگاه مذکور با روش وزنی مطابق با استاندارد ASAE S352.2 برای شلتوک‌های ایرانی کالیبره شد(Anonymous, 2003). برای اندازه گیری دمای اطراف شلتوک (دمای شالی) نیز از یک دما سنج چهار کاناله دیجیتال(Lutron TM-903A) با دقت ۰/۱ درجه بعنوان دما سنج مرجع استفاده شد. نمونه هر دو دستگاه در شکل ۷ ارایه شده است. در هر دستگاه خشک کن، نمونه گیری از محصول در حین فرایند و

مقایسه تغییرات رطوبت شلتوک در زمانهای مختلف تا زمان خشک شلتوک ادامه داشت. روند تغییرات رطوبت شلتوک در بازه های زمانی ۱۲۰ دقیقه ای در فرم داده برداری ثبت شده و مدت زمان رسیدن به رطوبت مناسب (۸ درصد بر پایه تر) برای تبدیل شلتوک مشخص شد.

شکل ۷- دما سنج و رطوبت سنج دانه مورد استفاده در تحقیق

روند تغییرات رطوبت و دمای شلتوک در لایه های مختلف خشک کن

اندازه گیری تغییرات رطوبت و دمای شلتوک در فواصل ۱۲۰ دقیقه ای در سه لایه پایین مخزن خشک کن(نزدیک کف)، لایه وسط و لایه بالای مخزن خشک(سه تا ۵ سانتی مترپایین تر از سطح مخزن) انجام شد. برای اندازه گیری دما و رطوبت شالی در لایه های ذکر شده نیز از همان دما سنج دیجیتال و برای اندازه گیری رطوبت دانه های شلتوک نیز از بمبو نمونه گیر (شکل ۸) در سه لایه ذکر شده استفاده شد. نحوه اندازه گیری رطوبت شلتوک در لایه ها بدین صورت بود که با استفاده از بمبو نمونه گیری مقداری شلتوک از لایه (عمق) مورد نظر گرفته شده و به دستگاه رطوبت گیر دانه منتقل شد. پس از آن رطوبت نمونه اندازه گیری گردید. برای اندازه گیری دمای شلتوک نیز سنسور دما سنج به یک میله چوبی متصل شده و در عمق مورد نظر دمای شلتوک اندازه گیری شد (شکل۹).

شکل ۸- بمبو نمونه گیری شلتوک از لایه های مختلف خشک کن

شکل ۹- اندازه گیری دمای شلتوک در لایه های مختلف خشک کن

تغییرات دما و رطوبت هوا در محیط اطراف خشک کن

به منظور اندازه گیری تغییرات دما و رطوبت هوای محیط اطراف خشک کنها از یک باد سنج/ رطوبت سنج دیجیتالی Lurton AM-4205A استفاده شد.

انرژی مصرفی خشک کردن شلتوک

علاوه بر موارد ذکر شده تحلیلی بر انرژی مصرفی خشک کردن شلتوک در هر کدام از کارخانه های ذکر شده نیز انجام شد. برای این منظور انرژی مصرفی در هر کارخانه شالیکوبی که شامل انرژی حرارتی سوخت (گازطبیعی) و انرژی الکتریکی با استفاده از فیش های برق و گاز مصرفی در دوره های ۲۸ روزه کاری در یک فصل کاری برای هر کارخانه محاسبه شد. معمولاً به هنگام فصل کاری در یک کارخانه شالیکوبی عمده مصرف سوخت برای خشک

کردن بوده و برق مصرفی برای خشک کنها مربوط به دمنده های هوا (فن) مورد استفاده در آنها است. لذا در این تحقیق انرژی الکتریکی خشک کردن شلتوک با استفاده از توان مصرفی الکتروموتورهای فن خشک کنها و مدت زمان کار کرد آنها بر حسب کیلو وات محاسبه و به مگا ژول تبدیل شد. برای مشخص نمودن مقدار گاز مصرفی نیز از قبض پرداختی و اطلاعات صاحبان کارخانه ها استفاده شد. مطابق با تحقیقات قبلی ۹۰ درصد از مقدار گاز مصرفی در فصل کاری هر کارخانه به خشک کنها اختصاص داده شد(گازر، ۱۳۹۳). علاوه بر آن اطلاعات مربوط به مقدار شلتوک ورودی در یک دوره کاری در هر کارخانه نیز بدست آمد. پس از آن با توجه به ارزش حرارتی هر متر مکعب گاز، انرژی حرارتی مصرفی خشک کردن شلتوک محاسبه شد. همچنین مدت زمان لازم جهت خشک کردن شلتوکها با حداکثر ظرفیت کاری آنها از هر کارخانه با داده برداری میدانی بدست آمد. با تقسیم مقدار کل انرژی مصرفی(حرارتی و الکتریکی) محاسبه شده بر مقدار شلتوکهای ورودی ، مقدار انرژی مصرفی برای خشک کردن هر تن شلتوک برحسب (MJ/ton) محاسبه گردید. لازم بذکر است با توجه به میزان ارزش حرارتی یک متر مکعب گاز طبیعی ایران (۸۶۰۰Kcal) و تبدیل واحد انجام شده میزان انرژی ایجاد شده از سوخت هر متر مکعب گاز طبیعی ۳۶۰۰۶/۴۸ KJ محاسبه شد(Anonymous, 2007).

انرژی ویژه مصرفی برای خشک شدن شلتوک

همچنین در این تحقیق مقدار انرژی ویژه مصرف شده برای تبخیر یک کیلوگرم رطوبت از شلتوک نیز در کارخانه های بوستان خزر تالش، رضوان تجارت و کبیر محاسبه گردید(Jittanit et al., 2010) . برای این منظور ابتدا مقدار جرم آب خارج شده از شلتوک حساب شده و پس از آن براساس کل انرژی مصرف شده در فرایند، مقدار انرژی ویژه تبخیر رطوبت شلتوک بر حسب کیلو ژول بر کیلوگرم آب تبخیر شده بدست آمد. اندازه گیری مقدار جرم آب خارج از شده از شلتوک ها در حین فرایند خشک شدن با استفاده از رابطه زیر انجام شد (Billiris et al., 2013) (Jittanit et al., 2010).

$$m_w = \frac{m_r \times (MC_i - MC_f)}{100 - MC_f} \qquad (۲)$$

در این رابطه :

m_w = جرم رطوبت تبخیر شده (kg) ، m_r = جرم شلتوک خشک شده (kg) ، MC_i = متوسط رطوبت شلتوک وارد شده به خشک کن (%, w.b.) ، MC_f = متوسط رطوبت شلتوک خارج شده از خشک کن (%, w.b.)

کیفیت تبدیل شلتوک خشک شده

پس از انجام خشک کردن شلتوک ها در کارخانه ها، نمونه به آزمایشگاه موسسه تحقیقات برنج کشور منتقل شده و شلتوک های خشک شده مطابق با رویه استاندارد وتحقیقات قبلی تبدیل به برنج سفید شدند (تجددی طلب، ۱۳۹۳) (حبیبی و یحیی زاده، ۱۳۹۴) (خوش تقاضا و همکاران،۱۳۸۱) (بی نام، ۱۳۸۰). برای ارزیابی شاخص های کیفی راندمان تبدیل[1]، راندمان تبدیل برنج سفید سالم[2]، درصد برنج سفید کامل[3] از آزمون تی استیودنت (T- student) با ۱۶ تکرار استفاده شد. به منظور بررسی اثر روش خشک‌کردن بر کیفیت تبدیل، پوستهٔ اولیهٔ ۱۵۰ گرم شلتوک خشک‌شده به کمک دستگاه پوست‌کن غلتک لاستیکی آزمایشگاهی ساتاکه جدا شد. برای سفید کردن برنج پوست گیری شده(برنج قهوه ای) از سفیدکن آزمایشگاهی نوع اصطکاکی، مک گیل شماره ۲،(Mac Gill No 2) و برای جداسازی سبوس مخلوط خروجی به دست آمده از دستگاه پوست‌کن غلتک لاستیکی استفاده شد. با استفاده از فرمول‌های (۱) و (۲) راندمان تبدیل و راندمان برنج سالم محاسبه گردید. پس از عملیات پوست‌کنی و سفید کردن برنج قهوه ای، برنج‌های سفید سالم با الک از برنج‌های شکسته جدا شدند. درصد برنج سفید کامل، بر اساس نسبت وزن برنج سفید کامل (گرم) به وزن کل برنج سفید شده با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد.

$$\text{راندمان تبدیل } (\text{درصد}) = \frac{\text{وزن برنج سفید(سالم+خرد)(گرم)}}{\text{وزن شلتوک(گرم)}} \times ۱۰۰ \qquad (۳)$$

$$\text{راندمان تبدیل برنج سفید } (\text{درصد}) = \frac{\text{وزن برنج سفید سالم(گرم)}}{\text{وزن شلتوک(گرم)}} \times ۱۰۰ \qquad (۴)$$

$$\text{برنج سفید کامل } (\text{درصد}) = \frac{\text{وزن برنج سفید سالم (گرم)}}{\text{وزن برنج سفید(سالم+خرده)(گرم)}} \times ۱۰۰ \qquad (۵)$$

[1] . Milling yield
[2] . Head rice yield
[3] . Whole rice percentage

ارزیابی اقتصادی بکارگیری سامانه های کنترل خودکار برای خشک کردن شلتوک

در این تحقیق به منظور ارزیابی اقتصادی بکارگیری سامانه های کنترل خودکار برای خشک کردن شلتوک (رقم هاشمی دانه بلند مرغوب) در مقایسه با خشک کنهای فاقد سیستمهای کنترل خودکار از تکنیک بودجه بندی و شاخص های سودآوری(نسبت فایده به هزینه و نرخ بازده داخلی) استفاده شد (اسکونژاد، ۱۳۷۵)(اسدی و همکاران، ۱۴۰۴). به این صورت که در مرحله نخست، هزینه طراحی و ساخت سامانه (هزینه های دمپر هوا و شیر کنترل گاز ورودی مشعل، هزینه سنسورهای دما و رطوبت هو و هزینه تابلو کنترل) و سپس هزینه نصب این سامانه به عنوان هزینه های سرمایه ای بکارگیری سامانه کنترل کنترل خودکار روی خشک کن خوابیده مشخص گردید. هزینه های جاری بکارگیری سامانه شامل هزینه های استهلاک، تعمییر و نگهداری و هزینه فرصت سرمایه بوده است. در مرحله بعد، در جربان بکارگیری این سامانه در سه کارخانه شالیکوبی(رضوان تجارت، کبیر و بوستان خزر تالش)، میانگین مدت زمان خشک کردن شلتوک و میزان تاثیر این مدت زمان روی مصرف انرژی (برق و گاز)، نیروی کار و ضایعات در شرایط با و بدون بکارگیری از سامانه کنترل خودکار روی خشک کن خوابیده تعیین شد. در نهایت برای اتخاذ تصمیم در مورد اعمال تغییر در محیط فعالیت یا بکارگیری نوآوری مد نظر ، محاسبات مربوطه انجام شد:

۱- درآمد اضافی ناشی ار بکارگیری نوآوری (TR_2): منظور برآورد افزایش درآمدی که در اثر استفاده از نوآوری جدید حاصل می گردد.

۲- هزینه‌ها یا مخارج کاهش یافته ناشی ار بکارگیری نوآوری (TC_1): منظور برآورد مخارجی که در صورت عملی شدن تصمیم، دیگر لازم نخواهد بود.

۳- هزینه‌های اضافی یا افزایش مخارج ناشی ار بکارگیری نوآوری (TC_2): منظور برآورد مخارجی که در صورت اعمال نوآوری یا تصمیم جدید حاصل می‌شود.

۴- درآمد کاهش یافته یا کاهش درآمد ناشی ار بکارگیری نوآوری (TR_1): منظور برآورد درآمدی که با عملی شدن تصمیم جدید از دست می‌رود.

در این روش، درآمدهای اضافی ناشی ار بکارگیری نوآوری (TR_2)، همان ارزش ریالی صرفه جویی های ناشی از مصرف انرژی، استفاده از نیروی کار می باشد. هزینه‌های اضافی ناشی ار بکارگیری نوآوری (TC_2)، هزینه های سرمایه ای و جاری (هزینه های ساخت، نصب، استهلاک و تعمییر و نگهداری سامانه) می باشند. درآمد کاهش یافته (TR_1)، مربوط به هزینه فرصت سرمایه می باشد که به نوعی درآمد از دست رفته ای است که در اثر بکارگیری نوآوری یا تصمیم جدید، از شرایط مرسوم استفاده نشده است.

در این تحلیل برای محاسبه هزینه های کل و هزینه های جاری از فرمول های زیر استفاده گردید. هزینه های کل بکار گیری سامانه کنترل خودکار از حاصل جمع هزینه های ثابت سرمایه ای (هزینه ساخت و نصب سامانه) و هزینه های

جاری (هزینه استهلاک، تعمییر و نگهداری و هزینه فرست سرمایه) استفاده گردید.برای محاسبه استهلاک سامانه به عنوان یکی از هزینه های جاری، عمر مفید سامانه کنترل خودکار ۱۰ سال در نظر گرفته شد. روش محاسبه هزینه استهلاک سامانه در فرآیند خشک کردن، روش نزولی بوده است. هزینه تعمییر و نگهداری سامانه ۲/۵ درصد هزینه ساخت سامانه در نظر گرفته شد(اسکو نژاد، ۱۳۷۵)(نجفی، ۱۳۸۷):

$$TC = \mathrm{TVC} + \mathrm{TFC} \quad (۶)$$

$$\mathrm{Di} = \frac{2}{\mathrm{n}}[\mathrm{Book\ Value}] \quad (۷)$$

$$\mathrm{Book\ Value} = [\mathrm{Pi} - \ \mathrm{accumulated\ depreciation}] \quad (۸)$$

به طوری که:

TC: هزینه های کل بکارگیری سامانه، TVC: هزینه های متغیر جاری ، TFC: هزینه های سرمایه ای ، Di: استهلاک سامانه کنترل خودکار به روش نزولی، n: عمر مفید سامانه، Book Value: ارزش دفتری، Pi: هزینه اولیه ساخت سامانه، accumulated depreciation: استهلاک تجمعی

با توجه به سال طراحی و ساخت سامانه کنترل خودکار (۱۴۰۲)، اصول اقتصاد مهندسی حکم می کند ارزیابی اقتصادی طی دوره ده سال انجام پذیرد. به همین منظور لازم است ابتدا معادل‌سازی داده های درآمدی و هزینه ای به سال ساخت با استفاده از روش ارزش کنونی و فرمول پرداخت یکبار در اقتصاد مهندسی با میانگین نرخ بلندمدت سپرده بانکی بانک‌ها (۲۵ درصد) انجام پذیرد. بعد از معادل سازی داده ها به سال تحلیل، ارزیابی اقتصادی با استفاده از شاخص های نسبت فایده به هزینه و نرخ بازده داخلی انجام شد. نسبت فایده به هزینه حاصل ارزش کنونی منافع به ارزش کنونی هزینه هاست و بیانگر آن است که به ازای یک ریال سرمایه گذاری در ایجاد نوآوری چند ریال منفعت ایجاد خواهد شد. این معیار با واحد سنجیده میشود، یعنی اگر نسبت فایده به هزینه برآورد شده بزرگتر از یک شد، اعمال نوآوری اقتصادی است. نرخ بازده داخلی نرخی است که ارزش کنونی خالص بکارگیری سامانه را برابر صفر نماید. این معیار با نرخ سپرده بلندمدت بانکی سنجیده میشود، یعنی اگر نرخ بازده داخلی برآورد شده بزرگتر از نرخ سپرده بلندمدت بانکی باشد، اعمال نوآوری اقتصادی است. برای محاسبه نرخ بازده داخلی از روش آزمایش و خطا در اقتصاد مهندسی استفاده گردید(سلطانی، ۱۳۸۷).

$$\mathrm{P} = \mathrm{F}/[(1+\mathrm{i})\hat{}\mathrm{t}] \quad (۹)$$

$$\mathrm{BCR} = \left[\frac{PVB}{PVC_}\right] \quad (۱۰)$$

(۱۱) IRR = [نرخ بهره پائین + (تفاوت دو نرخ فرضی) × (نرخ پائین و بالا/ارزش کنونی خالص با نرخ پائین) × (قدرمطلق دو ارزش کنونی خالص] × ۱۰۰

به‌طوری که:

P: ارزش کنونی سامانه کنترل خودکار، F: ارزش آتی سامانه ، t , i: به ترتیب سال و نرخ بلندمدت سپرده بانکی بانک‌ها، BCR: نسبت فایده به هزینه، PVB: ارزش کنونی منافع ، PVC: ارزش کنونی هزینه ها ، NPV: ارزش کنونی خالص

قاعده کلی برای عملی شدن تصمیم در روش بودجه‌بندی جزیی وقتی است که مجموع منافع اضافی و کاهش هزینه-های اعمال نوآوری (نصب سامانه کنترل خودکار روی خشک کن خوابیده) بجای شرایط مرسوم در دوره تحلیل بیشتر از مجموع هزینه‌های اضافی و کاهش درآمد باشد، به عبارت دیگرعملی نمودن تصمیم یا اعمال نوآوری در عملیات خشک کردن شلتوک وقتی اقتصادی است که:

$$TR_2 + TC_1) > TC_2 + TR_1 \quad (۱۲)$$

$$1BCR > \quad (۱۳)$$

$$IRR > i \quad (۱۴)$$

رضایت مندی عملکرد کارخانه های شالیکوبی از سیستمهای کنترل خودکار خشک کن

در این تحقیق علاوه بر موارد ذکر شده بالا میزان رضایت مندی ۲۵ کارخانه از عملکرد سامانه های کنترل خودکار خشک کنهای شلتوک با استفاده از فرم رضایتمندی (جدول ۲) در سال ۱۴۰۳ بررسی شد. پس از جمع آوری داده ها با استفاده از روش درصد گیری، پارامترهای ذکر شده مورد تحلیل قرار گرفت(بی نام، ۱۴۰۴)

جدول۲- پرسشنامه عملکرد سامانه کنترل هوشمند خشک کن شالیکوبی پارسان

ردیف	تاثیر سامانه کنترل خودکار بر پارامترهای مختلف در شالیکوبی	تاثیر مثبت	بی تاثیر	تاثیر منفی
۱	میزان تاثیر کاهش مصرف انرژی و زمان خشک کردن شالی			
۲	میزان تاثیر بر کاهش ضایعات شالی در فرایند خشک کردن			
۳	میزان تاثیر بر کیفیت برنج نهایی			
۴	میزان تاثیر بر مدیریت و کنترل بهتر عملکرد خشک کنها			
۵	میزان تاثیر بر کاهش هزینه های مسئول فنی و نیروی انسانی			
۶	میزان تاثیر بر کاهش استرس و خطاهای انسانی در خشک کردن			

نتایج و بحث

اطلاعات پایه از کارخانه شالیکوبی شلتوک در تحقیق

در این تحقیق به ۹ کارخانه شالیکوبی دارای سیستمهای کنترل خودکار خشک کن واقع در قسمتهای غربی تا قسمتهای شرقی استان گیلان مراجعه شده و برخی اطلاعات عمومی مربوط به خشک کنهای مورد استفاده در کارخانه از ایشان بدست آمد. در کارخانه های بررسی شده عمده شلتوکهای خشک و تبدیل شده برنج رقم هاشمی بود. این کارخانه ها غالباً دارای خشک کنهای خوابیده مرسوم و سیستم های کنترل خودکار بودند. اطلاعات عمومی کارخانه های ذکر شده در جدول ۳ ارایه شده است.

جدول۳- اطلاعات کارخانه های شالیکوبی بازدید شده دراستان گیلان(شهریور۱۴۰۲)

نام کارخانه	آدرس	ظرفیت تبدیل سالیانه شلتوک تر (تن)	تعداد خشک کنهای مرسوم مورد استفاده (عدد)	ظرفیت بارگیری هر خشک‌کن(تن)	تعداد خشک کنهای دارای سیستم کنترل خودکار(عدد)
شالیکوبی کبیر(رویان فر)*	رودبنه – روستای سراجار	۸۰۰-۶۰۰	۱۸	۳	۶
گلستان(نوزاد)	شهرستان پره سر	۱۰۰۰	۲۴	۱۰-۶-۵	۲۴
بوستان عرش(رضویان)	صومعه سرا-روستای زیابر	۱۰۰۰	۱۵	۷	۱۵
بابک (حسن پور)	کیاشهر-روستای لوخ	۱۰۰۰-۹۰۰	۱۶	۴-۳	۱۶
رضوان تجارت(بختیاری) *	رضوانشهر-وینج محله	۲۰۰۰	۱۳	۶	۱۳
بوستان خزر تالش(دشتیاری) *+	تالش- جاده تازه آباد	۹۰۰۰	۱۲	۸-۶	۱۲
گیلان نمونه(بنیادی)	پونل-نرسیده به روستای هانی	۱۰۰۰-۸۰۰	۱۱	۷	۱۱
سجودی	لشت نشا- جاده زیبا کنار	۸۰۰-۶۰۰	۹	۴-۳	۹
ممتازگیلان(اصغرپور)	آستانه اشرفیه-روستای صفرا بسته بالا	۱۰۰۰-۸۰۰	۲۵	۴	۲۵

*- کارخانه هایی که عملیات داده برداری خشک کردن شلتوک در آنها انجام شد.

+- ظرفیت خشک کنی در فصل برداشت ۲۰۰۰ تن می باشد

همانگونه که در جدول مشخص می باشد به غیر از یک مورد (بوستان خزر تالش) که در ۱۲ ماه سال فعال است، متوسط ظرفیت تبدیل کارخانه تبدیل شالی در کارخانه های بررسی شده در حدود ۱۰۰۰تن شلتوک تر در سال بود. با توجه تحقیقات قبلی در استانهای گیلان و مازندران در سال قبل می توان نتیجه گرفت ظرفیت که تبدیل سالانه بیشتر کارخانه های استانهای شمالی کشور در حدود ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ تن می باشد(گازر و همکاران، ۱۳۹۵ ، علیزاده، ۱۳۹۶).

یک نکته مهم مشاهده شده برای شروع عملیات خشک کردن شلتوک در کارخانه های بررسی شده این بود که از طرف مسئول فنی (مکانیک) هرکارخانه برای کنترل بهتر هر کدام از خشک کنها، اختلاف زمان شروع خشک کردن محموله جدید برای خشک کنهای دارای ظرفیت بارگیری بیشتر از ۶-۵ تن ۳ ساعت و برای خشک کنهای۴-۳ تن ۲ ساعت در نظر گرفته می شد. بررسی ها نشان داد که وجود اتاقک کوره ها موجب ایجاد یکنواختی دمای محیط پیرامون مشعل خواهد شد. این موضوع از این نظر حایز اهمیت است که برای تعیین دمای مبنا (ست پوینت) سامانه کنترل خودکار، دمای اطراف سامانه مبنا عملکرد کوره ها بوده و با تغییرات این دما در طول شب و روز عملکرد مشعل کوره کم یا زیاد می شود. همچنین بررسی های انجام شده نشان داد که اگر بجای دمای محیط اطراف خشک کنها، دمای شالی برای تعیین ست پوینت سامانه استفاده شود نظر گرفته شود عملکرد کنترل حرارت مشعل یکنواختی بهتری خواهد داشت. توجه شود که تغییرات دمای محیط خشک کنها در شب و روز و تابستان و پاییز دارای تغییرات زیادی است و عملکرد مشعل را تحت تاثیر قرار می دهد. همچنین اگر کوره در محیط بسته و یکنواخت (اتاقک کوره) بوده و دارای دمای همگن و تهویه خوبی باشند رطوبت در آنجا محبوس نخواهد شد و میزان عملکرد سامانه های کنترل بهتر می گردد.

سنجش عملکرد سامانه کنترل خودکار

سنجش عملکرد سامانه کنترل خودکار در کارخانه رضوان تجارت، بوستان خزر تالش و کبیر در محدوده رطوبت شلتوک بین ۲۵ تا ۷ درصد بر پایه تر و تغییرات دمای شالی بین ۲۵ تا ۵۴ ^{o}C انجام شد. نتایج آزمون تی استیودنت (T) و مقایسه متوسط داده های دما و رطوبت شلتوک بدست آمده بین رطوبت سنج و سامانه کنترل خودکار در سه کارخانه بررسی شده در جداول ۴ الی ۷ ارایه شده است.

جدول ۴- نتایج آزمون تی استیودنت برای سنجش عملکرد رطوبت سنج سامانه کنترل خودکار

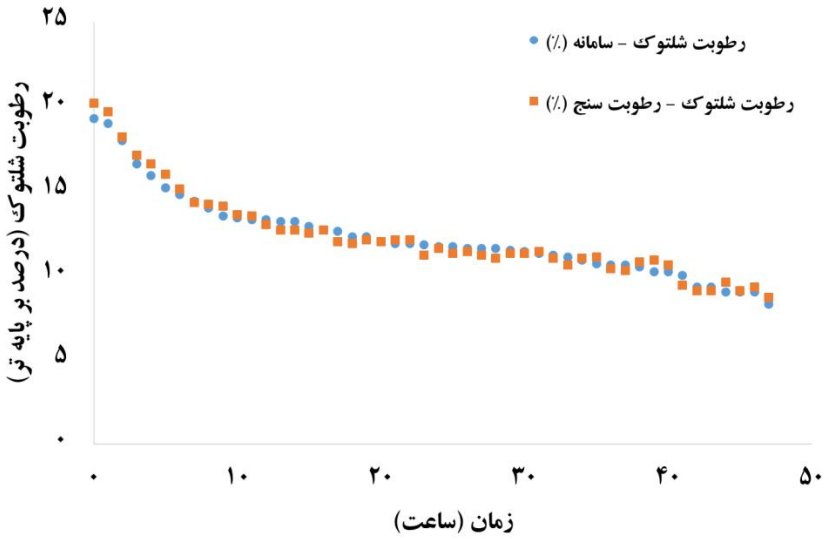
شاخص ارزیابی	درجه آزادی	مقدار T	انحراف معیار داده ها در رطوبت سنج دانه	انحراف معیار داده ها در رطوبت سنج سامانه
رطوبت شلتوک در کارخانه رضوان تجارت	۱۰۶	۰/۱۲ $^{n.s}$	۴/۷۱	۵/۰۸
رطوبت شلتوک در کارخانه بوستان خزر تالش	۹۴	۰/۱۴ $^{n.s}$	۲/۶۶	۲/۴۸
رطوبت شلتوک در کارخانه کبیر	۵۸	۰/۲۴ $^{n.s}$	۲/۵۳	۲/۳۳

n.s. عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد

جدول ۵- مقایسه میانگین داده های رطوبت شلتوک در دستگاههای تحقیق (درصد بر پایه تر)

شاخص ارزیابی	در رطوبت سنج دانه	در رطوبت سنج سامانه	میزان اختلاف
رطوبت شلتوک در کارخانه رضوان تجارت	۱۳/۰۲	۱۳/۱۳	۰/۱۱
رطوبت شلتوک در کارخانه بوستان خزر تالش	۱۲/۴	۱۲/۳	۰/۱۰
رطوبت شلتوک در کارخانه کبیر	۹/۹۴	۹/۷۹	۰/۱۵

بر اساس نتایج جدول ۴ در کارخانه های بررسی شده نتیجه گیری شد که بین عملکرد سامانه کنترل خودکار و دستگاه رطوبت سنج دانه اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ وجود ندارد. همچنین متوسط اختلاف رطوبت ثبت شده با سامانه و رطوبت سنج دانه در محدوده ۰/۱۰ تا ۰/۵۱ درصد بود(جدول ۵). این نتیجه بیانگر عملکرد قابل قبول سامانه در سنجش رطوبت شلتوک در دستگاه خشک کن بود. یک نمونه از روند تغییرات رطوبت شلتوک در سامانه و رطوبت سنج دانه حین فرایند خشک شدن در کارخانه های بررسی شده در شکل ۱۰ ارایه شده است.



شکل ۱۰- تغییرات رطوبت شلتوک حین فرایند خشک شدن در کارخانه بوستان خزر تالش

همانگونه که در شکل مشخص می باشد داده های ثبت شده در هر دو دستگاه در طول فرایند دارای هماهنگی خوبی بودند. این روند در کارخانه های دیگر نیز ملاحظه شد.

جدول ۶- نتایج آزمون تی استیودنت برای سنجش عملکرد دما سنج سامانه کنترل خودکار

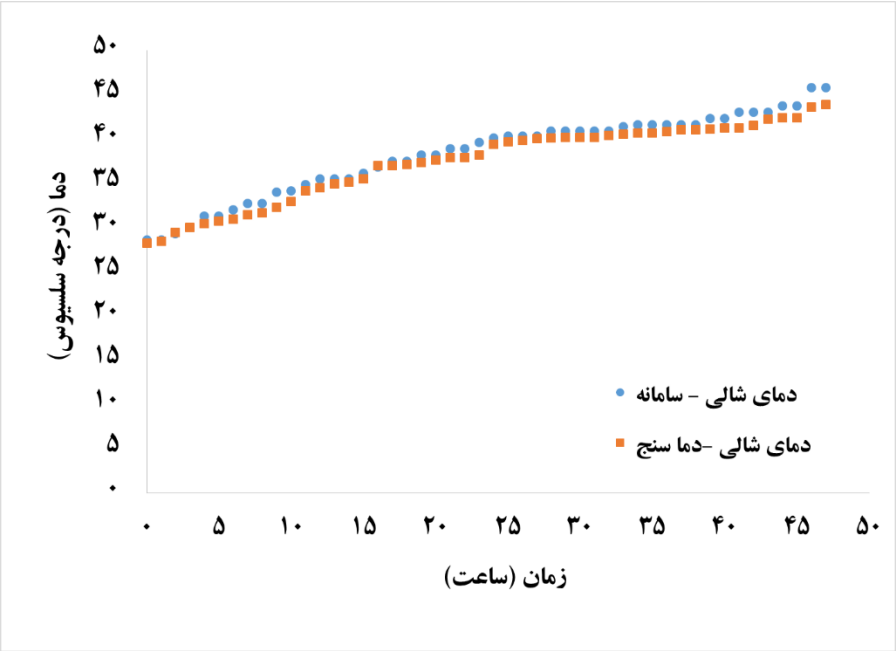
شاخص ارزیابی	درجه آزادی	مقدار T	انحراف معیار داده ها در دما سنج مرجع	انحراف معیار داده ها در دما سنج سامانه
دمای شالی در کارخانه رضوان تجارت	۱۰۶	۰/۶۷ n.s	۵/۴۸	۵/۸۹
دمای شالی در کارخانه بوستان خزر تالش	۹۴	۰/۶۷ n.s	۵/۸۴	۵/۵۶
دمای شالی در کارخانه کبیر		۰/۸۰ n.s	۴/۸۸	۶/۶۶

n.s. عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد

جدول ۷- مقایسه میانگین داده های دما شالی در دستگاههای تحقیق (^{o}C)

شاخص ارزیابی	در دماسنج مرجع	در دماسنج سامانه	میزان اختلاف
دمای شالی در کارخانه رضوان تجارت	۳۶/۱۲	۳۶/۸۵	۰/۷۳
دمای شالی در کارخانه بوستان خزر تالش	۴۰/۳۹	۴۱/۱۶	۱/۷۷
دمای شالی در کارخانه کبیر	۴۱/۲۳	۴۲/۴۴	۱/۲۱

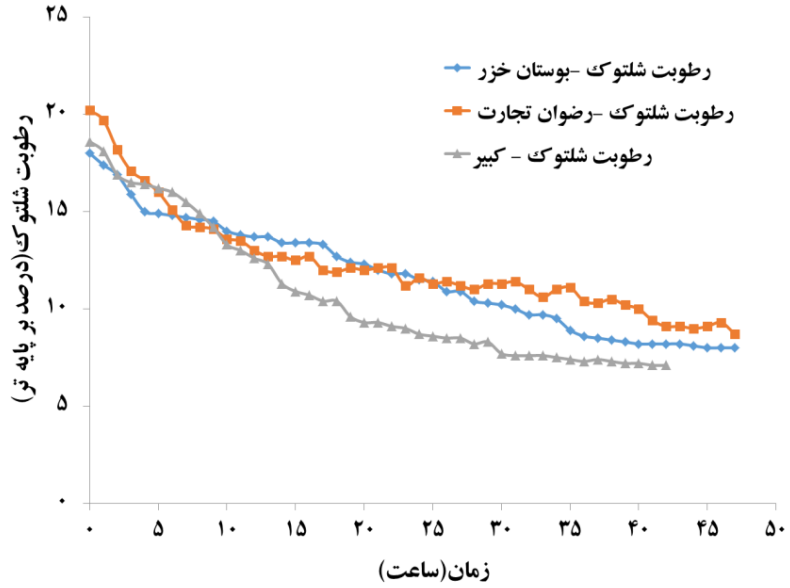
همچنین نتایج جدول ۶ در کارخانه های بررسی شده نیز نشان داد که بین عملکرد سامانه کنترل خودکار و دستگاه دماسنج نیز اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ وجود ندارد. متوسط اختلاف دمای ثبت شده با سامانه و رطوبت سنج دانه در محدوده ۰/۷۳ تا ^{o}C ۱/۷۷ بود(جدول ۷). این نتیجه نشان داد که سامانه کنترل خودکار در سنجش دمای شالی در دستگاه خشک عملکرد قابل قبولی دارد. یک نمونه از روند تغییرات دمای شالی در سامانه و دما سنج مرجع نیز حین فرایند خشک شدن در کارخانه های بررسی شده در شکل۱۱ ارایه شده است. داده ها نشان داد که در بیشتر زمانها دماهای مورداستفاده برای خشک کردن شلتوک ها در حدود توصیه شده قرار داشت(تجددی طلب ، ۱۴۰۱).



شکل ۱۱- تغییرات دمای شالی حین فرایند خشک شدن در کارخانه رضوان تجارت

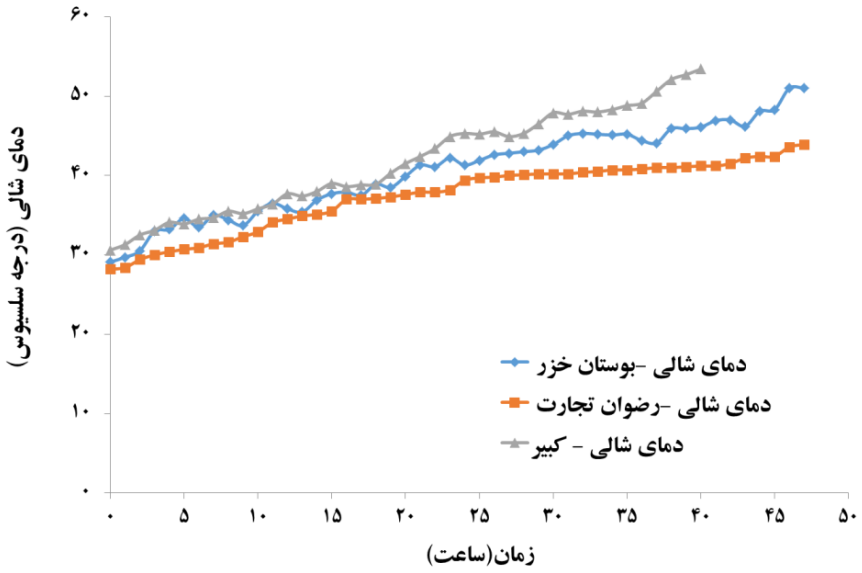
تغییرات رطوبت (سینتیک) و زمان خشک شدن شلتوک

منحنی تغییرات رطوبت دانه (سینتیک خشک شدن)شلتوک درکارخانه های داده برداری شده در شکل ۱۲ ارایه شده است.



شکل ۱۲- منحنی تغییرات رطوبت شلتوک در فرایند خشک شدن

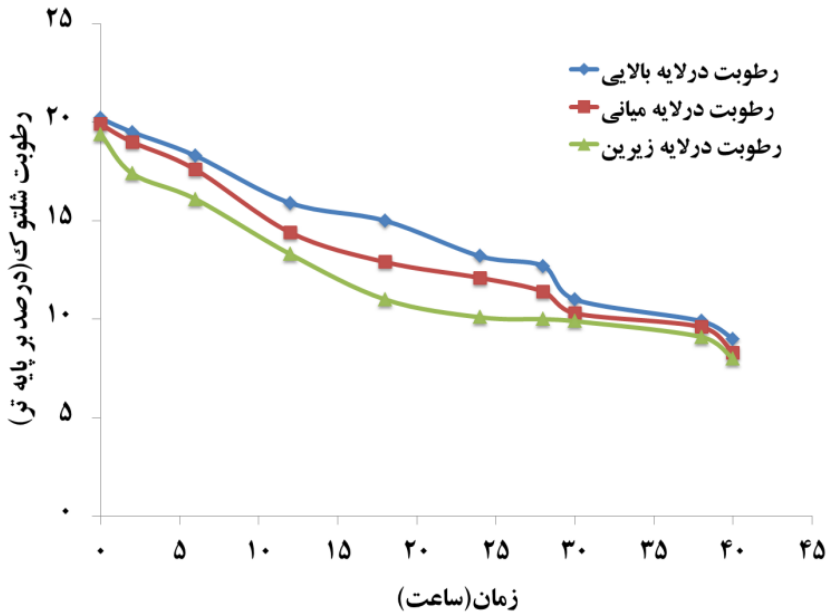
همانگونه که درشکل مشخص می باشد روند تغییرات رطوبت شلتوک در کارخانه کبیر نسبت به دو کارخانه دیگر در سطح پایین تر و سریعتر بود. روند خشک شدن شلتوک در هر سه کارخانه تا حدود ۱۰ تا ۱۲ ساعت اولیه به یکدیگر نزدیک بوده و پس از آن فاصله به تدریج زیاد می شود. این تغییرات ابتدا در کارخانه کبیر و پس از ۲۵ ساعت از شروع فرایند در کارخانه بوستان خزر نیز بیشتر مشهود است. بررسی های انجام شده و تحلیل داده نشان داد که دلیل این موضوع بالا بودن دمای تنظیم شده در کارخانه کبیر نسبت به دو کارخانه دیگر میباشد. تغییرات دما شالی در خشک کن حین فرایند خشک شدن شلتوک برای سه کارخانه بررسی شده در شکل ۱۳ ارایه شده است. همانگونه که در شکل مشخص است تغییرات دمای شالی در هر سه کارخانه تاحدود ۲۰ ساعت پس از شروع در محدوده ۳۰ تا ۳۵ درجه سلسیوس تغییر می کرد. پس از آن حسب تجربه مدیریت فنی هر کارخانه، تنظیمات کوره(مشعل) خشک کن در هر کارخانه فرق کرده و کارخانه کبیر در سطح بالاتری از دما اقدام به خشک کردن نهایی شلتوک کرده است. در نتیجه مدت زمان خشک شدن شلتوک کوتاهتر شده است. پس ازآن کارخانه بوستان خزر از سطح دمای بالاتری برای خشک کردن شلوک استفاده نمود. داده ها نشان داد که در کارخانه های بوستان خزر و رضوان تجارت که در تالش درمنطقه غربی استان گیلان هستند، هماهنگی بیشتری نسبت به شرق استان در تنظیمات خشک کنهای شلتوک وجود دارد. داده های بدست آمده نشان داد که برای خشک کردن شلتوک (رساندن رطوبت دانه هابه ۸ درصد بر پایه تر) در کارخانه کبیر حدود ۳۰ ساعت زمان نیاز بود. در حالیکه مدت زمان لازم برای خشک کردن شلتوک در کارخانه های بوستان خزر و رضوان تجارت به ترتیب ۴۰ و ۴۷ ساعت بود. این موضوع بیانگر تنوع تجربه و مدیریت کارخانه ها شالیکوبی در استانهای شمالی بوده و قبلا هم این موضوع در تحقیقات قبلی ملاحظه شده است(گازر، ۱۳۹۳)(علیزاده، ۱۳۹۶)(لطیفی، ۱۴۰۱). البته لازم به ذکر است که رطوبت شلتوک ورودی مقدار بار ورودی در هر خشک کن و شرایط آن نقش بسیار مهمی در تنظیم هوادهی و تغییرات دمای مورد استفاده در خشک کنهای برنج داشته و بر زمان خشک شدن شلتوک موثر است. ظرفیت بارگیری خشک کنهای شالیکوبی کبیرکمتر از دو کارخانه دیگر بود. تاثیر بار ورودی به خشک و میزان هوادهی بر زمان خشک شدن شلتوک نیز قبلا بررسی شده بود(علیزاده ، ۱۳۹۶).



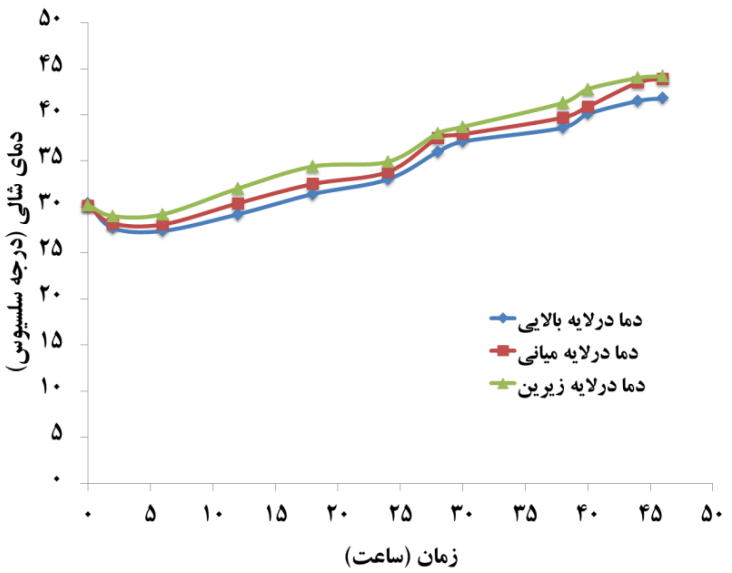
شکل ۱۳- منحنی دمای شالی در فرایند خشک شدن

روند تغییرات رطوبت و دمای شلتوک در لایه های مختلف خشک کن

روند تغییرات رطوبت و دمای دانه های شلتوک در لایه های زیرین، میانی و بالای خشک کن خوابیده شلتوک در کارخانه رضوان تجارت گیلان اندازه گیری و بصورت شکل های ۱۴ و ۱۵ ارایه شده است.



شکل ۱۴- روند تغییرات رطوبت شلتوک در لایه های مختلف خشک کن خوابیده



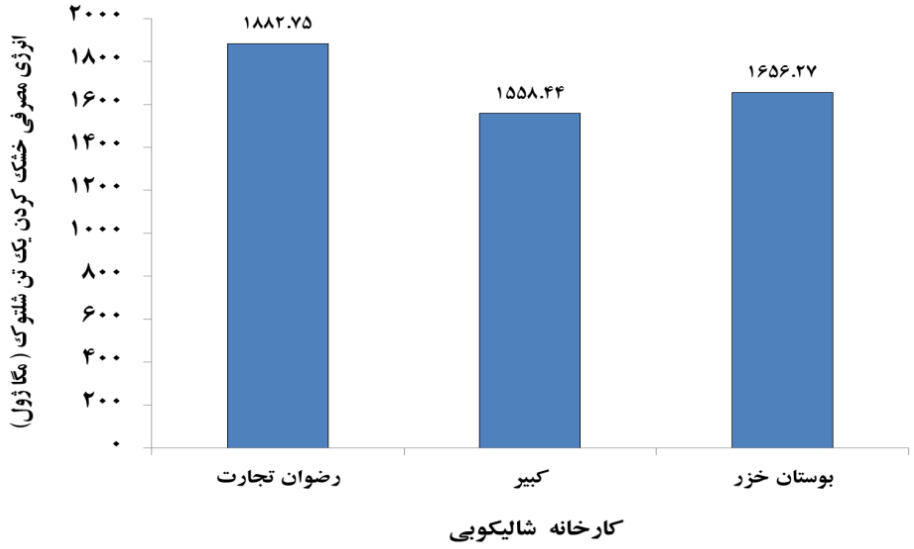
شکل ۱۵- روند تغییرات دمای شلتوک در لایه های مختلف خشک کن خوابیده

همانگونه که در شکل ها ملاحظه می شود تغییرات رطوبت شلتوک در ابتدای فرایند در سه لایه یکسان بوده و در حدود ۲۰درصد بر پایه تر بود. با گذشت زمان و گرم شدن شلتوک ها در داخل خشک کن اختلاف رطوبت در لایه های مختلف بیشتر شده و پس از گذشت حدود ۱۸ ساعت به اوج خود رسید. در این زمان اختلاف بین رطوبت لایه بالا و پایین حدود ۴ درصد بود. با گذشت زمان و خشک شدن لایه های بالاتر این اختلاف کمتر شده و پس از گذشت ۳۰ ساعت به کمترین مقدار خود رسید. در این زمان و تا انتهای فرایند اختلاف رطوبت لایه های شلتوک در خشک کن کمتر از ۱/۵ درصد بود. در مورد تغییرات دما شلتوک در خشک کن نیز در ابتدا شلتوک هر سه لایه در حدود ۳۰ درجه سلسیوس بود و با گذشت زمان و عملکرد مشعل دمای شلتوک ها ابتدا کمی کاهش(جذب حرارت) و بتدریج افزایش یافت. با گذشت زمان اختلاف دمای لایه ها بیشتر شده و تا حدود ۳/۵ درجه ملاحظه شد. با کاهش رطوبت به کمتر از ۱۰ درصد و خشک شدن شلتوک این اختلاف در حدود ۲ درصد بین لایه بالا و پایین باقی ماند. داده ها نشان دادند که در مراحل پایانی دمای لایه میانی به دمای لایه پایینتر نزدیک شده است. نتایج بدست آمده در تحقیقات قبلی نیز مشاهده شد(گازر، ۱۳۹۶). لازم بذکر است اگر شلتوک های لایه های پایین تر مدت زیادی در دماهای بالا باقی بمانند شانس ترک خوردگی در آنها افزایش یافته و در صد خرد برنج به هنگام فرایند تبدیل افزایش خواهد یافت. تحقیقات پیشین نشان داد که دماهای بیش از $50^{o}C$ و ماندن زیاد شلتوک درخشک کن شانس ترک خوردگی بطور معنی داری افزایش می‌دهد(لطیفی،۱۳۹۳; تجددی طلب، ۱۳۹۳). لذا پیشنهاد میشود که از خشک کنهای جریان گردشی برای خشک

کردن شالی استفاده نموده یا از یک سیستم همزن مکانیکی برای جابجایی لایه های زیرین و رویی استفاده گردد(لطیفی و همکاران، ۱۴۰۱) (گازر و مومنی، ۱۳۹۸).

انرژی مصرفی خشک کردن شلتوک

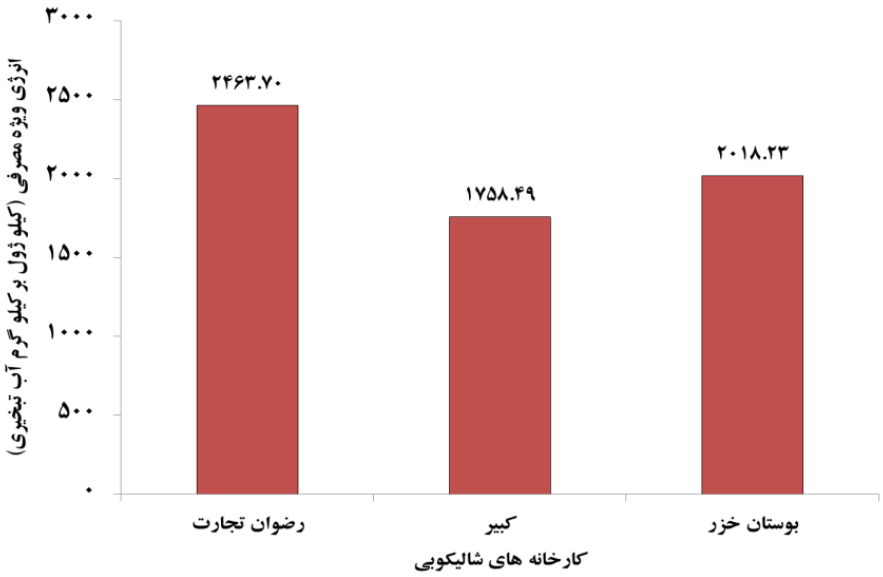
انرژی مصرف شده برای خشک کردن یک تن شلتوک در کارخانه های بررسی شده در شکل ۱۶ ارایه شده است. همانگونه که در شکل مشخص است محدوده انرژی مصرف شده برای خشک کردن هر تن شلتوک بین ۱۵۰۰ تا ۱۹۰۰ مگا ژول تغییر می کرد. این تغییرات تابعی از مقدار محصول وارد شده به خشک کن(ظرفیت خشک کن)، دماهای خشک کردن و مدت زمان انجام فرایند بود. با توجه به موارد ذکر شده کمترین انرژی مصرفی برای خشک کردن یک تن شلتوک در کارخانه کبیر بدست آمد که در حدود ۱۵۶۰ مگا ژول بود. در این کارخانه ظرفیت هر کدام از خشک کنها ۳ تن و مدت زمان لازم خشک کردن شلتوک از دو کارخانه دیگر ۱۰ ساعت کوتاهتر بود. در تحقیقات قبلی انرژی مصرفی برای خشک کردن یک تن شلتوک رقم هاشمی در خشک کن خوابیده در مدت زمان ۲۸ ساعت حدود ۹۱۱ مگاژول بدست آمد(گازر، ۱۳۹۶). در تحقیقات علیزاده نیز محدوده انرژی مصرفی خشک کردن یک تن شلتوک بین ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ مگا ژول گزارش شده است(علیزاده، ۱۳۹۶).



شکل ۱۶- انرژی مصرفی خشک شدن شلتوک در کارخانه های تحقیق

مقدار انرژی ویژه مصرفی برای خشک شدن شلتوک

انرژی ویژه مصرف شده برای تبخیر یک کیلوگرم آب از شلتوک های خشک شده کارخانه های بررسی شده در شکل ۱۷ ارایه شده است.



شکل ۱۷- انرژی ویژه مصرفی برای خشک کردن شلتوک

همانگونه که در شکل ملاحظه می شود انرژی ویژه مصرفی برای خشک کردن شلتوک در کارخانه ها بررسی شده از محدوده ۱۷۰۰ تا ۲۵۰۰ (کیلو ژول بر کیلو گرم آب تبخیر شده) تغییر می کرد. در کارخانه های بوستان خزر و رضوان تجارت این مقدار در محدوده بالاتری نسبت به کارخانه کبیر بود. دلیل این موضوع بکارگیری خشک کنهای با ظرفیت بالاتر در این دو کارخانه بود. خشک کنهای دو کارخانه مذکور دارای متوسط ظرفیت ۶ تن شلتوک بودند در حالیکه ظرفیت بارگیری خشک کنهای کارخانه کبیر ۳ تن شلتوک بود. همچنین ماندگاری بیشتر شلتوک در خشک کن های بزرگتر نیز بر انرژی مصرفی موثر بوده و آن را افزایش داد. در تحقیق قبلی انرژی ویژه مصرفی برای خشک کردن شلتوک در خشک کن ایستاده گردش مجدد ۳۹۰۰ کیلو ژول بدست آمد(گازر و مومنی، ۱۳۹۸). نتایج بدست آمده در تحقیقات گذشته نیز نشان داد در روشهای مختلف خشک کردن شلتوک تا سطح رطوبت ۱۲ درصد بر پایه تر انرژی ویژه خشک شدن شلتوک در محدوده ۲۸۰۰ تا ۴۴۰۰ کیلو ژول تغییر می کرد(Jittanit et al.,2010). در برخی موارد با تغییر نوع خشک کن، دماهای مورد استفاده و ظرفیت خشک کن انرژی ویژه خشک شدن شلتوک تا بیش از ۵۰۰۰ کیلو ژول نیز افزایش می یافت (Billiris , 2013).

کیفیت تبدیل شلتوک خشک شده

نتایج آزمون تی استیودنت و مقایسه میانگین های شاخص های کیفی تبدیل شلتوک خشک شده در خشک کنهای دارای سامانه کنترل خودکار و بدون سامانه کنترل خودکار بصورت جداول ۸ و ۹ ارایه شده است.

جدول ۸- نتایج آزمون تی استیودنت برای مقایسه شاخص های کیفی تبدیل برنج خشک شده در خشک کنهای تحقیق

پارامترهای کیفی	درجه آزادی	مقدار T	انحراف معیار خشک کن دارای سامانه کنترل	انحراف معیار خشک کن بدون سامانه کنترل
راندمان تبدیل	۳۰	۱/۹۳ n.s	۱/۱۲	۱/۱۵
راندمان برنج سفید سالم	۳۰	۲/۲۰ *	۵/۰۱	۶/۰۴
برنج سفید کامل	۳۰	۲/۲۷ *	۹/۲۳	۸/۸۰

* وجود اختلاف معنی دار درسطح احتمال ۵ ٪ n.s. بیانگر اعدم اختلاف معنی دار بین تیمارها

نتایج جدول بالا نشان می دهد که شلتوک های خشک شده در خشک کن دارای سامانه کنترل خودکار و خشک کن بدون سامانه از نظر راندمان تبدیل تفاوت معنی داری بایکدیگر نداشتند. همچنین نتایج دیگر نشان داد که بکارگیری سامانه های کنترل خودکار دارای تاثیر معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد بر روی راندمان برنج سفید و برنج سفید کامل داشته است.

جدول ۹- مقایسه میانگین پارامترهای کیفی شلتوک خشک شده در خشک کنهای تحقیق

پارامترهای کیفی	خشک کن دارای سامانه کنترل	خشک کن بدون سامانه کنترل	میزان اختلاف
راندمان تبدیل(٪)	۶۵/۶۸	۶۴/۹۰	۰/۷۸
راندمان برنج سفید سالم(٪)	۵۱/۲۱	۴۶/۹۰	۴/۳۱
برنج سفید کامل(٪)	۷۹/۹۵	۷۲/۷۲	۷/۲۳

مقایسه میانگینهای پارامترهای کیفی ارایه شده در جدول نشان می دهد که راندمان تبدیل شلتوک به برنج سفید در محدوده ۶۴/۹۰ تا ۶۵/۶۸ درصد تغییر می کرد. محدوده راندمان تبدیل شلتوک به برنج سفید در تحقیقات قبلی نیز در محدوده ۶۲ تا ۶۷ درصد گزارش شده است(علیزاده، ۱۳۹۶) (گازر و همکاران، ۱۳۹۵)(گازر و

مومنی، ۱۳۹۸). اختلاف مشاهده شده بین راندمان تبدیل شلتوک های خشک شده در دو خشک کن در حدود ۰/۸ درصد بود که این اختلاف معنی دار نبود. عدم تاثیر نوع خشک کن بر راندمان تبدیل شلتوک در تحقیقات قبلی نیز ملاحظه شده بود(تجددی طلب، ۱۳۹۳)(گازر و همکاران، ۱۳۹۵)(گازر و مومنی، ۱۳۹۸). نتایج راندمان برنج سفید سالم نشان داد که بکارگیری سامانه کنترل خودکار در خشک کن موجب ۴/۳۱ درصد بهبود در این شاخص شد. همچنین بکارگیری این سامانه در خشک کن نیز موجب افزایش ۷/۲۳ درصدی برنج سفید کامل پس از عملیات سفید کنی شده است. دلیل این موضوع تاثیر مناسب سامانه کنترل خودکار بر حفظ یکنواختی عملکرد مشعل و تناسب لازم کنترل شعله با مقدار رطوبت شلتوک در فرایند خشک شدن بود.کنترل مناسب شعله و گرما به هنگام خشک شدن شلتوک بر کاهش تنش های حرارتی دانه ها و جلوگیری از ایجاد ترک در دانه ها بسیار موثر بوده و فرایند پوست کنی و سفید کنی دانه های شکسته را کاهش می دهد(گازر و مومنی، ۱۳۹۸)(علیزاده، ۱۳۹۶) (لطیفی،۱۳۹۳).

ارزیابی اقتصادی بکارگیری سامانه های کنترل خودکار برای خشک کردن شلتوک

طبق بررسی فنی انجام شده در این پژوهش، مدت زمان لازم برای خشک کردن شلتوک در کارخانه های تحقیق بین ۳۰ تا ۴۷ ساعت بود. انرژی مصرف شده برای خشک کردن هر تن شلتوک بین ۱۵۰۰ تا ۱۹۰۰ مگاژول بدست آمد. برق و گاز مصرفی برای خشک کردن یک تن شلتوک به ترتیب ۱۳۲ کیلووات ساعت و ۷۶/۳ مترمکعب در ساعت بوده است. در شرایط بکارگیری نوآوری (نصب سامانه کنترل خودکار روی خشک کن خوابیده)، میزان صرفه جویی در مصرف سوخت ۲۷/۷ درصد، صرفه جویی در استفاده از نیروی کار ۰/۱۵ نفر-روز مشخص شد. در این تحقیق، بکارگیری سامانه کنترل خودکار در خشک کن موجب ۴/۳۱ درصد بهبود راندمان برنج سفید سالم (کاهش برنج خرد شده) گردید.

طبق بررسی اقتصادی، هزینه‌های طراحی و ساخت سامانه کنترل خودکار ۱۶۶۲۰۰ هزارریال و هزینه نصب سامانه روی خشک کن ۲۰۰۰۰ هزارریال مشخص گردید. هزینه استهلاک سامانه در خشک کن با عمر مفید ۱۰ سال به روش نزولی در سال اول (۱۴۰۲) به میزان ۳۳۲۴۰ هزارریال، و هزینه تعمییر و نگهداری سامانه بر اساس ۲/۵ درصد هزینه ساخت سامانه کنترل خودکار ۴۱۵۵ هزارریال و هزینه فرصت سرمایه با نرخ بهره سپرده بانکی ۲۵ درصد ۵۵۸۹۹ هزارریال برآورد گردید(جدول ۱۰).

جدول ۱۰- هزینه های سرمایه ای و جاری ساخت سامانه کنترل خودکار و نصب آن روی خشک کن ها در سال ۱۴۰۲ واحد: هزارریال

هزینه سرمایه ای							هزینه های جاری			
ساخت دمپر هوا و شیر کنترل ورودی مشعل	ساخت سنسورهای دما و رطوبت هوا	تابلو کنترل سامانه خودکار خشک‌کن	کل هزینه ساخت	هزینه نصب سامانه	کل سرمایه ای	استهلاک	تعمییر و نگهداری(۲٪/۵ هرینه ساخت)	هزینه فرصت سرمایه گذاری	کل هزینه های جاری
۶۷۰۰۰	۱۱۲۰۰	۸۸۰۰۰	۱۶۶۲۰۰	۲۰۰۰۰	۱۸۶۲۰۰	۳۳۲۴۰	۴۱۵۵	۵۵۸۹۹	۹۳۲۹۴

ماخذ: یافته‌های پژوهش

با توجه به جداول نتایج ۱۱ و ۱۲، در سال اول (۱۴۰۲)، ارزش کنونی منافع اضافی بکارگیری سامانه کنترل خودکار با و بدون احتساب هزینه های سرمایه ای و جاری منفی بوده است. از سال دوم منافع خالص با احتساب صرفا هزینه های جاری مثبت شده ولی این منافع نمی تواند هزینه های سرمایه ای ساخت سامانه را جبران نماید. در سال ششم ارزش کنونی منافع اضافی بکارگیری سامانه نه تنها تمام هزینه های سرمایه ای و جاری را قادر است جبران نماید بلکه سود مثبتی به میزان ۱/۶ درصد ایجاد می کند. ارزش کنونی خالص بکارگیری سامانه مثبت و با نرخ تنزیل ۲۵ درصد ۸۴ میلیون ریال در دوره تحلیل برآورد گردید.شاخص نسبت فایده به هزینه بکارگیری سامانه ۱/۲۳ واحد محاسبه شد. به این مفهوم که به ازای یک ریال سرمایه گذاری در بکار گیری سامانه، ۱/۲۳ ریال منفعت ایجاد شده است. شاخص نرخ بازده داخلی بکارگیری سامانه ۳۷/۴ درصد برآورد شد، به این مفهوم که سرمایه گذاری در ساخت و بکارگیری سامانه به صرفه تر از پس انداز کردن سرمایه در بانک است. بنابراین، با توجه به شاخص نسبت فایده به هزینه بزرگتر از واحد و نرخ بازده بیشتر از نرخ سپرده بلندمدت بانکی، سرمایه گذاری در ساخت و بکارگیری سامانه کنترل خودکار روی خشک کن خوابیده، اقتصادی است.

جدول ۱۱- نتایج مدل بودجه‌بندی جزیی در مورد عملی شدن تصمیم (بکارگیری نوآوری جدید) واحد: هزارریال

بکارگیری سامانه کنترل خودکار روی خشک‌کن خوابیده **شلتوک (یک تن شلتوک)**			
هزینه‌های اضافی (TVC_2):	**۱۴۰۲**	**منافع اضافی (TR_2):**	
- هزینه ساخت و نصب	۱۸۶۲۰۰	کاهش ضایعات (۴/۳۱٪)	۵۲۵۸۲
- هزینه های متغیر(استهلاک ، تعمییر و نگهداری)	۳۷۳۹۵	کاهش برق مصرفی (۲۷/۷٪)	۲۰۰/۱
		کاهش گاز مصرفی (۲۷/۷٪)	۱۲۶/۷
		کاهش نیروی انسانی (۰/۱۵ نفر-روز)	۶۷۵
جمع	**۲۲۳۵۹۵**	جمع	**۵۳۵۸۳/۸**
درآمدهای کاهش یافته (TR_1):	-	**هزینه‌های کاهش یافته (TVC_1):**	-
هزینه فرصت سرمایه	۵۵۸۹۹		
کل هزینه‌های اضافی و درآمد کاهش یافته	**۲۷۹۴۹۴**	**کل منافع اضافی و هزینه های کاهش یافته**	**۵۳۵۸۳/۸**
منافع خالص			**-۲۲۵۹۱۰/۲**
	۱۴۰۳		
هزینه‌های اضافی (TVC_2):	-	**منافع اضافی (TR_2):**	
- هزینه های متغیر(استهلاک ، تعمییر و نگهداری)	۳۰۷۴۷	- کاهش ضایعات	۱۰۷۷۵۰
-		- کاهش برق مصرفی	**۳۴۷/۸**
-		- کاهش گاز مصرفی	**۳۰۵**
		- کاهش نیروی انسانی	**۹۷۵**
جمع	**۳۰۷۴۷**	جمع	**۱۰۹۳۷۸/۸**
درآمدهای کاهش یافته (TR_1):		**هزینه‌های کاهش یافته (TVC_1):**	-
هزینه فرصت سرمایه	**۷۶۸۶/۸**		
جمع	**۷۶۸۶/۸**	**جمع**	-
کل هزینه‌های اضافی و درآمد کاهش یافته	**۳۸۴۳۳/۸**	**کل منافع اضافی و هزینه های کاهش یافته**	**۱۰۹۳۷۸/۸**
منافع خالص			**+۷۰۹۴۵**

		۱٤۰٤	
هزینه‌های اضافی (TVC_2):		**منافع اضافی (TR_2):**	
- هزینه های متغیر(استهلاک ، تعمییر و نگهداری)	۲۵۴۲۸/۶	- کاهش ضایعات - کاهش برق مصرفی - کاهش گاز مصرفی - کاهش نیروی انسانی	**۱۲۹۳۰۰** **۳٦۵** **۹۳۰** **۱٤۱۳/۸**
جمع	**۲۵٤۲۸/٦**	**جمع**	**۱۳۲۰۰۸/۸**
درآمدهای کاهش یافته (TR_1):		**هزینه‌های کاهش یافته (TVC_1):**	-
- هزینه فرصت سرمایه	۶۳۵۷/۲		
کل هزینه‌های اضافی و درآمد کاهش یافته	**۳۱۷۸۵/۸**	**کل منافع اضافی و هزینه های کاهش یافته**	**۱۳۲۰۰۸/۸**
منافع خالص			**+۱۰۰۲۲۳**
		۱٤۰۵	
هزینه‌های اضافی (TVC_2):		**منافع اضافی (TR_2):**	
- هزینه های متغیر(استهلاک ، تعمییر و نگهداری)	۲۱۱۷۴	- کاهش ضایعات، کاهش برق و گاز مصرفی، کاهش نیروی کار	**۱۱۱۰۰۰/٤**
درآمدهای کاهش یافته (TR_1):		**هزینه‌های کاهش یافته (TVC_1):**	-
- هزینه فرصت سرمایه	۵۲۹۳/۵		
کل هزینه‌های اضافی و درآمد کاهش یافته	**۲٦٤٦۷/٤**	**کل منافع اضافی و هزینه های کاهش یافته**	**۱۱۱۰۰۰/٤**
منافع خالص			**+۸٤۵۳۳**
		۱٤۰٦	
هزینه‌های اضافی (TVC_2):		**منافع اضافی (TR_2):**	
- هزینه های متغیر(استهلاک ، تعمییر و نگهداری)	**۱۷۷۷۰**	- کاهش ضایعات، کاهش برق و گاز مصرفی، کاهش نیروی کار	**۱۱۱٦۵۰/۵**
درآمدهای کاهش یافته (TR_1):		**هزینه‌های کاهش یافته (TVC_1):**	-

- هزینه فرصت سرمایه	٤٤٤٢/٥	٤٨٧٠
کل هزینه‌های اضافی و درآمد کاهش یافته	**٢٢٢١٢/٦**	**کل منافع اضافی و هزینه های کاهش یافته ١١١٦٥٠٣٩٦٠٤٣/٩**
منافع خالص		+٨٩٤٣٩/٩
	١٤٠٧	
هزینه‌های اضافی (TVC_2):		**منافع اضافی (TR_2):**
- هزینه های متغیر(استهلاک ، تعمییر و نگهداری)	**١٥٠٤٧**	- کاهش ضایعات، کاهش برق، ١١٢٤٣٠/٨ ٢١٣٧٧٣٠ گاز مصرفی، کاهش نیروی کار
درآمدهای کاهش یافته (TR_1):		**هزینه‌های کاهش یافته (TVC_1):** -
- هزینه فرصت سرمایه	**٣٧٦١/٨**	**٤٨٧٨٧**
کل هزینه‌های اضافی و درآمد کاهش یافته	**١٨٨٠٨/٩**	**کل منافع اضافی و هزینه های کاهش یافته ١١٢٤٣٠٨ ٤٨٥٣٩٠**
منافع خالص		+٨٩٣٦٢/٥٩
	١٤٠٨	
هزینه‌های اضافی (TVC_2):	١٢٨٦٨/٧	**منافع اضافی (TR_2):**
-هزینه های متغیر(استهلاک ، تعمییر و نگهداری)		-کاهش ضایعات، کاهش برق و گاز مصرفی، کاهش نیروی کار ١١٣٣٦٨ ٢١٣٧٧٣٠
درآمدهای کاهش یافته (TR_1):		**هزینه‌های کاهش یافته (TVC_1):** -
هزینه فرصت سرمایه	٣٢١٧/٢	
کل هزینه‌های اضافی و درآمد کاهش یافته	**١٦٠٨٥/٩**	کل منافع اضافی و هزینه های کاهش یافته ١١٣٣٦٨
منافع خالص		+٩٧٢٨٢/١
	١٤٠٩	
هزینه‌های اضافی (TVC_2):		**منافع اضافی (TR_2):**
-هزینه های متغیر(استهلاک ، تعمییر و نگهداری)	١١١٢٦	-کاهش ضایعات، برق و گاز مصرفی، نیروی کار ١١٤٤٩٠/٦
درآمدهای کاهش یافته (TR_1):		**هزینه‌های کاهش یافته (TVC_1):** -
هزینه فرصت سرمایه	٢٧٨١/٥	

کل هزینه‌های اضافی و درآمد کاهش یافته	**۱۳۹۰۷/٤**	کل منافع اضافی و هزینه های کاهش یافته	**۱۱٤٤۹۰/٦**
منافع خالص			**+۱۰۰۵۸۳/۲**
	۱٤۱۰		
هزینه‌های اضافی (TVC_2):		**منافع اضافی (TR_2):**	
-هزینه های متغیر(استهلاک ، تعمییر و نگهداری)	۹۷۳۱/۷	-کاهش ضایعات، برق و گاز مصرفی، نیروی کار	**۱۱۵۸۳۸/٦**
درآمدهای کاهش یافته (TR_1):		**هزینه‌های کاهش یافته (TVC_1):**	-
هزینه فرصت سرمایه	۲۴۳۲/۹		
کل هزینه‌های اضافی و درآمد کاهش یافته	**۱۲۱٦٤/٦**	کل منافع اضافی و هزینه های کاهش یافته	**۱۱۵۸۳۸/٦**
منافع خالص			**+۱۰۳٦۷٤**
	۱٤۰۱۱		
هزینه‌های اضافی (TVC_2):		**منافع اضافی (TR_2):**	
-هزینه های متغیر(استهلاک ، تعمییر و نگهداری)	**۸٦۱٦/٤**	-کاهش ضایعات، برق و گاز مصرفی، نیروی کار	**۱۱۷٤٥٦/۳**
درآمدهای کاهش یافته (TR_1):		**هزینه‌های کاهش یافته (TVC_1):**	-
هزینه فرصت سرمایه	**۲۱٥٤/۱**		
کل هزینه‌های اضافی و درآمد کاهش یافته	**۱۰۷۷۰/٥**	کل منافع اضافی و هزینه های کاهش یافته	**۱۱۷٤٥٦/۳**
منافع خالص			**+۱۰٦٦۸٥/۸**

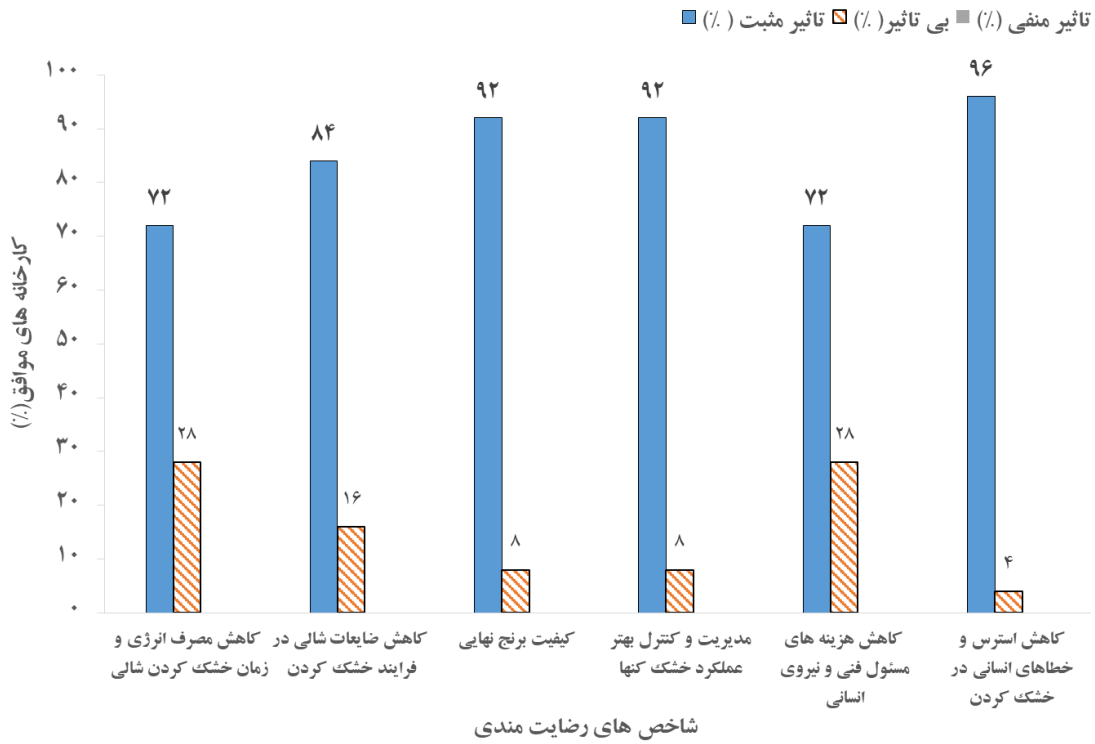
ماخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۲- ارزش کنونی هزینه ها و منافع بکارگیری سامانه کنترل خودکار روی خشک کن خوابیده واحد: هزارریال

سال	کل هزینه‌های اضافی و درآمد کاهش یافته بکارگیری سامانه	کل منافع اضافی و هزینه های کاهش یافته بکارگیری سامانه	منافع خالص	ارزش کنونی هزینه- های اضافی و درآمد کاهش یافته	ارزش کنونی منافع اضافی و هزینه های کاهش یافته	ارزش کنونی خالص
۱۴۰۲	۲۷۹۴۹۴	۵۳۵۸۳/۸	-۲۲۵۹۱۰/۲	۲۷۹۴۹۴	۵۳۵۸۳/۸	-۲۲۵۹۱۰/۲
۱۴۰۳	۳۸۴۳۳/۸	۱۰۹۳۷۸/۸	۷۰۹۴۵	۳۰۷۴۷	۸۷۵۰۳	۵۶۷۵۶
۱۴۰۴	۳۱۷۸۵/۸	۱۳۲۰۰۸/۸	۱۰۰۲۲۳	۲۰۳۴۲/۹	۸۴۴۸۵/۶	۶۴۱۴۲/۷
۱۴۰۵	۲۶۴۶۷/۴	۱۱۱۰۰۰/۴	۸۴۵۳۳	۱۳۵۵۱/۳	۵۶۸۳۲/۲	۴۳۲۸۰/۹
۱۴۰۶	۲۲۲۱۰/۶	۱۱۱۶۵۰/۵	۸۹۴۳۹/۹	۹۰۹۷/۵	۴۵۷۳۲	۳۶۶۳۴/۶
۱۴۰۷	۱۸۸۰۸/۹	۱۱۲۴۳۰/۸	۹۳۶۲۱/۹	۶۱۶۳/۳	۳۶۸۴۱/۳	۳۰۶۷۸
۱۴۰۸	۱۶۰۸۵/۹	۱۱۳۳۶۸	۹۷۲۸۲/۱	۴۲۱۶/۸	۲۹۷۱۸/۷	۲۵۵۰۱/۹
۱۴۰۹	۱۳۹۰۷/۴	۱۱۴۴۹۰/۶	۱۰۰۵۸۳/۲	۲۹۱۶/۶	۲۴۰۱۰/۴	۲۱۰۹۳/۸
۱۴۱۰	۱۲۱۶۴/۶	۱۱۵۸۳۸/۶	۱۰۳۶۷۴	۲۰۴۰/۹	۱۹۴۳۴/۵	۱۷۳۹۳/۶
۱۴۰۱۱	۱۰۷۷۰/۵	۱۱۷۴۵۶/۳	۱۰۶۶۸۵/۸	۱۴۴۵/۶	۱۵۷۶۴/۷	۱۴۳۱۹/۱
جمع	۴۷۰۱۲۸/۹	۱۰۹۱۲۰۶/۵	۶۲۱۰۷۷/۷	**۳۷۰۰۱۵/۹**	**٤٥٣٩٠٦/٤**	**۸۳۸۹۰/۵**
شاخص های سودآوری	**Internal rate of return (IRR)=% 37.4**			**Benefit- cost ratio (B/C) =1.23**		

رضایت مندی عملکرد کارخانه های شالیکوبی از سیستمهای کنترل خودکار خشک کن

نتیجه بررسی میزان رضایت مندی کارخانه های تحقیق از عملکرد سیستمهای کنترل خودکار به صورت شکل ۱۸ ارایه شده است.



شکل ۱۸- شاخص های رضایتمندی کارخانه های شالیکوبی از عملکرد سامانه های کنترل خودکار

همانگونه که در شکل مشخص می باشد بیشتر کارخانه های بررسی شده(۹۶ درصد) بر این عقیده بودند که بکارگیری سامانه های کنترل خودکار تاثیر مناسبی بر کاهش استرس و خطاهای انسانی در فرایند خشک شدن شلتوک دارد. همچنین ۷۲ درصد از کارخانه ها اذعان داشتند که بکارگیری این سامانه ها موجب کاهش مصرف انرژی و هزینه های نیروی انسانی و مسئول فنی شده است. ازنظرکاهش ضایعات و بهبودکیفیت برنج نهایی نیز به ترتیب ۸۴ و ۹۲ درصد از کارخانه های بررسی شده موافق تاثیر مثبت سامانه های کنترل خودکار بر این دو شاخص بودند.

از میانگین گیری شاخص های رضایتمندی کارخانه های بررسی شده نتیجه گیری شد که ۸۴/۶۷ درصد کارخانه های بررسی شده موافق عملکرد مناسب این سامانه ها در بهینه سازی فرایند خشک کردن شلتوک و کیفیت برنج تبدیلی

بودند. این بدان معنی است که به منظور کنترل بهتر فرایند خشک کردن شلتوک در کارخانه های شالیکوبی و جلو گیری از هد رفت زمان، انرژی و افت کیفیت شلتوک های خشک شده لازم است این سامانه ها بر روی خشک کنهای شلتوک نصب و بهره برداری شوند.

راهکارهای اصلاحی برای بهبود شرایط خشک کردن شلتوک

۱- برای سوله ها و سالن های که خشک کن های شلتوک در آنها قرار دارند یک فن تهویه با مدار فرمان کنترل رطوبت محیط قرار گیرد. این سیستم باید بصورت خودکار با افزایش رطوبت نسبی محیط سوله به بیش تر از ۸۰ درصد اقدام به تخلیه هوای مرطوب نموده و با کاهش رطوبت هوا به حدود ۶۰ درصد خاموش شود.

۲- بهتر است در محل نصب سنسور در خشک کن بین دیواره خشک کن و سنسور رطوبت یک قطعه چوبی قرار گیرد تا تاثیر دیواره در حس کردن دما و رطوبت شلتوک کمتر شده و دقت اندازه گیری بالاتر رود.

۳- پیشنهاد می شود که برای برنامه نویسی کنترل فرایند خشک کردن شلتوک در خشک کن ها دو مرحله در نظر گرفته شود. مرحله اول خشک کردن شلتوک از رطوبت اولیه برداشت تا رطوبت انبار مانی(۱۴ تا ۱۵ درصد). مرحله دوم خشک کردن از مرحله انبار مانی تا رطوبت مناسب برای تبدیل (۸ درصد).

۴- بررسی های انجام شده و اطلاعات فنی کارخانه دارها نشان داد که اگر شالی ورودی ارقام محلی نظیر هاشمی و طارم بوده و دارای پوسته نازک باشند، بهتر است دمای ست پوینت سامانه کنترل دو تا ۳ درجه از دمای محیط خشک کنها کمتر انتخاب می شود. همچنین اگر شلتوک های ورودی ارقام پر محصول نظیر فجر و شیرودی با پوسته کلفت و ضخیم بود، دمای ست پوینت سامانه کنترل همان دمای محیط یا دو تا ۳ درجه بیشتر انتخاب شود.

۵- تعیین دمای ثابت (ست پوینت) سامانه کنترل خودکار تابعی از دمای محیط بوده و در فصول مختلف متفاوت است. لذا در شهریوماه دمای محیط پیرامون خشک کنها حدود ۳۳ تا ۳۵ درجه می باشد. دمای ست پوینت بین ۳۲ تا ۳۴ درجه درنظر گرفته می شود. در فصل پاییز ثابت دمای سامانه های کنترل خودکار تا ۲۸ درجه سلسیوس نیز کم می شود. لذا پیشنهاد می شود پس از هم دمایی شالی با محیط اطراف خشک کنها دمای شلتوک ها مبنای تعیین ثابت دمای سامانه های کنترل خودکار باشد.

نتیجه گیری و پیشنهادات

سامانه های کنترل خودکار دارای دقت مناسبی در تخمین رطوبت و دمای شلتوک بودند. نتایج تحقیق نشان داد مدت زمان خشک کردن شلتوک در خشک کنهای مرسوم ۱۵ تا ۲۰ درصد بیشتر از زمان لازم است. لذا بکارگیری صحیح

سامانه های کنترل خودکار در مدیریت زمان خشک کردن موثر میباشد. بدلیل تغییرات رطوبت شلتوک لایه های مختلف در فرایند خشک شدن پیشنهاد می شود از خشک کنهای جریان گردشی برای خشک کردن شلتوک استفاده شود. محدوده انرژی مصرف شده برای خشک کردن هر تن شلتوک بین ۱۵۰۰ تا ۱۹۰۰ مگا ژول بود. انرژی ویژه مصرفی برای خشک کردن شلتوک در کارخانه ها بررسی شده نیز در محدوده ۱۷۰۰ تا ۲۵۰۰ (کیلو ژول بر کیلو گرم آب تبخیر شده) تغییر می کرد. با توجه به انرژی ویژه مصرفی برای خشک کردن شلتوک نتیجه گیری شد که هرچه قدر ظرفیت بارگیری خشک کنها بیشتر باشد، زمان ماندگاری شلتوک در خشک کن و انرژی ویژه مصرفی خشک کردن شلتوک ها نیز بیشتر خواهد شد. لذا پیشنهاد می شود از خشک کنهای باظرفیتهای کمتر استفاده گردد. خشک کنهای دارای سامانه های کنترل خودکار نسبت به خشک کنهای مرسوم (بدون سامانه) دارای عملکرد بهتری از نظر کیفیت برنج تبدیل داشتند. ۸۴/۶۷ درصد از کارخانه های بررسی شده موافق عملکرد مناسب این سامانه ها در بهینه سازی فرایند خشک کردن شلتوک و کیفیت برنج تبدیلی بودند. نتایج اقتصادی نشان داد در دوره تحلیل ارزش کنونی خالص بکارگیری سامانه مثبت و با نرخ تنزیل ۲۵ درصد ۸۴ میلیون ریال برآورد گردید، ضمنا به ازای یک ریال سرمایه گذاری در بکار گیری سامانه ۱/۲۳ ریال منفعت ایجاد می شود. نرخ بازده داخلی بکارگیری سامانه ۳۷/۴ درصد برآورد شد. بنابراین از لحاظ فنی و اقتصادی، سرمایه گذاری در ساخت و بکارگیری سامانه کنترل خودکار روی خشک کن خوابیده در کارخانه های شالیکوبی در دوره تحلیل توجیه پذیر و قابل توصیه می باشد. .

فهرست منابع

اسکونژاد، م .م .(۱۳۷۵) اقتصاد مهندسی یا ارزیابی اقتصادی پروژه های صنعتی .چاپ هفتم .مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر .تهران.

اسدی، ه.، ح.ر. گازر و ک. تجددی طلب(۱۴۰۴) ارزیابی اقتصادی جایگزینی خشک کن تونلی خورشیدی با خشک کم سنتی شلتوک در مزرعه .مجله اقتصاد کشاورزی و روستایی، جلد ۳ شماره ۱ ، https://10.30490/ETR. 2025. 367462.1060

بی نام (۱۴۰۴) سامانه نظر سنجی آنلاین به آدرس: https://ucheck.ir/articles/what-is-customer-satisfaction/

بی نام (۱۴۰۳) آمار نامه کشاورزی سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ جلد اول :محصولات زراعی ، صفحه ۴۲

بی نام (۱۳۸۰) برنج—ویژگیها و روشهای آزمون ، استاندارد ملی شماره ۱۲۷. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران .کرج .

تجددی طلب، ک.(۱۴۰۱) توصیه های فنی عملیات پس از برداشت برنج. نشریه شماره ۶۱۵۰۸ ، انتشارات موسسه تحقیقات برنج کشور. رشت.

تجددی طلب، ک. (۱۳۹۳) اثر درجه حرارت خشک کن، رطوبت نهایی شلتوک و نوع سفید کن بر عملکرد برنج سالم و کیفیت پخت برنج گوهر، کشوری ، طارم محلی و هاشمی. گزارش پژوهشی شماره ۴۴۹۵۲. موسسه تحقیقات برنج کشور. رشت.

تجددی طلب، ک. (۱۳۸۴) اثر خشک کردن چند مرحله ای بر بازده تبدیل و مدت خشک کردن شلتوک، مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد ۶ شماره ۲۲ : صفحات ۱۲۴-۱۱۳

حبیبی، ف .و آ .یحیی زاده(۱۳۹۴) بررسی تاثیر ساختار آمیلوز و آمیلوپکتین بر کیفیت ارقام برنج ایرانی .مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد ۱۶ شماره ۲ ، صفحات ۷۰-۶۱.

خوش تقاضا، م.ه، م .سلیمانی و م .شاهدی(۱۳۸۱) رابطه راندمان برنج سفید سالم (HRY) با درصد ترک و مقاومت خمشی شلتوک برنج در طی فرآیند خشک کردن .مجله علوم کشاورزی ایران .جلد ۲۳، شماره۱، ۱۲۱-۱۱۵.

خوش تقاضا، م .ه، م .صادقی و ر .امیری چایجان(۱۳۸۶) بررسی فرآیند خشک کردن شلتوک در شرایط بستر ثابت و سیال .مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۴، شماره ۲.

لطیفی، ع.، م.ع. کیه بادرودی نژاد، م.ر. علیزاده(۱۴۰۱) تاثیر استفاده از خشک کن خوابیده همزن دار با سیستم کنترل رطوبت بر فرایند خشک کردن شلتوک و فاکتورهای تبدیل. نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ۱۸، شماره ۵ : ۵۶۵-۶۴۸ .

لطیفی، ع .(۱۳۹۳) اثر دمای خشک‌کن و رطوبت نهایی شلتوک بر شکستگی دانه سه رقم برنج .نشریه زراعت، دوره ۲۷ ، شماره ۱۰۲، صفحات ۷۵-۷۱.

طبسی زاده، م. س. مینایی، م.ه. خوش تقاضا، د. زارع(۱۳۹۱) ارزیابی و بهینه سازی یک خشک کن باز گردشی کنترل خودکار. مجموع مقالات هفتمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون،شیراز

علیزاده ، م.ر. (۱۳۹۶) بررسی و مقایسه میزان ضایعات و انرژی مصرفی در سامانه های تبدیل شلتوک متداول و جدید. گزارش پژوهشی شماره ۵۲۶۴۱، موسسه تحقیقات برنج کشور. رشت.

گازر، ح.ر. و ع. مومنی(۱۳۹۸) مقایسه فرایند خشک کردن و کیفیت تبدیل در خشک کنهای گردش مجدد و رایج شلتوک. نشریه ماشینهای کشاورزی، جلد ۹ ، شماره ۲ : ۱۲۲-۱۱۳.

گازر، ح.ز(۱۳۹۶) ارزیابی عملکرد خشک کن دوار برنج و مقایسه آن با خشک کنهای خوابیده. گزارش پژوهشی شماره ۵۲۲۸۴ ، موسسه تحقیقات فنی ومهندسی کشاورزی. کرج

گازر، ح.ر.، م.ر. علیزاده، م. یونسی الموتی(۱۳۹۵) مقایسه پارامترهای عملکردی و مصرف انرژی سامانه های تبدیل شلتوک(مطالعه موردی: استان مازندران). مجله تحقیقات مهندسی سامانه ها و مکانیزاسیون کشاورزی، جلد ۱۷، شماره ۶۶ : ۲۸-۱۵.

گازر، ح.ر.(۱۳۹۳) بررسی و مقایسه میزان ضایعات و انرژی مصرفی در سامانه های تبدیل شلتوک متداول و جدید(گزارش استان مازندران). گزارش پژوهشی شماره ۴۵۹۲۲. موسسه تحقیقات فنی ومهندسی کشاورزی. کرج

سلطانی، غ. ر.(۱۳۸۷). اقتصاد کشاورزی، انتشارات دانشگاه شیراز

Anonymous (2024) statistical yearbook. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). http://www.fao.org/statistics/en/

Anonymous. 2007. Saba information site, www.sabainfo.ir/fa/news/684

Anonymous (2003) Moisture measurement. Unground Grain and seed. ASAE standards, S352.2, FEB03, pp: 593.

Bakker Arkema F.W., C. Fontana and I.P. Schiscler (1983) Comparison of rice dry systems. ASAE, Paper No. 83- 3532.

Basunia, M.A. and T. Abe .1998. Diffusion cofficients for predicting rough rice drying behavior from low to high temperatures. International agricultural engineering journal, 7(3-4): 147-158.

Beeny, J. , C.S.N. Basil (1970) Multi-pass drying of paddy (rice) in the humid tropics. Journal of Agricultural Engineering Research, 15(4): p. 364-374.

Billiris, M.A., T.J. Siebenmorgen, A. Mauromoustakos (2011) Estimating the theoretical energy required to dry rice. Journal of food engineering, 10 (2) p. 253-261.

Billiris M. A. (2013) Measuring the energy required to dry rice in commercial rice dryers. *Theses and Dissertations.* University of Arkansas, Fayetteville.

Brooker D. B., F. W. Baker Arkema and C.W. Hall (1992) Drying and storage of grains and oilseeds. AVI Book publisher, New York , U.S.A

Imprasit, C., A. Noomhorn (2001) Effect of drying air temperature and grain temperature of different types of dryer and operation of quality. Drying Technology 19(2): 289-404.

Javare, G. S. , S. R. Reddy (1987) Optimization of drying parameters in paddy seeds. Seed Res. 15 (2): 176-182.

Jittanit W., N. Saeteaw and A. Charoenchaisri (2010) Industrial paddy drying and energy saving options. Journal of Stored Products Research, 46, 209-213.

Juliano, B. 1985. Rice chemistry and technology. Published by the American association of cereal chemists, Ins. St. Paul, Mine USA.774pp.

Luh, B.S. (1991) Rice, Volume 2: Utilization. Vol. 2: Springer Science & Business Media.

Ntwali, J., S. Schock, S. Romuli, J. Muller(2018) Performance evaluation of an inflatable solar dryer for maize and the effect on product quality compared with traditional sun drying. Book of abstracts of Tropentag 2018: Global food security and food safety. Ghent, Belgium.p. 404

Sarker, N.N., O.R. Kunze, T. Strouboulis (2014) Energy and rice quality aspects during drying of freshly harvested paddy with industrial inclined bed dryer. Energy Conversion and Management, 77: p. 389-395.

Siebenmorgen, T.J., G. Qin and C. Jia .2005. Influence of drying on rice fissure formation rates and mechanical strength distributions. Transactions of the ASAE, Volume: 48, Issue: 5, Pages: 1835-1841.

Tirawanichakul, Y., Prachayawarakorn, S., Varanyanond, W. Soponronnarit, S. 2004. Simulation and grain quality for in-store drying of paddy. Journal of Food Engineering 64: 405-415.

Weerachat, J., S. Natthiga, C. Apinya (2010) Industrial paddy drying and energy saving options. Journal of Stored Products Research 46: 209-213.

Wongpornchai, S., K. Dumri, S. Jongkaewwattana, B. Siri (2004) Effects of drying methods and storage time on the aroma and milling quality of rice (Oryza sativa L.) cv. Khao Dawk Mali 105. Food Chemistry, Volume 87, Issue 3, Pages 407–414.

Technical and economical evaluation of the effect of using automatic control system on paddy dryer performance and milled-rice quality

Abstract

Batch type dryers are one of the common dryers in the northern provinces of Iran and their energy consumption and paddy drying time are high. Therefore, the use of time and energy consumption optimization systems in these dryers is very necessary. In this study, the performance of automatic control systems based on paddy moisture and temperature in the dryers of paddy mills factories in Guilan province was investigated using the T- student test. Also, the drying kinetics, the trend of changes in moisture and temperature of paddy in different layers of the batch dryer (bottom, middle, and high), the amount of energy consumed for drying paddy, and the specific energy consumption of paddy were presented. The quality parameters for the conversion of dried paddy to white rice (husking percentage, milling efficiency, whole white rice efficiency, and white rice breakage percentage) were also evaluated. In the present study, the level of satisfaction with the performance of automatic control systems among factory owners was investigated, and the economic evaluation of using automatic control systems in paddy dryers was conducted using the technique of partial budgeting and profitability indexes. The results indicate the acceptable performance of the system in measuring the moisture and temperature of paddy in the dryer.

The maximum difference in the moisture content of the paddy recorded with the system and the grain moisture meter was 0.51%, and the maximum difference between the temperature of the paddy recorded with the system and the grain thermometer was 1.77°C. The time required to dry paddy in the surveyed factories ranged from 30 to 47 hours. During the drying process, moisture changes in the lower, middle, and upper layers varied, leading to non-uniformity in paddy drying. The energy required to dry each ton of paddy ranged from 1,500 to 1,900 MJ, while the specific energy consumption for moisture removal during paddy drying varied between 1,700 and 2,500 KJ/Kg H_2O. In this study, the efficiency of conversion of paddy to white rice was in the range of 64.90 to 65.68 percent, and the use of an automatic control system in the dryer improved the efficiency of white rice by 4.31 percent, causing an increase of 7.23 percent in whole white rice after the whitening operation. The majority of the studied factories (87.64%) expressed complete satisfaction with the performance of automatic control systems in optimizing the drying process of paddy and enhancing the quality of rice milling. The economic results showed that during the

analysis period, net present value (NPV of the use of system was positive and estimated at 84 million Rial, Also, for every one Rial invested in the use of the system, 1.23 Rials were generated as a benefit. The internal rate of return (IRR) was estimated at 37.4%. Therefore, based on both a technical and economic point of view, investment in the manufacture and application of an automatic control system on conventional paddy dryers at paddy factories is economic and recommended.

Keywords: Paddy, Rice, Control, Energy, Milling efficiency, Satisfaction, Economic evaluation

MINISTRY OF AGRICULTURE - JAHAD
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION ,AND EXTENSION ORGANIZATION
AGRICULTURAL ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE

RESEARCH TITLE: Technical and economical evaluation of the effect of using automatic control system on paddy dryer performance and milled-rice quality

RESEARCH PROJECT NO: 020278-010-40403-14-34

PROJECT/ RESEARCH LEADER: Hamid Reza Gazor

RESEARCHER: Kobra Tajaddoditalab, Hormoz Asadi

COWORKERS: Omid Reza Roustapour, Akbar Younesi, Saied Javadzadeh

ADVISERS: -

SUPERVISOR: -

LOCATIONS: Gilan

START DATE: 2023

DURATION: 2 years (24 months)

PUBLISHER: Agricultural Engineering Research Institute

TIRAGE:

DATE OF ISSUE: 2025

MINISTRY OF AGRICULTURE - JAHAD
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION AND EXTENSION ORGANIZATION
AGRICULTURAL ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE

FINAL RESEARCH REPORT

Technical and economical evaluation of the effect of using automatic control system on paddy dryer performance and milled-rice quality

Hamid Reza Gazor

No.

ISLAMIC REPUBLIC OF IRAN
MINISTRY OF AGRICULTURE - JEHAD
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION AND EXTENSION ORGANIZATION
AGRICULTURAL ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE

final research report:

Technical and economical evaluation of the effect of using automatic control system on paddy dryer performance and milled-rice quality

No:

بسمه تعالی
فرم ثبت انتشارات وزارت کشاورزی در
مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی

عنوان : بررسی فنی و اقتصادی اثر کاربرد سامانه کنترل خودکار بر عملکرد خشک کن خوابیده شلتوک و کیفیت برنج تبدیل شده

نویسنده : حمیدرضا گازر

مترجم :

در صورتی که اثر ترجمه باشد لطفاً عنوان و مشخصات کامل ماخذ اصلی را مرقوم فرمائید.

گرد آورنده :

ناظر :

چاپ :

در صورت تجدید چاپ لطفاً تاریخ انتشار چاپ‌های قبلی را مرقوم فرمائید.

ویرایش :

محل ناشر : کرج

نام ناشر : موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

تاریخ انتشار : ۱۴۰۴

تعداد صفحات : ۴۴

تیراژ :

زبان متن : فارسی

لطفاً موضوع کتاب یا نشریه خود را حدود ۵۰ کلمه مرقوم فرمائید.

موضوع :

در این گزارش تاثیر کاربرد سامانه کنترل خودکار بر عملکرد فنی، اقتصادی و مصرف انرژی خشک کنهای خوابیده شلتوک و کیفیت برنج تبدیل در استان گیلان بررسی شد.

نوع : **کتاب** **نشریه☑** **نشریه ادواری**

عنوان طرح / پروژه: بررسی فنی و اقتصادی اثر کاربرد سامانه کنترل خودکار بر عملکرد خشک کن خوابیده شلتوک و کیفیت برنج تبدیل شده

شماره مصوب: ۰۲۰۲۷۸-۰۱۰-۴۰۴۰۳-۱۴-۳۴

واحد اجرا: موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

محل اجرا: استان گیلان

نام هماهنگ کننده / مجری مسئول / مجری: حمیدرضا گازر

سال شروع: ۱۴۰۲ **سال خاتمه:** ۱۴۰۴

اهمیت و ضرورت، اهداف و روش تحقیق:

کاهش زمان خشک کردن و بهسازی مصرف انرژی در مدت محدود برداشت و تبدیل شلتوک برای کارخانه داران شالیکوبی بسیار مهم است که بتوانند حداکثر راندمان و خروجی را داشته باشند و تناژ بیشتری را تبدیل کنند. لذا بکارگیری سیستمهای کنترلی در خشک کنهای رایج شلتوک می تواند ضمن کاهش مصرف سوخت و انرژی، برکاهش زمان فرایند و بهبود کیفیت شلتوک های خشک شده نیز موثر باشد. به تعبیر دیگر، تاثیر بکارگیری سامانه کنترل سوخت و انرژی در خشک کن برنج ضمن جلوگیری از هدر رفت منابع ملی گاز و برق، از ضایعات تبدیل برنج نیز خواهد کاست و این مساله در صنعت تبدیل برنج از لحاظ اقتصادی -اجتماعی دارای اهمیت می باشد.

نتایج:

بکار گیری سامانه های کنترل خودکار دارای دقت مناسبی در تخمین رطوبت و دمای شلتوک داشت. انرژی ویژه مصرفی برای خشک کردن شلتوک در محدوده ۱۷۰۰ تا ۲۵۰۰ (کیلو ژول بر کیلو گرم آب تبخیر شده) بدست آمد. خشک کنهای دارای سامانه های کنترل خودکار دارای عملکرد بهتری از نظر کیفیت برنج تبدیل بودند. بر اساس شاخص های فنی و اقتصادی، سرمایه گذاری در ساخت و بکارگیری سامانه کنترل خودکار روی خشک کن خوابیده در دوره تحلیل توجیه پذیر می باشد.حدود ۸۵ درصد کارخانه ها از عملکرد این سامانه ها در بهینه سازی فرایند خشک کردن شلتوک و کیفیت برنج تبدیلی راضی بوده و بکار گیری سامانه های کنترل خودکار بر روی خشک کنهای خوابیده شلتوک توصیه می شود.

دستورالعمل فنی و توصیه ترویجی:

بکار گیری سامانه های کنترل خودکار بر روی خشک کنهای خوابیده شلتوک در کارخانه های شالیکوبی

ویژگی مناطق کاربرد توصیه ترویجی:

استان های تولید کننده برنج در استانهای شمالی کشور

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
فرم خلاصه اطلاعات یافته های تحقیقاتی

۱- عنوان طرح/ پروژه تحقیقاتی:

بررسی فنی و اقتصادی اثر کاربرد سامانه کنترل خودکار بر عملکرد خشک کن خوابیده شلتوک و کیفیت برنج تبدیل شده

۲- چکیده طرح (بیان مسأله، اهمیت و ضرورت، اهداف):

کاهش زمان خشک کردن و بهسازی مصرف انرژی در مدت محدود برداشت و تبدیل شلتوک برای کارخانه داران شالیکوبی بسیار مهم است که بتوانند حداکثر راندمان و خروجی را داشته باشند و تناژ بیشتری را تبدیل کنند. لذا بکارگیری سیستمهای کنترلی در خشک کنهای رایج شلتوک می تواند ضمن کاهش مصرف سوخت و انرژی، برکاهش زمان فرایند و بهبود کیفیت شلتوک های خشک شده نیز موثر باشد. به تعبیر دیگر، تاثیر بکارگیری سامانه کنترل سوخت و انرژی در خشک کن برنج ضمن جلوگیری از هدر رفت منابع ملی گاز و برق، از ضایعات تبدیل برنج نیز خواهد کاست و این مساله در صنعت تبدیل برنج از لحاظ اقتصادی –اجتماعی دارای اهمیت می باشد.

۳-توجیه اقتصادی و اجتماعی طرح/ پروژه:

برای جلوگیری از اتلاف سوخت و منابع تامین انرژی در فرایند خشک کردن شلتوک نیاز به پایش فرایند خشک کردن و اعمال مدیریتهای صحیح مصرف سوخت و انرژی در کارخانه های شالیکوبی در استانهای شمالی کشور می باشد. بکارگیری سیستمهای کنترلی در خشک کنهای رایج شلتوک می تواند ضمن کاهش مصرف سوخت و انرژی، بر کاهش زمان فرایند و بهبود کیفیت شلتوک های خشک شده نیز موثر باشد. به عبارت دیگر، تاثیر بکارگیری سامانه کنترل سوخت و انرژی در خشک کن برنج ضمن جلوگیری از هدر رفت منابع ملی گاز و برق، از ضایعات تبدیل برنج نیز خواهد کاست و این مساله در مناطق هدف از لحاظ اقتصادی– اجتماعی مهم تلقی می گردد.

٤- عنوان یافته تحقیقاتی حاصله:

معرفی سامانه های کنترل خودکار مصرف سوخت و انرژی در خشک کنهای خوابیده شلتوک

٥- نتایج، مزایا و اثر بخشی یافته:

کاربرد سامانه های کنترل خودکار مصرف سوخت و انرژی در خشک کنهای خوابیده شلتوک دارای عملکرد خوبی بودند. تخمین رطوبت و دمای شلتوک در سامانه های کنترل خودکار دارای دقت مناسبی بود. این سامانه ها نشان دادند که شلتوک ها ۱۵ تا ۲۰درصد بیشتر از زمان لازم در خشک کن باقی می مانند. از میانگین گیری شاخص های رضایتمندی کارخانه های بررسی شده نتیجه گیری شد که ۸۵ درصد کارخانه های بررسی شده موافق عملکرد مناسب این سامانه ها در بهینه سازی فرایند خشک کردن شلتوک و بهبود کیفیت برنج نهایی بودند. بر اساس شاخص‌های فنی و اقتصادی، سرمایه گذاری در ساخت و بکارگیری سامانه کنترل خودکار روی خشک کن خوابیده در دوره تحلیل توجیه پذیر و توصیه می گردد.

٦- شیوه/ شیوه های پیشنهادی برای انتقال یافته تحقیقاتی حاصله:

سخنرانی علمی در هفته انتقال یافته ها، برگزاری روز مزرعه و چاپ نشریه فنی

۷- عنوان مؤسسه همکارطرح/ پروژه: موسسه تحقیقات برنج کشور، موسسه تحقیقات صلاح و تهیه نهال و بذر

۸- نام مجری مسئول طرح/ پروژه: حمیدرضا گازر

۹- نام مجریان طرح/ پروژه: حمیدرضا گازر، کبری تجددی طلب، هرمز اسدی

۱۰-نام همکاران طرح/ پروژه: امیدرضا روستاپور، اکبر یونسی ، سعید جوادزاده

۱۱-زمان اجرای طرح/ پروژه: ۲ سال

۱۲-محل اجرای طرح/ پروژه: استان گیلان

۱۳-هزینه های تمام شده(مستقیم و غیر مستقیم) طرح/پروژه: ۵۰۰ میلیون ریال

مؤسسه/ پژوهشکده/ مرکز ملی تحقیقات: **موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی**

پیوست شماره ۱: فرم خلاصه اطلاعات مربوط به گروه یک (دستاوردهای پژوهشی و فناوری محور)

عنوان دستاورد:

سامانه های کنترل خودکار مصرف سوخت و انرژی در خشک کنهای خوابیده شلتوک

۱ – تقسیم بندی دستاورد:

☐اختراع ☐اکتشاف ☑نوآوری ☐ابتکار ☐خلاقیت ☑ یافته تحقیقاتی اثربخش

۲- شرح چکیده(مسئله- اهمیت و ضرورت- اهداف):

کاهش زمان خشک کردن و بهسازی مصرف انرژی در مدت محدود برداشت و تبدیل شلتوک برای کارخانه داران شالیکوبی بسیار مهم است که بتوانند حداکثر راندمان و خروجی را داشته باشند و تناژ بیشتری را تبدیل کنند. لذا بکارگیری سیستمهای کنترلی در خشک کنهای رایج شلتوک می تواند ضمن کاهش مصرف سوخت و انرژی، برکاهش زمان فرایند و بهبود کیفیت شلتوک های خشک شده نیز موثر باشد. به تعبیر دیگر، تاثیر بکارگیری سامانه کنترل سوخت و انرژی در خشک کن برنج ضمن جلوگیری از هدر رفت منابع ملی گاز و برق، از ضایعات تبدیل برنج نیز خواهد کاست و این مساله در صنعت تبدیل برنج از لحاظ اقتصادی -اجتماعی دارای اهمیت می باشد.در این تحقیق تاثیر عملکرد سامانه های کنترل خودکار بر فرایند خشک شدن شلتوک و کیفیت تبدیل برنج بررسی شد.

۳- موسسه/ مرکز مجری و واحد همکار طرح:

موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، موسسه تحقیقات برنج کشور، موسسه تحقیقات صلاح و تهیه نهال و بذر

٤- عنوان گزارش / گزارش های نهایی دارای شماره فروست که مبنای تولید دستاورد است**:**

بررسی فنی و اقتصادی اثر کاربرد سامانه کنترل خودکار بر عملکرد خشک کن خوابیده شلتوک و کیفیت برنج تبدیل شده

٥- قابلیت رونمایی دستاورد:

☑ دارد (☑سطح ملی ☐ سطح استانی) ☐ ندارد

٦- هزینه های تمام شده (مستقیم و غیر مستقیم) پروژه ها/ طرح های مرتبط با دستاورد **:** ۵۰۰ میلیون ریال

۷- تشریح خلاصه مزایا و اثر بخشی دستاورد:

کاربرد سامانه های کنترل خودکار مصرف سوخت و انرژی در خشک کنهای خوابیده شلتوک دارای عملکرد خوبی بودند. تخمین رطوبت و دمای شلتوک در سامانه های کنترل خودکار دارای دقت مناسبی بود. این سامانه ها نشان دادند که شلتوک ها ۱۵ تا ۲۰درصد بیشتر از زمان لازم در خشک کن باقی می مانند. از میانگین گیری شاخص های رضایتمندی کارخانه های بررسی شده نتیجه گیری شد که ۸۵ درصد کارخانه های بررسی شده موافق عملکرد مناسب این سامانه ها در بهینه سازی فرایند خشک کردن شلتوک و بهبود کیفیت برنج نهایی بودند. بر اساس شاخص‌های فنی و اقتصادی، سرمایه گذاری در ساخت و بکارگیری سامانه کنترل خودکار روی خشک کن خوابیده در دوره تحلیل توجیه پذیر و توصیه می گردد.

پیوست شماره ۲: فرم خلاصه اطلاعات مربوط به گروه دو (دستاوردهای انتشاراتی)

۱- عنوان دستاورد:

معرفی سامانه های کنترل خودکار مصرف سوخت و انرژی در خشک کنهای خوابیده شلتوک

۲- تقسیم بندی دستاورد:

محتوای فنی، آموزشی و ترویجی دارای شماره فروست از مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی

□ هندبوک

□ بوکلت

□ دستورالمعل فنی

□دستورالعمل اجرایی

☑نشریه فنی

□ نشریه ترویجی

□ بسته های آموزشی – ترویجی در قالب چند رسانه ای

□ پوستر ترویجی

□ مقالات علمی – پژوهشی منتشر شده در مجلات معتبر داخلی و خارجی

□ مقالات علمی – ترویجی منتشر شده در مجلات معتبر داخلی

□ تالیف و تصنیف کتاب و متون علمی

۳- شرح چکیده (مسئله - اهمیت و ضرورت – اهداف)

برای جلوگیری از

۴-تشریح خلاصه مزایا و اثربخشی دستاورد:

کاربرد سامانه های کنترل خودکار مصرف سوخت و انرژی در خشک کنهای خوابیده شلتوک دارای عملکرد خوبی بودند. تخمین رطوبت و دمای شلتوک در سامانه های کنترل خودکار دارای دقت مناسبی بود. این سامانه ها نشان دادند که شلتوک ها ۱۵ تا ۲۰درصد بیشتر از زمان لازم در خشک کن باقی می مانند. از میانگین گیری شاخص های رضایتمندی کارخانه های بررسی شده نتیجه گیری شد که ۸۵ درصد کارخانه های بررسی شده موافق عملکرد مناسب این سامانه ها در بهینه سازی فرایند خشک کردن شلتوک و بهبود کیفیت برنج نهایی بودند. بر اساس شاخص‌های فنی و اقتصادی، سرمایه گذاری در ساخت و بکارگیری سامانه کنترل خودکار روی خشک کن خوابیده در دوره تحلیل توجیه پذیر و توصیه می گردد.

۵- واحد همکار: (اعم از موسسه/ پژوهشکده/ مرکز تحقیقاتی ملی/ و ...) موسسه تحقیقات برنج کشور، موسسه تحقیقات صلاح و تهیه نهال و بذر

٦- عنوان گزارش/ گزارش های نهایی دارای شماره فروست که مبنای تولید دستاورد است:

بررسی فنی و اقتصادی اثر کاربرد سامانه کنترل خودکار بر عملکرد خشک کن خوابیده شلتوک و کیفیت برنج تبدیل شده

۷- نام تدوین کننده/ تدوین کنندگان دستاورد: حمیدرضا گازر، کبری تجددی طلب، هرمز اسدی

مشخصات فنی یافته های قابل ترویج موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

تعریف مسئله و اهمیت موضوع :

برای جلوگیری مصرف انرژی زیاد و غیر یکنواختی خشک شدن شلتوک در خشک کنهای خوابیده کارخانه های شالیکوبی نیاز به یک سامانه کنترلی سوخت مصرفی بر اساس تغییرات دما و رطوبت شالی می باشد. این سامانه با سنجش رطوبت و دمای شالی درون خشک کن میزان شعله کوره را تنظیم کرده و از بروز خسارت حرارتی به شلتوک های خشک شده جلوگیری می کند.

دستورالعمل بکارگیری یافته در عرصه:

سامانه های کنترل خودکار به وسیله شرکت سازنده(شرکت پارسان) قابلیت نصب بر روی خشک کنهای خوابیده شلتوک را دارند.

نتایج و مزایای حاصل از به‌کارگیری یافته در عرصه :

کاربرد سامانه های کنترل خودکار مصرف سوخت و انرژی در خشک کنهای خوابیده شلتوک دارای عملکرد خوبی بودند. تخمین رطوبت و دمای شلتوک در سامانه های کنترل خودکار دارای دقت مناسبی بود. این سامانه ها نشان دادند که شلتوک ها ۱۵ تا ۲۰درصد بیشتر از زمان لازم در خشک کن باقی می مانند. در این تحقیق راندمان تبدیل شلتوک به برنج سفید در محدوده ۶۴/۹۰ تا ۶۵/۶۸ درصد بود. بکارگیری سامانه کنترل خودکار در خشک کن موجب ۴/۳۱ درصد بهبود راندمان برنج سفید سالم و افزایش ۷/۲۳ درصدی برنج سفید کامل پس از عملیات سفید کنی شد. از میانگین گیری شاخص های رضایتمندی کارخانه های بررسی شده نتیجه گیری شد که ۸۵ درصد کارخانه های بررسی شده موافق عملکرد مناسب این سامانه ها در بهینه سازی فرایند خشک کردن شلتوک و بهبود کیفیت برنج نهایی بودند. بر اساس شاخص های فنی و اقتصادی، سرمایه گذاری در ساخت و بکارگیری سامانه کنترل خودکار روی خشک کن خوابیده در دوره تحلیل، به ازای یک ریال سرمایه گذاری در بکار گیری سامانه ۱/۲۳ ریال منفعت ایجاد شده و نرخ بازده داخلی بکارگیری سامانه ۳۷/۴ درصد برآورد شد. لذا بکارگیری سامانه کنترل خودکار روی خشک کن خوابیده توجیه پذیر بوده و توصیه می گردد.

عکس/عکس های شاخص از یافته:

کاربرگ: اطلاعات دستاوردهای تحقیقاتی مهم و اثربخش

الف- مشخصات شناسنامه‌ای دستاورد:

عنوان دستاورد پژوهشی:

سامانه های کنترل خودکار مصرف سوخت و انرژی در خشک کنهای خوابیده شلتوک

مجری و همکاران: حمیدرضا گازر، کبری تجددی طلب، هرمز اسدی، امیدرضا روستاپور، اکبر یونسی، سعید جوادزاده

موسسه/پژوهشکده: موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

موسسات/ مراکز استانی همکار: موسسه تحقیقات برنج کشور، موسسه تحقیقات صلاح و تهیه نهال و بذر

چکیده حداکثر در ۲۰۰ کلمه (با احتساب موارد ذیل):

خشک کنهای خوابیده (صندوقی) برنج جزو خشک کنهای مرسوم و رایج در استانهای شمالی کشور بوده و مصرف انرژی و زمان خشک شدن شلتوک در آنها زیاد می باشد. در شرایط حاضر کاربرد روش ها و سامانه های بهینه سازی زمان و مصرف انرژی در این خشک کنها بسیار ضروری می باشد. در این تحقیق در استان گیلان عملکرد سامانه های کنترل خودکار بر اساس رطوبت و دمای شلتوک بررسی شد. بکار گیری این سامانه ها دارای دقت مناسبی در تخمین رطوبت و دمای شلتوک داشت. انرژی ویژه مصرفی برای خشک کردن شلتوک در محدوده ۱۷۰۰ تا ۲۵۰۰ (کیلو ژول بر کیلو گرم آب تبخیر شده) بدست آمد. خشک کنهای دارای سامانه های کنترل خودکار دارای عملکرد بهتری از نظر کیفیت تبدیل برنج بودند. حدود ۸۵ درصد کارخانه ها از عملکرد این سامانه ها در بهینه سازی فرایند خشک کردن شلتوک و کیفیت برنج تبدیلی راضی بوده و بکار گیری سامانه های کنترل خودکار بر روی خشک کنهای خوابیده شلتوک توصیه می شود. کاهش زمان خشک کردن و بهسازی مصرف انرژی در مدت محدود برداشت و تبدیل شلتوک برای کارخانه داران شالیکوبی بسیار مهم است که بتوانند حداکثر راندمان و خروجی را داشته باشند و تناژ بیشتری را تبدیل کنند. لذا بکارگیری سیستمهای کنترلی در خشک کنهای رایج شلتوک می تواند ضمن کاهش مصرف سوخت و انرژی، برکاهش زمان فرایند و بهبود کیفیت شلتوک های خشک شده نیز موثر باشد. به تعبیر دیگر، تاثیر بکارگیری سامانه کنترل سوخت و انرژی در خشک کن برنج ضمن جلوگیری از هدر رفت منابع ملی گاز و برق، از ضایعات تبدیل برنج نیز خواهد کاست و این مساله در صنعت تبدیل برنج از لحاظ اقتصادی -اجتماعی دارای اهمیت می باشد.

-مشکل/مشکلاتی که با این دستاورد حل شده :

رفع مشکل پایش و کنترل فرایند خشک کردن شلتوک در خشک کنهای خوابیده (سنتی) که موجب عدم کنترل مناسب فرایند، بروز خشک شدن بیش از حد و شکستگی دانه ها می گردید.

- آثار اقتصادی -اجتماعی و اجرایی دستاورد :

۱. بهینه سازی مصرف سوخت و انرژی در خشک کنهای بستر خوابیده
۲. مدیریت بهتر زمان خشک شدن شلتوک و بهبود کیفیت تبدیل برنج
۳. کنترل بهتر فرایند و جلوگیری از خطای انسانی و بند افتادن شلتوک ها در فرایند خشک شدن
۴. کاهش هزینه های مسئول فنی و نیروی انسانی
۵. دارای نسبت فایده به هزینه بالاتر از واحد
۶. دارای نرخ بازده داخلی بیشتر از نرخ بلندمدت سپرده بانکی
۷. دارای ارزش کنونی مثبت

ب – مشخصات اجرایی/کاربردی دستاورد پژوهشی:

نیازسنجی بر چه اساسی صورت گرفته است؟

☑ سفارش محور (نام سفارش دهنده) درخواست شرکت ویرا سامانه پارسان (بخش خصوصی)

☐سایر موارد:

آیا نتایج دستاورد پژوهشی به ذی نفعان منتقل شده است؟ خیر

درصورت مثبت بودن پاسخ نحوه انتقال به شرح ذیل تعیین شود:

- مشخصات پایلوت:
- آیا واگذاری انجام شده است؟ بلی ☑ به بخش خصوصی(غیردولتی) ☐ به بخش دولتی
- سایر موارد:

عکس/عکس‌های شاخص از دستاورد: ارسال چند عکس مناسب از خود دستاورد به نحوی که بیانگر اهمیت موضوع باشد (شرح عکس الزامی است).

خشک کنهای شلتوک فاقد سامانه کنترل خودکار

خشک کنهای شلتوک دارای سامانه کنترل خودکار