طراحی و بهینه سازی خشک کن تسمه ای به کمک Excel (۲۰۹)

محمد مزیدی[۱] ، امین طاهری گراوند[۲] ، سید مهدی جعفری[۳]

چکیده

در این پروژه، ابتدا یک قاعده کلی برای حل مشکل طراحی فرآیند خشک کردن مطرح شده و سپس برای اجـرای طراحـی از محیط Excel استفاده شده است. یکی از خشک کن های متداول در صنایع تبدیلی محصولات کشاورزی، خشک کـن تـسمه ای است که در مطالعه حاضر، برای هویج بکارگرفته شده است. از طریق نرم افزار Excel می توانیم تابع هدف (هزینه سالیانه کل) را بهینه کرده و نتایج تغییرات متغیرهای طراحی بر روی تابع هدف را مشاهده کنیم. در نهایت متوجه می شویم که از بین متغیرهـای طراحی تنها با افزایش مقدار رطوبت هوا، هزینه سالیانه کل کاهش می یابد و با افزایش دما، سرعت هوای خشک و عرض تـسمه، هزینه سالیانه کل افزایش می یابد. نتایج این پروژه نشان می دهد که بهترین شرایط برای خشک کردن هویج توسط خـشک کـن تسمه ای، استفاده از هوای خشک با سرعت ۱/۵ متر بر ثانیه، با مقدار رطوبت ۰/۰۴۵ کیلوگرم بر کیلوگرم هوای خشک و دمای ۶۵ درجه سانتیگراد می باشد. همچنین، عرض تسمه در خشک کن باید برابر با ۲ متر باشد تا کمترین هزینه سالیانه را داشته باشیم.

کلیدواژه : خشک کردن، مدل سازی، نرم افزار صفحه گسترده، هویج، بهینه سازی

۱- دانشجوی کارشناسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- دانشجوی کارشناسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- استادیار گروه صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، پست الکترونیک: smjafari@gau.ac.ir

مقدمه

نرم افزارهای کامپیوتری این امکان را به مهندسان می دهد که تمرکز بیشتری را بر روی برنامه ریزی، تصمیم گیری و تفسیر اطلاعات بگذارند. از طریق نرم افزارهای کامپیوتری می توان یک عملیات فرآوری و یک فرآیند کامل را شبیه سازی کرد. یک مهندس طراح می تواند برای حل یک مشکل، خود یک زبان برنامه نویسی ابداع کند که بدلیل وقت گیر بودن توصیه می شود از نرم افزارهای موجود استفاده شود. نرم افزار های صفحه گسترده گزینه مناسبی برای مهندسان می باشد. در حال حاضر بدلیل سهولت استفاده، قیمت مناسب این نرم افزارها و در دسترس بودن کامپیوترهای شخصی، استفاده از این نرم افزارها رو به گسترش است [۱]. یکی از نرم افزارهای چندمنظوره، Microsoft Excel همراه با Visual Basic است. این بسته نرم افزاری دارای ابزار مربوط به کاربردهای ریاضی و آماری است [۲ و۳].

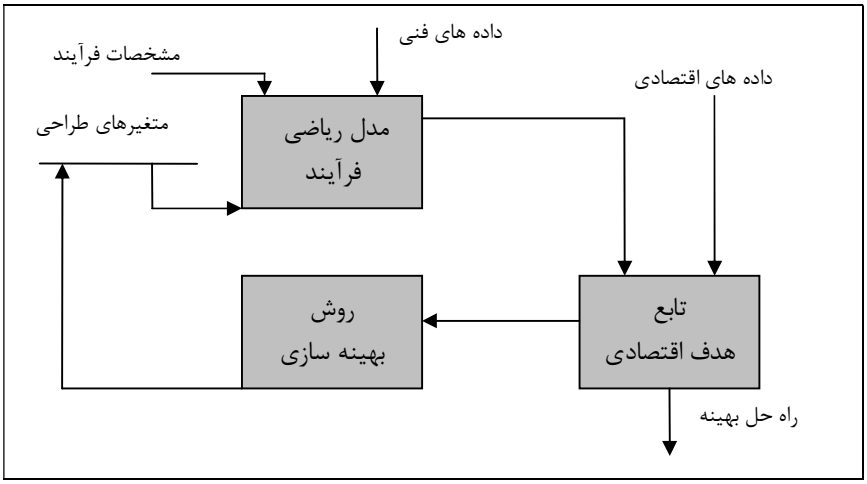
این مقاله به دو موضوع می پردازد: یک قاعده کلی برای حل مشکل طراحی فرآیند خشک کردن و سپس یک قاعده برای اجرای طراحی در محیط Excel. یکی از خشک کن های متداول در صنایع تبدیلی محصولات کشاورزی، خشک کن تسمه ای است. در این مقاله کاربرد خشک کن تسمه ای برای هویج را توسط نرم افزار Excel بهینه می کنیم.

اصول طراحی فرآیند به کمک Excel

طراحی به کمک کامپیوتر بر مبنای شبیه سازی کامپیوتری می باشد که خود بر پایه مدل سازی فرآیند است. مدل سازی، روشی برای ترجمه قوانین فیزیکی یک فرآیند به شکل معادلات ریاضی است. شبیه سازی، نرم افزار مناسبی است که کارایی واقعی یک فرآیند را حدس می زند. طراحی، روشی است برای تعیین اندازه و سرعت یک فرآیند به منظور دستیابی به هدفی خاص. در جدول ۱ تجزیه و تحلیل درجه آزادی ارایه شده است. درجه آزادی تعیین کننده تعداد متغیرهای ط احی فرآیند می باشد [۴].

جدول۱- تجزیه و تحلیل درجه آزادی

تعداد کل متغیرها	M
تعداد کل معادلات	N
درجه آزادی	F = M-N
درجه آزادی	F
مشخصات مساله	K
متغیرهای طراحی	D = F-K



شکل۱- نمودار جریان اطلاعات برای بهینه سازی فرآیند.

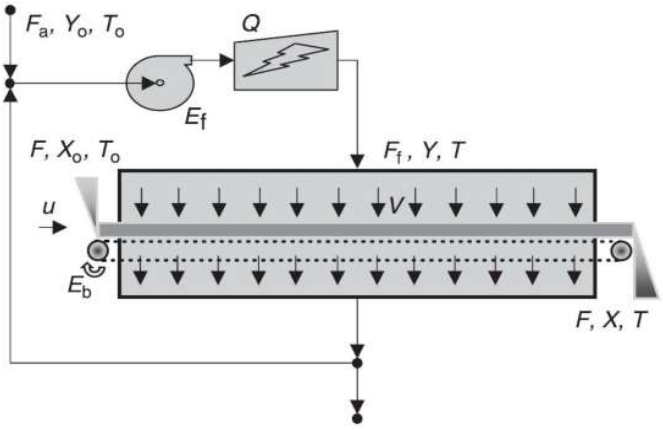
رویه ای که در شکل ۱ ارایه شده است، مناسب برای کاربرد در یک محیط صفحه گسترده می باشد. در این رابطه ، چهار بخش مجزا، قابل تفکیک از همدیگر بوده و هر یک در صفحه گسترده ای جدا پیاده خواهد شد [۵]. قلب محاسبات سامانه، "صفحه کاری مدل فرآیند" است که دربرگیرنده مدل فرایند می باشد. با بروز هرگونه تغییر در متغیرهای ورودی (متغیرهای آزاد)، حل مسئله بصورت خودکار بر روی همان صفحه کاری انجام خواهد شد. از آنجائیکه برای استفاده از شبیه ساز نیاز به حل مسایل متفاوتی است، برخی از این مسایل در "مدول حل مسئله در Visual Basic" فرموله می شوند. حل انها بر مبنای ساده ترین مسئله موجود در "صفحه کاری مدل فرایند" بوده و از ابزار Solver یا Goal Seek موجود در Excel از طریق برنامه Visual Basic استفاده می شود تا راه حلی برای مسایل مربوطه بدست آید. تمام داده های فنی و متفرقه مورد نیاز از "صفحه

کاری بانک اطلاعاتی" بازخوانی می شود. این صفحه حاوی تمام اطلاعات مورد نیاز به شکل"فهرست داده ها" می باشد. می توان با استفاده از جعبه های dialog مناسب، این داده ها را توسعه داده و یا اصلاح نمود.

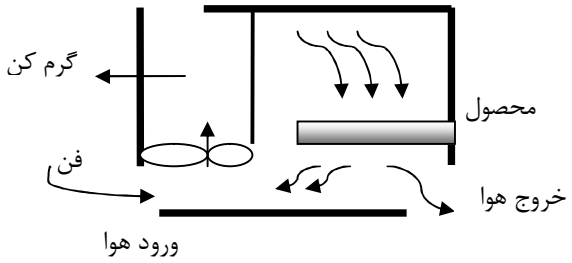
"صفحه کاری سطح تماس گرافیکی" یک راه مناسب و ساده برای برقراری ارتباط بین انسان و دستگاه می باشد. این صفحه معمولا حاوی سه قسمت است: (الف) مشخصات مسئله: در این قسمت، مشخصات و داده های مورد نیاز برای حل مسئله مورد نظر توسط کاربر وارد شده و یا از بانک های اطلاعاتی تخمین زده می شود. داده های مذکور از طریق جعبه های dialog و یا صفحه کلید وارد شده و می توان آنها را کم یا زیاد نمود. (ب) انتخاب نوع مسئله: انتخاب نوع مسئله ای که قرار است حل شود، از طریق کلیدها انجام می گیرد. (ج) ارایه نتایج: نتایج بطور خودکار بدست آمده و به شکل جدول یا نمودار ارایه می شوند. از آنجائیکه نمودارهای مربوطه به صورت خودکار به روز در می آیند، کاربر تمام اطلاعات مورد نیاز جهت تعیین اندازه سرعت، تجزیه و تحلیل تاثیر متغیرها و یا مقایسه راه حل های مختلف را به راحتی در اختیار دارد [۱ و ۶].

شرح فرآیند

در شکل ۲، یک نمودار جریان ساده از خشک کن تسمه نقاله دار نشان داده شده است. محصول مرطوب ورودی دارای شدت جریان F (kg/s db)، دمای T_0 (°C) و رطوبت X_0 (kg/kg db) بوده و در هنگام ورود به خشک کن، بر روی تسمه پخش می شود. محصول خشک شده نیز با همان شدت جریان مشابه F (kg/s db) بر مبنای وزن خشک، دمای T (°C) و میزان رطوبت X (kg/kg db) از خشک کن خارج می گردد. سرعت حرکت تسمه برابر با u (m/s) بوده و برای حرکت کردن به توان الکتریکی E_b (kW) نیاز دارد. هوا نیز با شدت جریان F_f (kg/s db) ، دمای T (°C) و رطوبت Y (kg/kg db) وارد خشک- کن می شود. دمای هوا در بخش گرم ن و رطوبت هوا از طریق شدت جریان هوای تازه F_a (kg/s db) کنترل می شود. توان الکتریکی مورد نیاز فن برابر با E_f (kW) بوده و توان حرارتی برابر Q (kW) در گرم کن مصرف می شود. همانطور



(الف)



(ب)

شکل۲ – تصویری شماتیک از یک خشک کن تسمه ای: (الف)نمودار جریان ساده؛ (ب) نمایی از برش

که در منحنی برش عرضی خشک کن در شکل ۲ (ب) نمایش داده شده است، به دلیل جریان هوای زیاد می توان شرایط هوا در طراحی فرآیند را ثابت در نظر گرفت.

مدل فرآیند

مدل ریاضی فرآیند در جدول ۲ آمده است. از معادله E01 برای محاسبه فشار بخار در دمای خشک کردن استفاده می شود و معادله E02 معادله سایکرومتری است. از معادلات E01 و E02 برای محاسبه فعالیت آبی در شرایط خشک کردن، یعنی دمای T و رطوبت هوای Y استفاده می گردد. معادله E03 میزان رطوبت تعادلی ماده را در شرایط خشک کردن محاسبه می نماید. اما معادله E04 جهت براورد ثابت زمان خشک کردن در شرایط مورد نظر بکار می رود. از هر دو معادله E03 و E04 در معادله E05 استفاده می شودکه زمان مورد نیاز خشک کردن را محاسبه می کند. معادلات E06 وE07 موازنه رطوبت در خشک کن را بیان می نند. معادله E06 در مورد مواد جامد و معادله E07 برای هوا بکار می رود.

خلاصه ای از نیازهای مربوط به انرژی حرارتی در هنگام خشک کردن نیز در معادلات E08 تا E11 آمده است. معادله E08 مربوط به تبخیر آب، معادله E09 مربوط به حرارت دهی مواد جامد، معدله E10 مربوط به حرارت دهی هوای برگشتی و معادله E11 مربوط به کل انرژی مورد نیاز گرم کن می باشد. از معادله E12 برای تعیین اندازه گرم کن استفاده می شود. معادلات E13 تا E17 جهت محاسبه اندازه تسمه نقاله بکار می روند. معادله E13 رابطه بین زمان ماندن با جرم کلی محصول در داخل خشک ن و معادله E14 رابطه بین جرم کلی و حجم کلی محصول در داخل خشک کن را نشان می دهد. این معادلات برای تمام انواع خشک کن ها معتبر هستند. معادله E15 بیانگر توزیع هندسی حجم کلی محصول بر روی تسمه می باشد. معادله E16 برای محاسبه مساحت مورد نیاز تسمه و معادله E17 جهت محاسبه سرعت مورد نیاز تسمه برای تامین زمان ماندن مطلوب بکار می رود.

جدول۲- مدل خشک کن تسمه ای.

معادلات سایکرومتری	
$P_S = \exp[a_1 - a_2/(a_3 + T)]$	(E01)
$Y = m a_w P_s/(P - a_w P_s)$	(E02)
سینیتیک خشک کردن	
$X_e = b_1 \exp[b_2/(273+T)][a_w/(1-a_w)]^{b_3}$	(E03)
$t_c = c_0 D^{c1} V^{c2} T^{C3} Y^{C4}$	(E04)
$t = -t_c \ln[(X - X_e)/(X_0 - X_e)]$	(E05)
موازنه جرم	
$W = F(X_0 - X)$	(E06)
$(Y - Y_0) W = F_a$	(E07)
الزامات انرژی حرارتی	
$Q_{we} = F(X_0 - X)[\Delta H_0 - (C_{PL} - C_{PV})T]$	(E08)
$Q_{sh} = F[C_{PS} + X_0 C_{PL}](T - T_0)$	(E09)
$Q_{ah} = F_a[C_{PA} + Y_0 C_{PV}](T - T_0)$	(E10)
$Q = Q_{we} + Q_{sh} + Q_{ah}$	(E11)
گرم کن هوا	
$Q = A_S U_S (T_S - T)$	(E12)
خشک کن تسمه ای	
$M = tF(1 + X_0)$	(E13)
$M = (1 - \varepsilon)\rho_S H$	(E14)
$H = Z_0 DL$	(E15)
$A_b = LD$	(E16)

$u_b = L/t$	(E17)
فن	
$\Delta P = f_1 Z_0 V^2$	(E18)
$F_i = \rho_a VDL$	(E19)
$E_f = \Delta P F_F / \rho_a$	(E20)
موتور محرکه تسمه	
$E_b = e_1 L(1+X_0)F$	(E21)
الزامات انرژی الکتریکی	
$E = E_b + E_f$	(E22)
اندیس های کارایی	
$n = Q_{we}/Q$	(E23)
$r = W/A_B$	(E24)

معادلات E18تاE20 در تعیین اندازه فن استفاده می شوند. از معادله E18 برای محاسبه افت فشار هوای عبوری از میان توده محصول بر روی تسمه استفاده می گردد. معادله E19 رابطه بین شدت جریان هوا با سرعت هوا را نشان می دهد. معادله E20 نیز برای براورد توان الکتریکی مورد نیاز جهت حرکت فن استفاده می شود. معادله E21توان الکتریکی لازم برای حرکت تسمه را محاسبه می کند. معادله E22 کل توان الکتریکی مورد نیاز را محاسبه می نماید . بالاخره اینکه معادلات E23وE24 دو شاخص مهم و بحرانی در رابطه با کارایی خشک کن را تعریف می کنند. معادله E23 کارایی حرارتی خشک کن و معادله E24 ظرفیت تبخیر را به ازای واحد سطح تسمه نقاله محاسبه می کند.

در این مدل، ۳۷ متغیر همراه با ۲۴ معادله ارایه شده است. خلاصه ای از داده های فنی مربوطه در جدول ۳ آمده است. مشخصات فرآیند برای این پروژه طراحی در جدول ۴ داده شده است و تجزیه و تحلیل درجه آزادی نیز در جدول ۵ دیده می شود که نشانگر وجود ۴ متغیر طراحی است. جدول ۶ پیشنهاد می کند که متغیرهای طراحی چگونه انتخاب شوند. هزینه کل سالیانه (TAC) داده شده در جدول۷ بعنوان تابع هدف در بهینه سازی فرآیند مورد استفاده قرار می گیرد. خلاصه ای از داده های هزینه ای مورد نیاز هم در جدول ۸ و نتایج تجزیه و تحلیل هزینه در جدول ۹ آمده است.

جدول۳- داده های مربوط به فرآیند.

دانسیته (kg/m^3)	
آب	ρ_W=1000
هوا	ρ_a=1
ماده خشک	ρ_s=1750
گرمای ویژه (kJ/kgK)	
آب	C_{PL}=4.20
بخار آب	C_{PV}=1.90
هوا	C_{pa}=1.00
ماده خشک	C_{PS}=2.00
گرمای نهان (MJ/kg)	
کندانس شدن بخار در 0° C	ΔH_0=2.50
سایر مواد	
ضریب انتقال حرارت در گرم کن هوا (kW/m^2k)	U_S=0.10
فضای خالی	ε=0.40
اعداد ثابت تجربی	
معادله Antoine برای فشار بخار آب	a_1=1.19 10 a_2=3.99 10^3 a_3=2.34 10^2
معادله Oswin برای ایزوترم های ماده	b_1=7.35 10^{-4} b_2=1.75 10^3 b_3=4.00 10^{-1}
معادله سیمتیک خشک کردن	c_0=0.50 c_1=1.40 c_2=-1.65 c_3=-0.25 c_4=0.12
معادله توان تسمه	e_1=2.00
معادله افت فشار	f_1=2.00

جدول ۴-مشخصات فرآیند.

شدت جریان خوراک ورودی	ton/h db	$F=0.01$
میزان رطوبت اولیه محصول	Kg/kg db	$X_0=10.0$
میزان رطوبت نهایی محصول	Kg/kg db	$X=0.10$
اندازه مشخصه ماده	m	$d=0.01$
دمای محیط	˚C	$T_0=25.0$
رطوبت محیط	Kg/kg db	$Y_0=0.01$
عمق بارگیری	m	$Z_0=0.20$
فشار محیط	bar	$P=1.00$
دمای بخار حرارتی	˚C	$T_s=160$

جدول ۶-متغیرهای طراحی.

رطوبت هوای خشک	Kg/kg db	$Y=0.045$
دمای هوای خشک	C˚	$T=65.0$
سرعت هوای خشک	m/s	$V=1.50$
عرض تسمه	M	$D=2.00$

جدول۸- داده های مربوط به هزینه ها.

هزینه سرویس های جانبی		
هزینه برق	ریال/kWh	$C_e=300$
هزینه بخار حرارتی	ریال/kWh	$C_s=200$
هزینه واحد ماشین آلات		
خشک کن تسمه ای	ریال/ m^2	$C_{bel}=10,000,000$
مبدل های حرارتی	ریال/ m^2	$C_{exc}=2,000,000$
فن	ریال/kW	$C_{fan}=1,000,000$
فاکتور مقیاس اندازه ماشین آلات		
خشک کن تسمه ای	-	$n_{bel}=0.95$
مبدل حرارتی	-	$n_{exc}=0.65$
فن	-	$n_{fan}=0.75$
سایر موارد		
زمان کاری سالانه	h/yr	$t_y=2500$
نرخ بهره	-	$i_r=0.15$
عمر مفید	yr	$l_f=5$

جدول۵- تجزیه و تحلیل درجه آزادی.

(۱۳) درجه آزادی = (۲۴) معادلات فرآیند – (۳۷) متغیر فرآیند

(۴) متغیر طراحی = (۹) مشخصات معلوم– (۱۳) درجه آزادی

جدول۷- تجزیه و تحلیل هز ه ها.

هزینه ماشین آلات	
$C_{eq}=C_{bel}A^{n_{bel}}+C_{exc}A_s^{n_{exc}}+C_{fan}E_f^{n_{fan}}$	(F01)
هزینه کاری سالانه	
$C_{op}=(C_sQ+C_eE)t_y$	(F02)
کل هزینه سالیانه (تابع هدف)	
$TAC=eC_{eq}+C_{op}$	(F03)
فاکتور برگشت سرمایه	
$e=\frac{i_r(1+i_r)^{l_f}}{(1+i_r)^{l_f}-1}$	(F04)

جدول۹- نتایج تجزیه و تحلیل هزینه ها.

هزینه ماشین آلات		
خشک کن تسمه ای	ریال/kWh	$C_{bel}=10,000,000$
مبدل حرارتی	ریال/kWh	$C_{exc}=2,000,000$
فن		$n_{fan}=1,000,000$
کل هزینه ماشین آلات	ریال	$C_{eq}=229491089$
هزینه کاری		
هزینه برق	ریال/kwh	$C_e=300$
هزینه بخار حرارتی	ریال/kwh	$C_s=200$
کل هزینه کاری	ریال/kWh	$C_{op}=47822149$
تابع هدف		
هزینه سالیانه ماشین آلات	-	$eC_{eq}=68460761$
هزینه کاری	-	$C_{op}=47822149$
کل هزینه سالیانه	-	TAC=116282910

پیاده سازی مسئله در Excel

۱- آماده کردن فایل مورد نظر
۲- مدل کردن فرآیند در یک صفحه گسترده
۳- استفاده از ابزار Solver برای بهینه سازی فرآیند
۴- استفاده از جداول و نمودارها برای ارایه نتایج
۵- معرفی جعبه های Dialog و کنترل ها برای اصلاح داده ها
۶- آماده سازی تکمیل یک سطح تماس گرافیکی

مرحله۱- آماده کردن فایل

در این مرحله یک فایل جدید به نام ((Drying.xls)) ایجاد نموده و مطابق جدول ۱۰، صفحات خالی را در این فایل ایجاد و نامگذاری می کنیم.

جدول ۱۰-صفحات موجود در فایل ((Drying.xls)).

نام صفحه	هدف
صفحات گسترده	
☐ فرآیند	☐ مدل فرآیند
☐ نمودار جریان	☐ نمودار جریان فرآیند
☐ گزارش	☐ گزارش خلاصه نتایج
☐ کنترل	☐ سطح تماس گرافیکی
مدول های Visual Basic	
☐ بهینه سازی	☐ مسیرهای فرعی بهینه سازی فرایند
☐ کنترل ها	☐ مسیرهای فرعی جعبه های Dialogو کنترل ها
صفحات جعبه Dialog	
☐ Spec	☐ مشخصات فرآیند
☐ Tech	☐ داده های فنی
☐ Cost	☐ داده های اقتصادی

مرحله۲- مدل کردن فرآیند در یک صفحه گسترده

در داخل صفحه گسترده ((فرآیند))، هفت ناحیه جداگانه به شرح ذیل در نظر می گیریم:

۱- داده های فنی ۲- مشخصات فرآیند ۳- مدل فرآیند ۴- مدل اقتصادی ۵- متغیرهای طراحی ۶- داده های اقتصادی ۷- حدود فرآیند

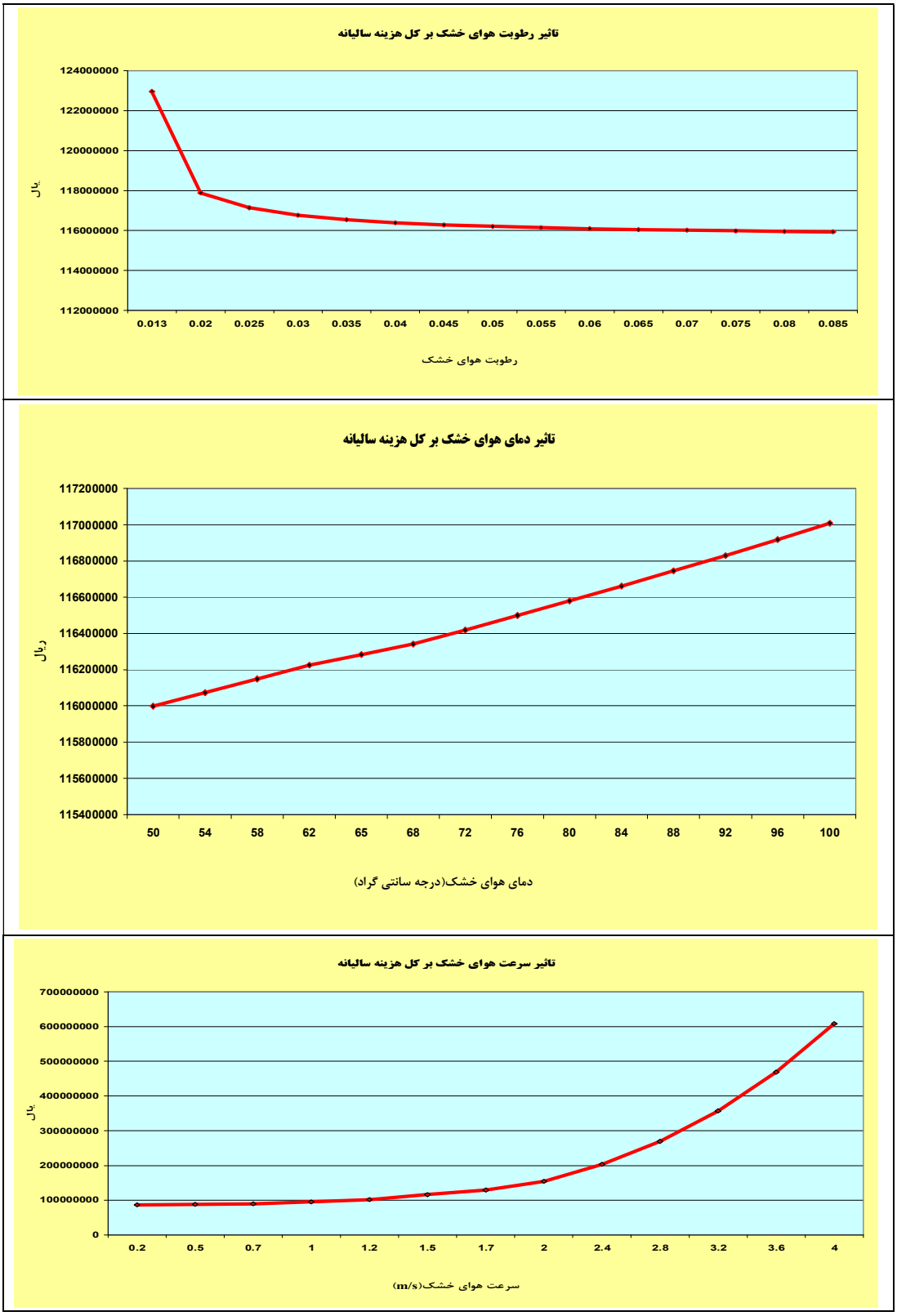
در ناحیه های مربوط به ((داده های فنی))، ((متغیرهای طراحی))، ((مشخصات فرآیند)) و ((داده های اقتصادی)) تنها یک سری داده وجود دارد. در ناحیه های ((مدل فرآیند))، ((حدود فرآیند)) و ((مدل اقتصادی)) نیز یک سری فرمول وجود دارند. با وارد کردن داده ها و فرمول ها ، پیاده سازی مدل فرآیند تکمیل خواهد شد و صفحه گسترده حاصله یعنی صفحه ((فرآیند)) ظاهری شبیه شکل ۲ خواهد داشت. فلش های رسم شده نشانگر چگونگی جریان اطلاعات در صفحه گسترده هستند.

مرحله۳- استفاده از ابزار Solver

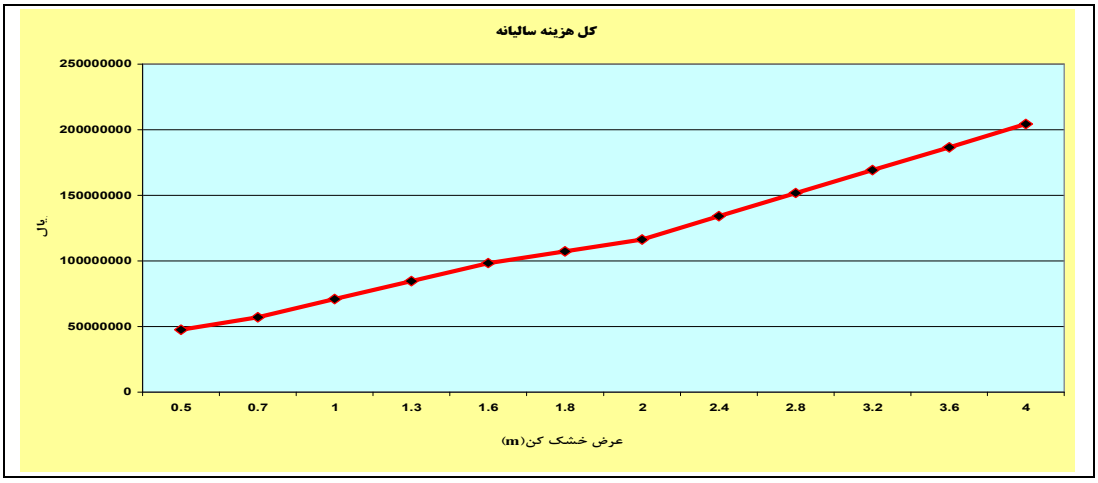
برای بدست آوردن مقدار بهینه در تابع هدف از ابزار Solver در Excel استفاده می شود. با انتخاب تابع هدف در حالت Min به معنای کمترین مقدار برای کل هزینه سالیانه و انتخاب متغیرهای طراحی به عنوان متغیرهای Solver مقدار بهینه بدست می آید. لازم یذکر است که در ابزار Solver قسمتی برای قید ها در نظر گرفته شده است که می توان بر متغیرهای طراحی قیدهایی را اعمال کرد.

مرحله ۴- استفاده از جداول و نمودارها برای ارایه نتایج

می توان با ابزار های جداول و نمودار موجود در اکسل ، نتایج طراحی فرآیند را بیشتر مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.(شکل۳)



شکل۳- تاثیر متغیرهای طراحی بر کل هزینه سالیانه.



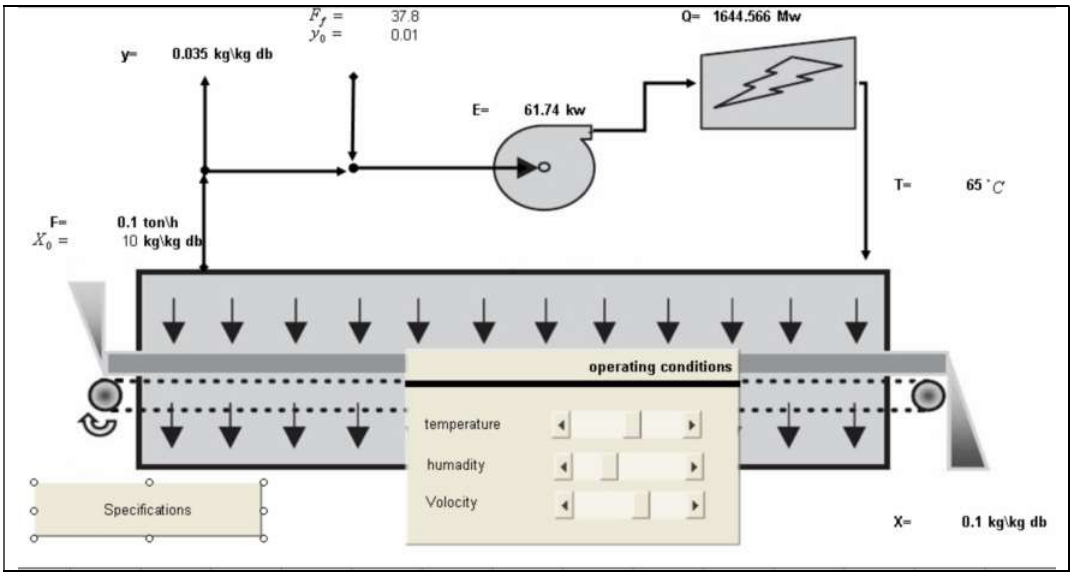
ادامه شکل۳

مرحله ۵- معرفی جعبه های Dialog و کنترل ها جهت اصلاح داده ها

از یک جعبه dialog به منظور اصلاح مقادیر مربوط به مشخصات فرآیند که در ناحیه((مشخصات فرآیند)) در صفحه فرآینـد قـرار دارند، استفاده می شود (شکل۴) .

مرحله۶- آماده سازی و تکمیل یک سطح تماس گرافیکی

می توان هر نوع سطح تماس گرافیکی مورد نظر را در صفحه گسترده((کنترل ها)) تهیه و تکمیل نمود.



شکل۴- جعبه dialog مشخصات فرآیند.

نتیجه گیری و پیشنهادات

بعد از مدلسازی و پیاده سازی پروژه طراحی خشک کن تسمه ای برای محصول هویج در محیط Excel بهترین شرایط بـرای بـه حداقل رساندن هزینه سالیانه کل عبارت است از : هوای خشک مورد نیاز با سرعت۱/۵ متر بر ثانیه، رطوبت مطلق ۰/۰۴۵ کیلوگرم بر کیلوگرم و دمای ۶۵ درجه سانتی گراد و عرض تسمه در خشک کن ۲ متر. می توان از همـین اصـول در طراحـی، مدلـسازی و بهینه سازی سایر خشک کن ها و بسیاری از ماشین آلات بکار رفته در صنایع تبدیلی محصولات کشاورزی استفاده نموده و هزینـه ها را به حداقل رساند.

منابع

1.Saunders,S,**2006**, Programming Excel with VBA and .NET, Jeff Webb Publisher.

.2.Bloch, S. C, **2000**, Excel for engineers and scientists. New York: John Wiley

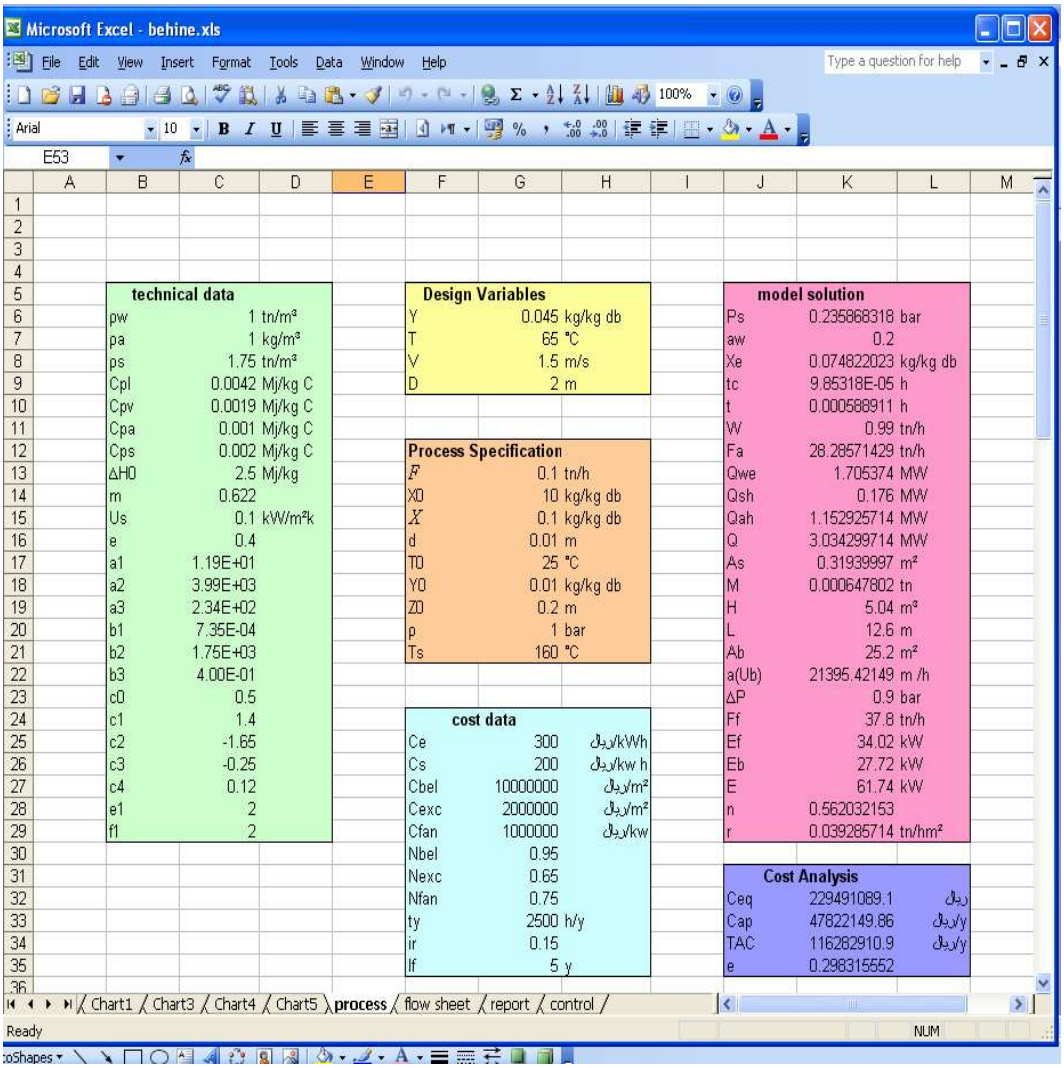
3.Liengme, B. V**,1997**, A guide to Microsoft excel for scientist and engineers. **London**: Arnold.

۴. جعفری،س.م،**۱۳۸۷**، طراحی فرآیندهای صنایع غذایی (ترجمه)، گرگان، انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، در دست چاپ.

5.Maroulis, ZB, Saravacos GD, **2002**. Modeling, simulation and design of drying processes. Keynote Lecture at the 13th International Drying Symposium, IDS 2002, Beijing, China.

6.Frye,C,Wayne, S and Felicia,K. Buckingham,**2004**,Microsoft Excel 2003 Programming Inside Out, Microsoft Press.

خلاصه ای از داده ها و نتایج مربوط به پروژه



Microsoft Excel - behine.xls

technical data		
ρw	1	tn/m³
ρa	1	kg/m³
ρs	1.75	tn/m³
Cpl	0.0042	Mj/kg C
Cpv	0.0019	Mj/kg C
Cpa	0.001	Mj/kg C
Cps	0.002	Mj/kg C
ΔH0	2.5	Mj/kg
m	0.622	
Us	0.1	kW/m²k
e	0.4	
a1	1.19E+01	
a2	3.99E+03	
a3	2.34E+02	
b1	7.35E-04	
b2	1.75E+03	
b3	4.00E-01	
c0	0.5	
c1	1.4	
c2	-1.65	
c3	-0.25	
c4	0.12	
e1	2	
f1	2	

Design Variables		
Y	0.045	kg/kg db
T	65	°C
V	1.5	m/s
D	2	m

Process Specification		
F	0.1	tn/h
X0	10	kg/kg db
X	0.1	kg/kg db
d	0.01	m
T0	25	°C
Y0	0.01	kg/kg db
Z0	0.2	m
p	1	bar
Ts	160	°C

cost data		
Ce	300	ریال/kWh
Cs	200	ریال/kw h
Cbel	10000000	ریال/m²
Cexc	2000000	ریال/m²
Cfan	1000000	ریال/kw
Nbel	0.95	
Nexc	0.65	
Nfan	0.75	
ty	2500	h/y
ir	0.15	
lf	5	y

model solution		
Ps	0.235868318	bar
aw	0.2	
Xe	0.074822023	kg/kg db
tc	9.85318E-05	h
t	0.000588911	h
W	0.99	tn/h
Fa	28.28571429	tn/h
Qwe	1.705374	MW
Qsh	0.176	MW
Qah	1.152925714	MW
Q	3.034299714	MW
As	0.31939997	m²
M	0.000647802	tn
H	5.04	m²
L	12.6	m
Ab	25.2	m²
a(Ub)	21395.42149	m /h
ΔP	0.9	bar
Ff	37.8	tn/h
Ef	34.02	kW
Eb	27.72	kW
E	61.74	kW
n	0.562032153	
r	0.039285714	tn/hm²

Cost Analysis		
Ceq	229491089.1	ریال
Cap	47822149.86	ریال/y
TAC	116282910.9	ریال/y
e	0.298315552	

Chart1 | Chart3 | Chart4 | Chart5 | process | flow sheet | report | control

Ready