

● آموزش نرم افزار شبیه سازی تغییرات اقلیمی

LARS - WG

ثریا نوید | دانشجوی دکتری رشته اکولوژی گیاهان زراعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۶۶ مقدمه

رگرسیون معمولی، شبکه عصبی، الگوریتم، ژنتیک، استوکاستیک و غیره تقسیم می شوند. مدل لارس (LARS-WG)، نیز از جمله مدل های استوکاستیک آماری معتبر در زمینه پیش بینی پارامترهای اقلیمی آینده هستند.

مدل اقلیمی لارس (LARS WG)

نرم افزار LARS-WG یک مدل شبیه سازی سری - زمانی آب و هوای روزانه یک ایستگاه است که توسط میخائیل سمنف (Mikhail Semenov)، در مرکز تحقیقاتی رتامستد (Rothamsted)، در انگلستان توسعه یافته است. این مولد با استفاده از داده های آب و هوایی مشاهداتی در یک ایستگاه مفروض، پارامترهای توزیع های احتمالی متغیرهای آب و هوایی و نیز با دستیابی به رابطه بین آن ها، داده های مربوط به دوره آینده را تولید می کند. بنابراین این مدل توانایی مدل سازی دوره گذشته و آینده را دارد، اما برای هر گونه مدل سازی حتی برای مدل سازی دوره گذشته نیازمند یک سناریوی اقلیمی ویژه می باشد. از این مدل می توان برای مدل سازی داده های کم شده و خلأهای آماری نیز استفاده کرد.



این نرم افزار می تواند در موارد زیر استفاده شود:

- تولید سری - زمانی طولانی مناسب برای ارزیابی ریسک کشاورزی و هیدرولیکی
- ارائه روش گسترش شبیه سازی آب و هوایی به مناطقی که داده های آن ثبت نشده است.
- به عنوان یک ابزار محاسباتی ساده برای تولید سناریوهای اقلیمی ایستگاه - محور به منظور ارزیابی اثرات تغییر اقلیم.

مدل های اقلیمی مبحث جدیدی است که بیشتر از ۳۰ سال از عمر آن نمی گذرد. هر مدل اقلیمی تلاش می کند تا فرایندهایی که روی اقلیم تأثیر می گذارند را شبیه سازی کرده و بر اساس آن اقلیم را برای سال های آینده پیش بینی کند. مدل ها در واقع بروز فرایندها و وقایع را به صورت روابط یک سلسله عوامل موجود در جوامع (حقیقی یا غیرحقیقی)، با زبان ریاضی به نمایش می گذارند. این مدل ها معتبرترین ابزار برای بررسی آثار پدیده تغییر اقلیم بر سیستم های مختلف محسوب می شوند که می توانند پارامترهای اقلیمی را برای یک دوره طولانی مدت با استفاده از سناریوهای تأیید شده هیئت بین الدول تغییر اقلیم (IPCC)، مدل سازی کنند. از جمله راه های مطالعه و پیش بینی تغییرات اقلیم استفاده از مدل های گردش عمومی جو (General Circulation Models) می باشد. این مدل ها سه بعدی بوده و قادرند سیستم اقلیمی را با لحاظ نمودن اکثر فرایندها در مقیاس جهانی و یا قاره ای شبیه سازی کنند. این مدل ها فرایندهای موجود در اتمسفر را با استفاده از قوانین فیزیکی که به وسیله روابط ریاضی ارائه می شوند، شبیه سازی می کنند.

بزرگ ترین مشکل استفاده از مدل های گردش عمومی بزرگ مقیاس بودن سلول محاسباتی آن ها است. این مدل ها کل کره زمین را به صورت موزائیکی در نظر می گیرند. به طور مثال فرض کنید حدوداً یک گوشه این موزائیک، تهران، گوشه دیگر چالوس و سمنان و ساری قرار دارند. همان طور که می دانید اقلیم تهران و سمنان با اقلیم چالوس یا ساری بسیار متفاوت است. پس مدل های گردش عمومی نمی توانند مستقیماً برای پیش بینی و ارزیابی پیامدهای تغییر اقلیم در مقیاس منطقه ای و نقطه ای مورد استفاده قرار گیرند، آن ها نیازمند ریزگردانی یا ریز مقیاس نمایی (Downscaling Models)، با لحاظ رفتار اقلیمی مشاهداتی منطقه یا ایستگاه مورد مطالعه هستند. برای ریزگردانی داده های مدل های گردش عمومی جو دو روش اصلی وجود دارد: دینامیکی و آماری. در روش دینامیکی معادلات حرکت هوا در شبکه های منظم افقی و قائم از عمق سطح زمین تا ارتفاع حدود استراتوسفر حل می شوند. ریزگردانی به این روش مستلزم سامانه های پردازشی پرسرعت و صرف وقت زیاد می باشد. به عنوان مثال مدل سازی یک دوره ۱۰ ساله در محدوده ایران با کامپیوترهای معمولی حدود سه ماه زمان نیاز دارد. این روش بی نیاز از رفتار اقلیمی دوره مشاهداتی ایستگاه بوده و شرط اصلی برقراری روابط یاد شده بر روی نقاط شبکه محاسباتی است. دومین روش اصلی، روش آماری است که دو وجه تمایز عمده با روش دینامیکی دارد؛ اول نیازمند رفتار مشاهداتی (گذشته) ایستگاه مورد مطالعه است، دوم این که مدل سازی در یک دوره حدود دو تا سه دهه در کسری از ثانیه انجام می شود.

جمع‌آوری داده‌های اقلیمی

ورودی‌های مدل LARS-WG چهار پارامتر هواشناسی درجه حرارت کمینه روزانه، درجه حرارت بیشینه روزانه به درجه سلسیوس، بارش به میلی‌متر و تابش خورشیدی به مگاژول بر مترمربع بر روز می‌باشد. تابش خورشیدی در اکثر ایستگاه‌های هواشناسی ثبت نمی‌شود، به جای آن از ساعات آفتابی استفاده می‌شود. LARS-WG قادر است تا با استفاده از روش ریتولد ساعات آفتابی را به تابش خورشیدی تبدیل کند. لازم به ذکر است که تمام پارامترهای فوق در مقیاس روزانه در مدل استفاده می‌شود. به جای داده مفقودی می‌توان از عدد ۹۹- استفاده کرد. پس از آماده کردن فایل ورودی LARS-WG و صحت‌سنجی داده‌ها، با انتخاب مدل GCM، سناریو و تعیین دوره زمانی می‌توان وضعیت اقلیمی آینده را شبیه‌سازی کرد.

بنابراین برای شروع، آمار بلندمدت داده‌های هواشناسی شامل درجه حرارت حداقل و حداکثر بر حسب درجه سانتی‌گراد، میزان بارندگی روزانه بر حسب میلی‌متر و شدت تشعشع روزانه خورشیدی بر حسب مگاژول بر مترمربع بر روز در منطقه مورد مطالعه از بانک داده‌های سازمان هواشناسی کشور تهیه می‌شود. داده‌های آب و هوایی ایستگاه مورد نظر در دوره حداقل ۲۰ ساله به عنوان مبنا یا پایه مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این داده‌ها به عنوان ورودی مدل اقلیمی و مدل شبیه سازی رشد گیاه زراعی استفاده می‌شود. از آنجایی که شدت تشعشع روزانه در بسیاری از ایستگاه‌های هواشناسی کشور ثبت نمی‌شود، بنابراین برای دستیابی به مقادیر این متغیر با در اختیار داشتن طول ساعات آفتابی می‌توان اقدام به شبیه‌سازی آن با استفاده از رابطه آنگستروم (معادله ۱) کرد.

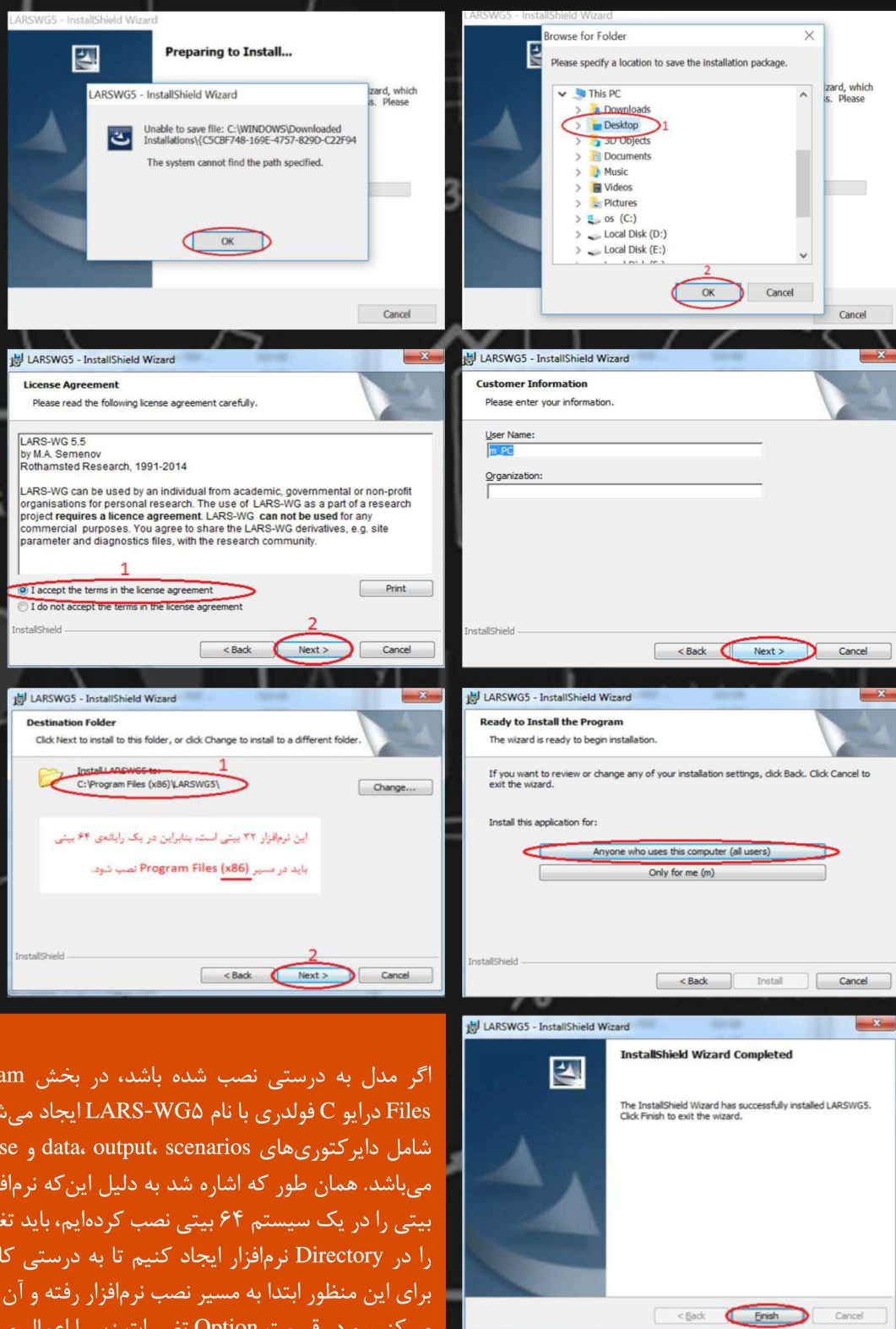
$$R_s = \left[a + b \frac{n}{N} \right] R_a \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن RS نشان دهنده تشعشع، n ساعات آفتابی، N بیشینه ساعات آفتابی ممکن و Ra تابش فرازمینی (Extraterrestrial radiation) می‌باشد. پارامترهای a و b ضرایب آنگستروم کالیبره شده محلی هستند.



Iran	16,169	+1,178	2,503	+345
Spain	11,409	+1,467	988	+135
Germany	8,639	+1,367	510	+168
S. Korea	8,320	+84	23	+6
France	6,633		81	+6
USA	5,704	+1,041	148	
Switzerland	2,742	+389	97	+11
UK	1,950	+407	27	+8
Netherlands	1,705	+292	71	+16
Norway	1,452	+104	43	+19
Austria	1,332	+314	3	+1
Belgium	1,243	+185	4	
Sweden	1,191	+70	10	+1
Denmark	977	+63	8	
Japan	878	+45	4	+1
Diamond Princess	696		29	
Malaysia	673	+107	7	+2
Australia	452	+51	2	
Canada	452	+11	5	+1
Portugal	448	+117	5	
Qatar	439	+52	1	
Czechia	396	+35	5	+1
Greece	387	+26		
	324	+44		+1

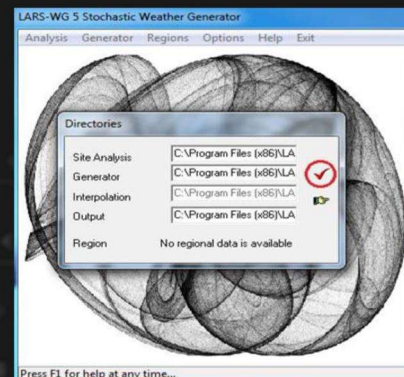
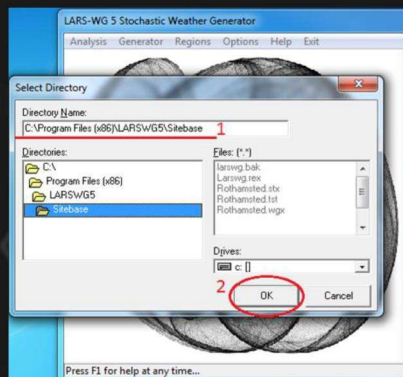
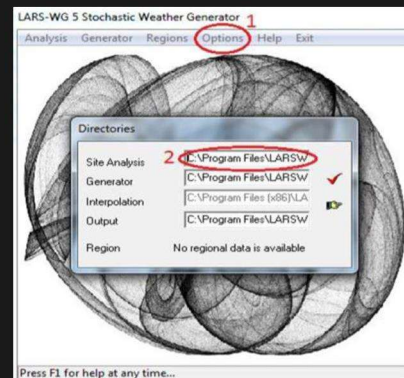
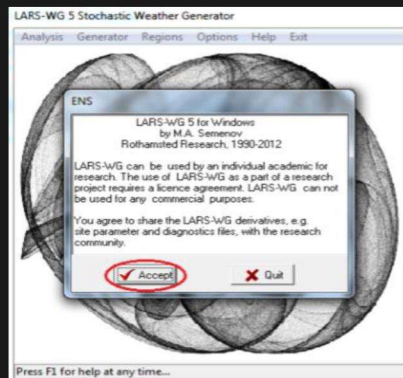
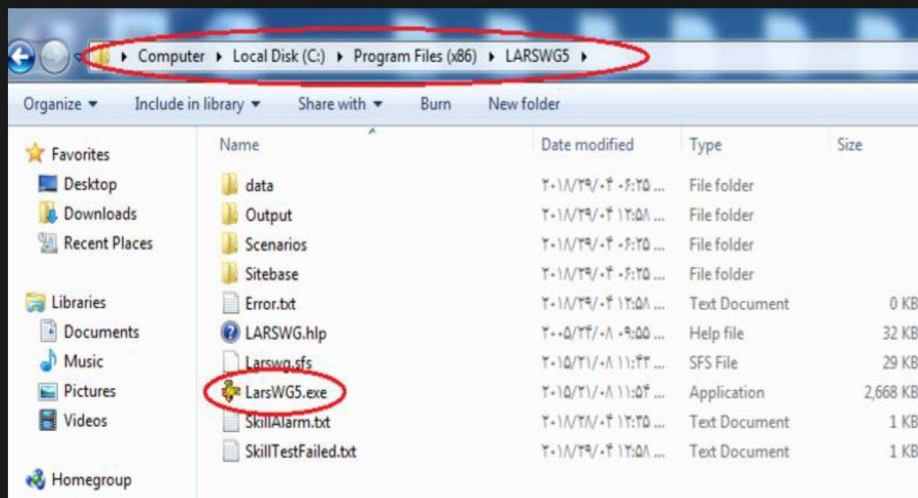
مراحل نصب نرم افزار



اگر مدل به درستی نصب شده باشد، در بخش Program Files درایو C فولدري با نام LARS-WG5 ایجاد می شود که شامل دایرکتوري های data، output، scenarios و sitebase می باشد. همان طور که اشاره شد به دليل اين که نرم افزار ۳۲ بیتی را در یک سیستم ۶۴ بیتی نصب کرده ایم، باید تغییراتی را در Directory نرم افزار ایجاد کنیم تا به درستی کار کند. برای این منظور ابتدا به مسیر نصب نرم افزار رفته و آن را اجرا می کنیم و در قسمت Option تغییرات زیر را اعمال می کنیم:

Site Analysis = C:\Program Files (x86)\LARSWG5\ Site base
 Generator = C:\Program Files (x86)\ LARSWG5 \ Site base
 Output = C:\ Program Files (x86) \ LARSWG5 \ Output

تنظیمات لازم جهت نصب نرم افزار ۳۲ بیتی بر روی ویندوز ۶۴ بیتی



بدین ترتیب نصب و تنظیم اولیه‌ی نرم افزار با موفقیت به پایان می‌رسد.

برای مدل‌سازی آینده در ابتدا مدل بایستی آگاهی و شناخت کافی از رفتار آماری دوره دیدبانی را داشته باشد. این شناخت با خواندن داده‌های روزانه دیدبانی به مدل در بخش Analysis مدل صورت می‌گیرد که در نهایت به تولید فایلی با پسوند wgX منتهی می‌شود. گام دوم مورد نیاز در مدل‌سازی آینده انتخاب سناریوی اقلیمی ناشی از سناریوی انتشار مشخص است. برای این کار برون داد مدل گردش عمومی با سناریوی انتشار مدنظر محقق از بخش Generator انتخاب شده و مدل برای دوره مورد نظر آینده اجرا می‌شود. در ادامه در خصوص هر بخش به تفصیل توضیح داده خواهد شد.

آمادگی سازی فایل های ورودی نرم افزار

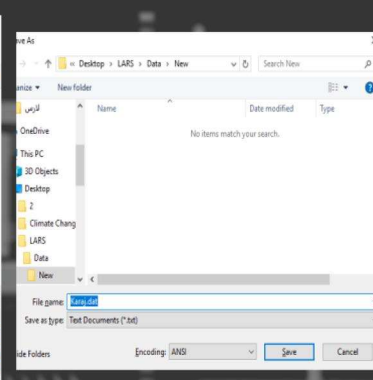
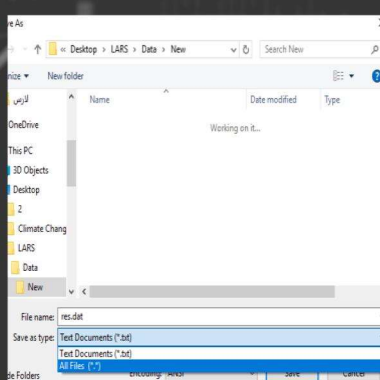
برای کار با نرم افزار LARS-WG به دو فایل با پسوندهای **dat** و **st** نیاز داریم که مراحل ساخت این دو فایل توضیح داده می شود.

ساخت فایل داده های هواشناسی با پسوند (*dat.)

ابتدا فایل اکسل داده های آب و هوایی ایستگاه مورد نظر را باز کرده و مانند شکل (۳)، داده های سال، روز، درجه حرارت کمینه (درجه سانتی گراد)، درجه حرارت بیشینه (درجه سانتی گراد)، بارش (میلی متر) و تشعشع (مگاژول در متر مربع در روز)، یا ساعات آفتابی (ساعت)، در ستون های اکسل وارد کرده و عنوان یا تیتر ستون ها را حذف می کنیم. لازم به ذکر است که هر چه تعداد سال بیشتری انتخاب شود، نتیجه آنالیز دارای اطمینان بیشتری خواهد بود. سپس داده ها را به صورت یک فایل با فرمت (*txt)، ذخیره می کنیم.

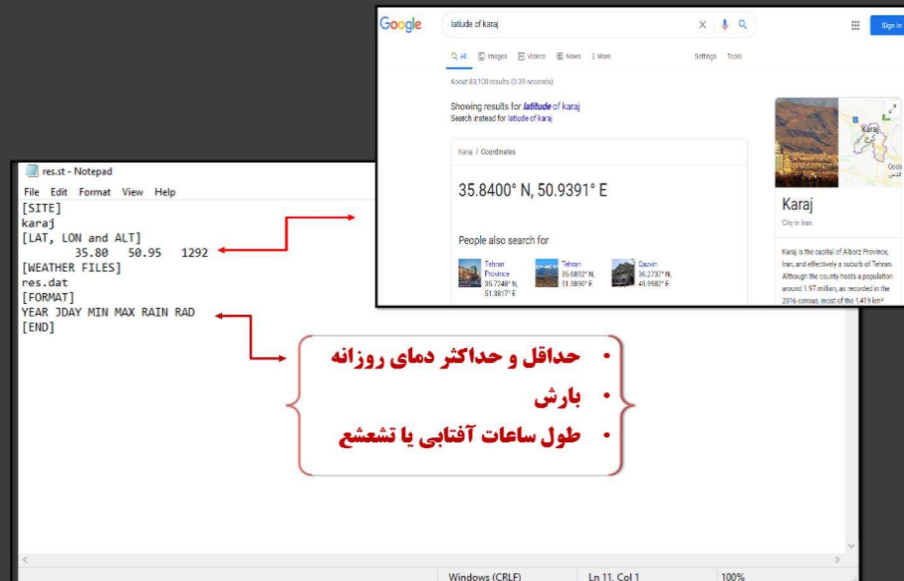
اکنون پس از باز کردن فایل با فرمت (*txt)، ذخیره شده با استفاده از نرم افزار Notepad، مراحل زیر طی شده و پس از کلیک روی گزینه Save فایل با *dat. موفقیت ذخیره می شود.

سال	روز	دماي کمينه	دماي بیشينه	بارش	تثعشع
year	day	min temp	max temp	rain	MJ/M2/DAY
1985	1	-12	1.6	0	10.6
1985	2	-10.9	3.8	7.3	8.7
1985	3	-9	1.4	2	9.3
1985	4	-14	2.2	0	11.7
1985	5	-10	1.4	0	9.8
1985	6	-14	0.6	0	11.2
1985	7	-11	-0.2	0	9.7
1985	8	-13.5	0.7	0	11.1
1985	9	-11	3.9	0	11.4
1985	10	-9	5.4	0	11.3
1985	11	-4	5.6	0	9.3
1985	12	-1.6	6.8	0	8.7
1985	13	2.5	8	1.3	7.1
1985	14	0.8	7	8	7.6
1985	15	1.4	10.4	9	9.2
1985	16	-1.4	4	0.2	7.1
1985	17	-5.2	0.8	0	7.6
1985	18	-7.5	4.2	0	10.6
1985	19	-1	6.8	0.7	8.7
1985	20	-1.4	9.5	0	10.4



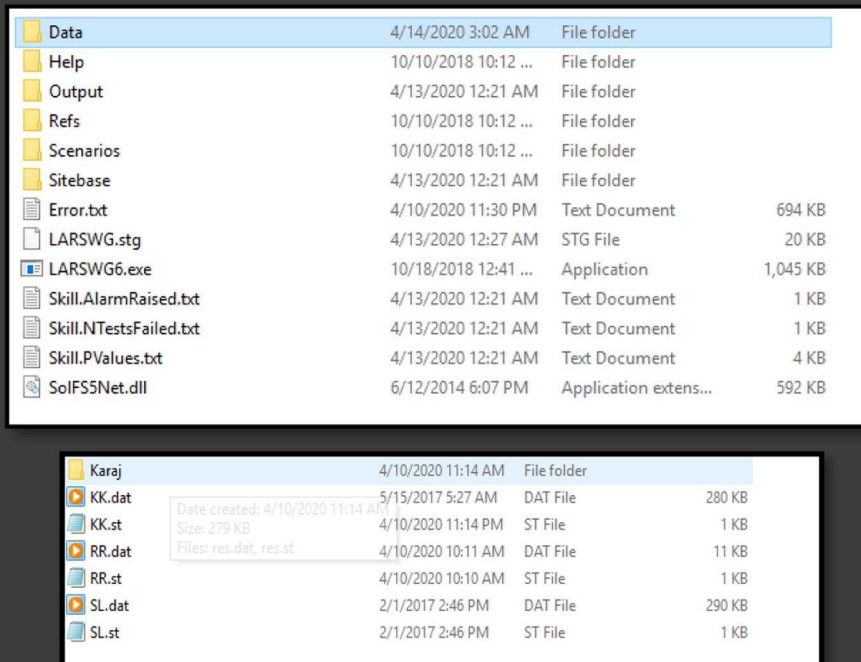
مراحل ایجاد فایل *.st

برای این منظور ابتدا عرض جغرافیایی (Latitude)، و طول جغرافیایی (Longitude)، و ارتفاع از سطح دریا بر حسب متر (Altitude) را برای ایستگاه مورد مطالعه با جستجو در گوگل به دست آورده، در فایل Not pad به شکل زیر وارد کرده و در نهایت با پسوند St ذخیره می‌کنیم.

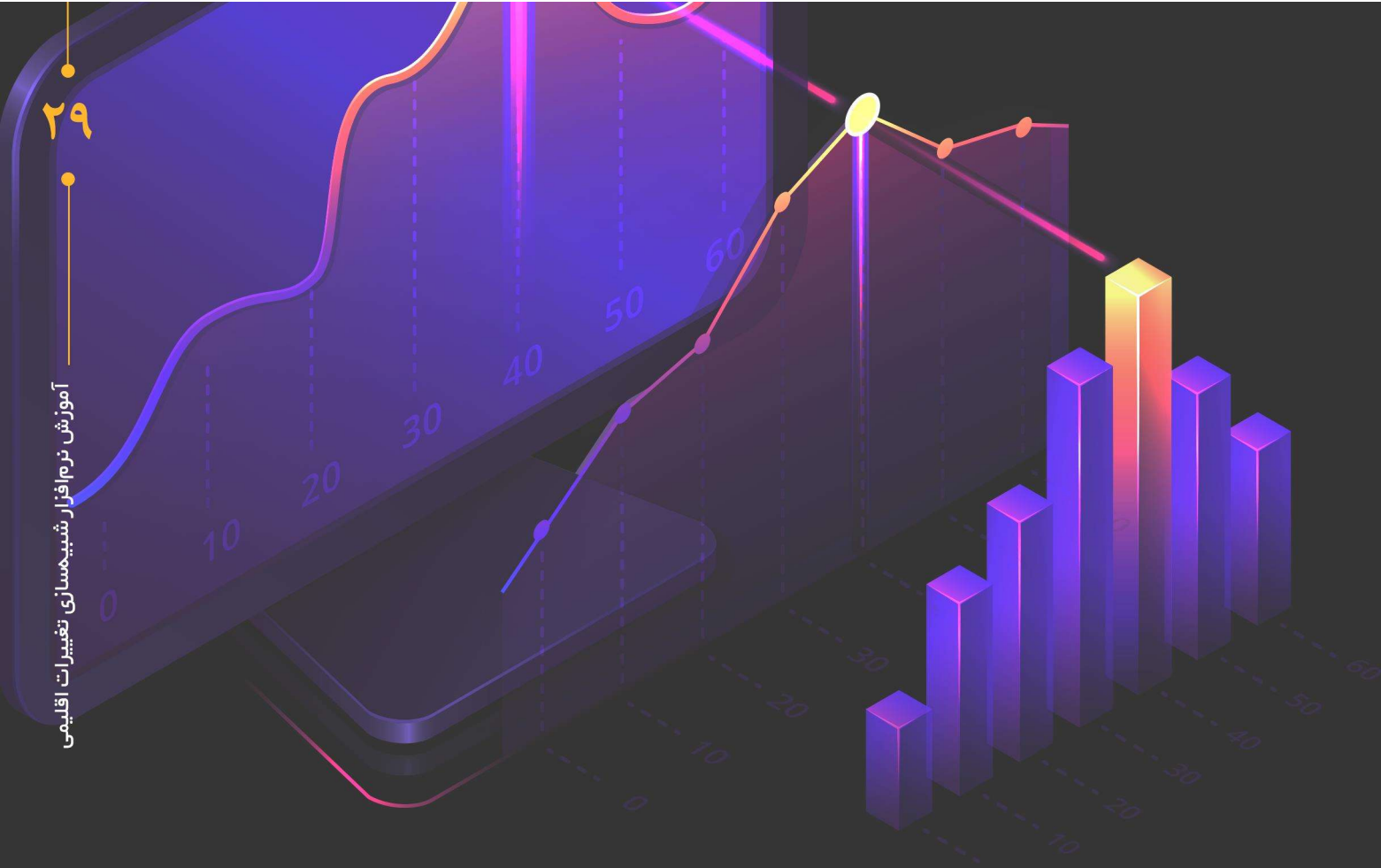


لازم به ذکر است که در تایپ اطلاعات بالا بایستی بسیار دقت شود، حتی بزرگی و کوچکی حروف مهم است. نام فایل *.data باید به دقت وارد شود تا فایل داده‌های هواشناسی به درستی شناسایی شود. در صورت استفاده از داده‌های تشعشع خورشیدی RAD و ساعات آفتابی واژه SUN استفاده شود. در صورتی که طول جغرافیایی غربی باشد و همچنین اگر عرض جغرافیایی جنوبی باشد، عدد وارد شده باید منفی (-) باشد.

اکنون در مسیر نصب نرم‌افزار در فولدر data فایلی برای ایستگاه مورد نظر باز کرده و دو فایل *.dat و *.st را در آن فولدر قرار می‌دهیم:

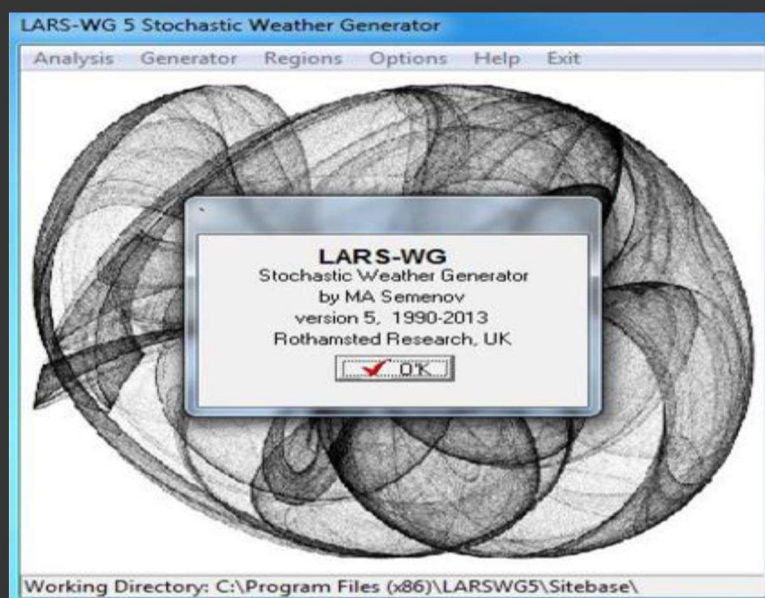


بدین ترتیب مراحل آماده‌سازی فایل‌های ورودی نرم‌افزار تمام شد.



۶۶ اجرای فرایند شبیه‌سازی

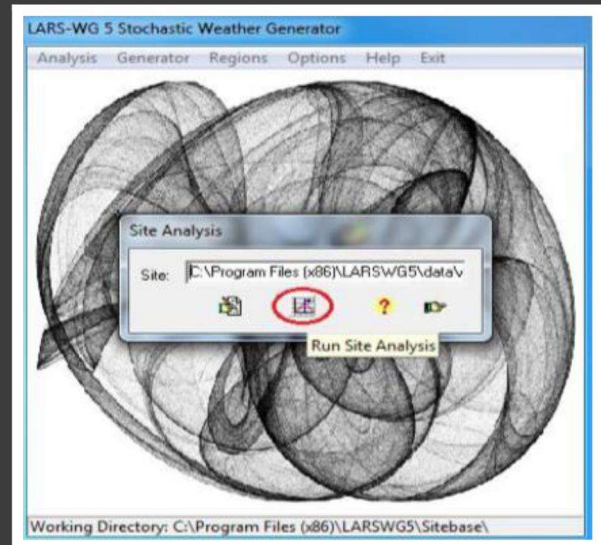
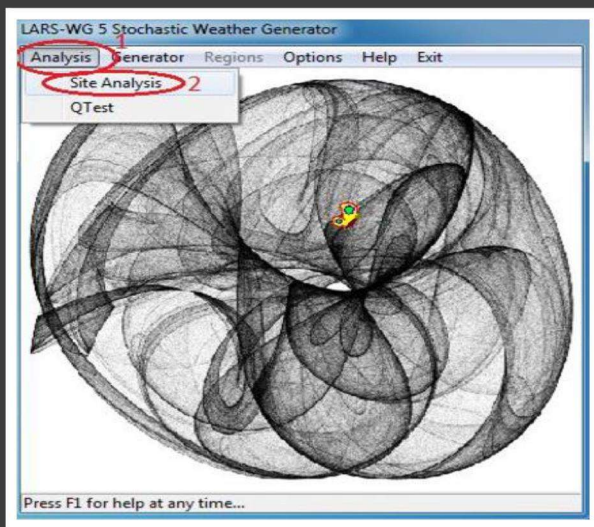
برای انجام شبیه‌سازی ابتدا نرم‌افزار را اجرا کرده و سپس مراحل زیر را طی می‌کنیم:



Analysis

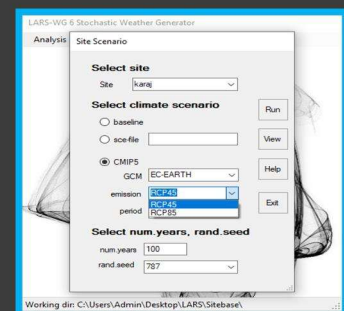
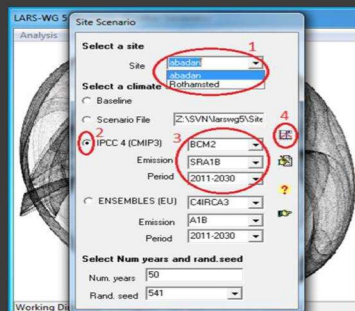
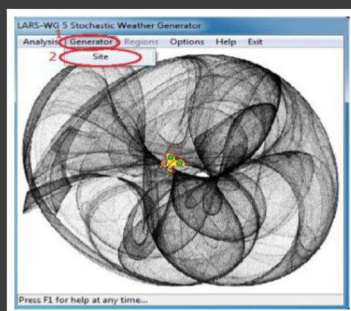
در این قسمت داده‌های دوره دیدبانی به مدل خوانده شده و مدل رفتار اقلیم ایستگاه را شبیه‌سازی می‌کند تا بتواند نتایج حاصل از آن را در قالب معادلات و توزیع‌های آماری در طی فرایند پیش‌بینی اقلیم آینده استفاده نماید. برای اجرای این بخش بایستی کاربر دو فایل اولیه با نام‌های `st.*` و `dat.*` را ایجاد نموده و در یک دایرکتوری به نام ایستگاه مورد مطالعه در فولدر `data` ذخیره نماید. نمونه‌ای از فایل های مورد نیاز برای ایستگاه `rothamsted` کشور انگلیس در فولدر `data` آورده شده است. پس از آماده کردن دو فایل یادشده، بایستی مدل برای تولید فایل رفتار مشخص ایستگاه در دوره دیدبانی اجرا شود. برای این کار کافیهست بر روی علامت گراف در گزینه `Site Analy` از `sis` بخش `Analysis` کلیک شود. در حین اجرا بایستی مسیر فایل `res.st` ایستگاه مورد مطالعه در منوی آدرس گزینه `Site Analysis` درج شود. پس از اجرای این بخش خروجی مدل که در بر گیرنده رفتار آماری دوره گذشته ایستگاه می‌باشد، در بخش `Sitebase` ایجاد می‌شود. در این فولدر فایل با پسوند `wgx` نشان دهنده رفتار آماری ایستگاه شامل میانگین‌ها و انحراف معیار متغیرهای ورودی و غیره

غیره در دوره دیدبانی می‌باشد. این فایل یکی از فایل‌های مورد استفاده مدل برای شبیه سازی اقلیم آینده است و نایستی پاک شود.



Generator

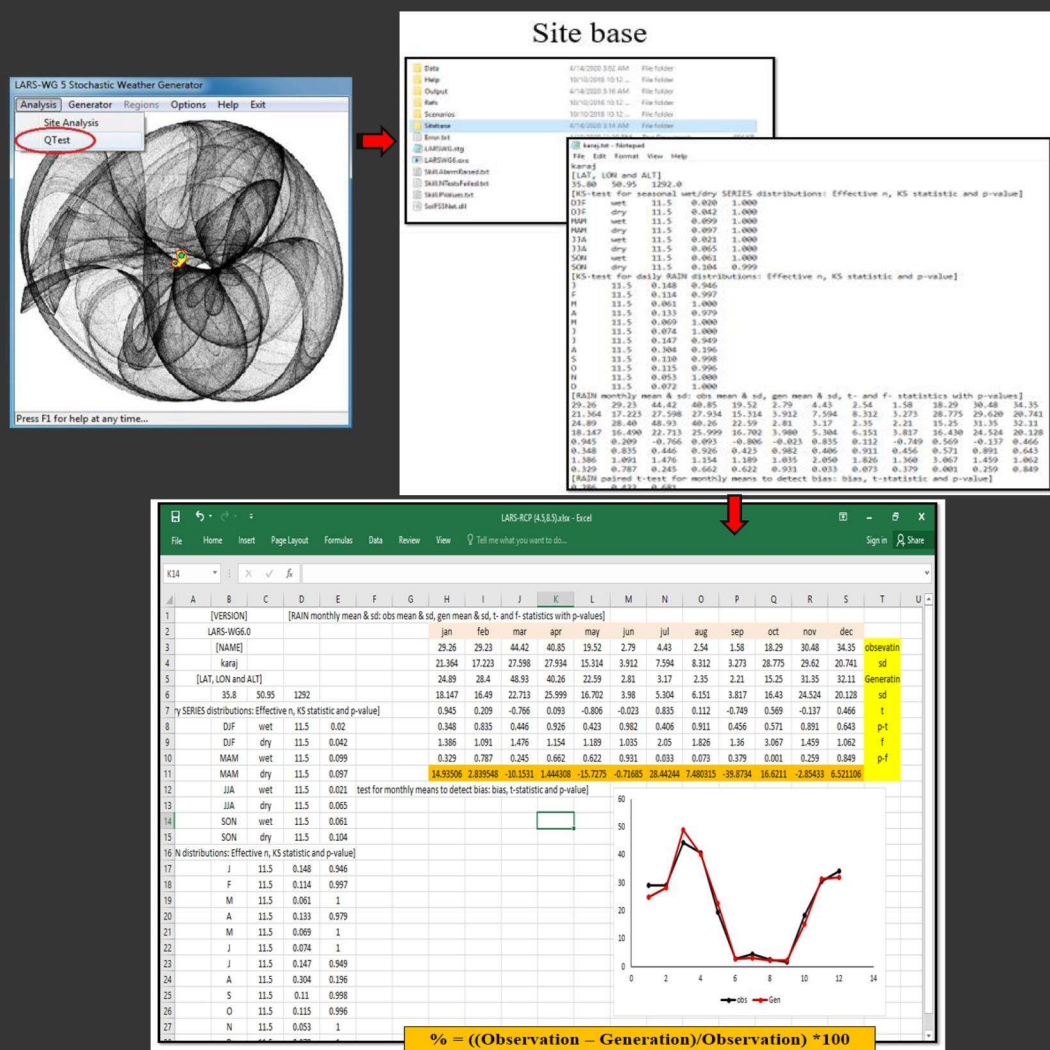
این بخش مختص تولید داده‌های روزانه در مقیاس ایستگاه و بر اساس رفتار دوره گذشته و سناریوی منتخب می‌باشد. برای این کار ابتدا بر روی گزینه Generator کلیک کنید. سپس نام ایستگاه را از قسمت Local Site انتخاب کنید. از بین سه گزینه Baseline، Scenario، File، IPCC و GCM گزینه مناسب را انتخاب کنید. توجه کنید که گزینه اول برای مدل سازی دوره گذشته و تولید داده برای خلأهای آماری است که در اینجا مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، گزینه دوم برای حالتی است که کاربر بخواهد سناریو ایجاد نماید که فرایند نسبتاً وقت‌گیری می‌باشد. به‌طور معمول در این بخش گزینه مناسب IPCC ۴ و GCM است. در صورت انتخاب این گزینه بایستی مدل گردش عمومی مورد نظر را از منوی مقابل آن و سناریوی انتشار و دهه مدل‌سازی را از منوهای پایین انتخاب کرد. از دو منوی زیرین نیز دوره مدل‌سازی (Num. Years)، و عدد تصادفی فرد (Rand. Seed) انتخاب می‌شود. اجرا این قسمت با کلیک بر روی آیکن نشان دهنده علامت گراف پایان می‌یابد و خروجی داده‌های روزانه دوره پیش‌بینی در فولدر output با پسوند *.dat ظاهر می‌شود. سایر مشخصات دوره مدل سازی نیز در همین بخش و در فایل با پسوند *.st قرار می‌گیرد. فایل داده را که به‌صورت text می‌باشد، می‌توان در محیط اکسل باز کرده و تحلیل‌های آماری مورد علاقه را انجام داد.



Num. Years: تعداد سال‌هایی است که تمایل داریم به‌عنوان خروجی دریافت کنیم. باید توجه شود که این سال‌ها توالی ندارند و به تعبیری به‌صورت تصادفی توزیع می‌شوند و هریک از سال‌ها را به‌عنوان یک پیش‌بینی از دوره‌ی زمانی آینده در نظر می‌گیرد (مثلاً سال شماره ۳۰ به معنی سی سال بعد از سال شماره یک نیست).

Rand.Seed: عددی است که دنباله (Sequence)، اعداد تصادفی استفاده شده در شبیه‌سازی نرم‌افزار را تعیین می‌کند. لذا اگر بخواهیم که با چند مرتبه شبیه‌سازی با یک مدل و سناریوی ثابت نتیجه کاملاً یکسان بگیریم، باید برای هر بار اجرا شبیه‌سازی این مقدار را تغییر دهیم که بیشتر در مطالعات ارزیابی ریسک کاربرد دارد.

تست های آماری مربوط به مقایسه ی داده های هواشناسی مشاهده شده با مولد داده های هواشناسی موجود در نرم افزار از این طریق قابل مشاهده است. هدف از انجام این فرایند این است که مشخص شود داده های هواشناسی مشاهده شده چه مقدار با مولد داده های هواشناسی هماهنگی دارد. هرچه داده های هواشناسی دارای نوسانات غیر قابل پیش بینی بیشتری باشند، این هماهنگی کمتر خواهد بود. و به عبارتی p-value برای هر متغیر عدد کوچکی خواهد بود. از دیگر دلایل ناچیز بودن p-value ۰/۰۵ می توان به کافی نبودن داده ها یا وجود خطا در آن ها اشاره کرد. خروجی کار نیز در قسمت Sitebase قابل مشاهده بوده که پس از باز کردن فایل مربوطه درصد تغییرات و نمودار پراکنش داده های مشاهده شده و شبیه سازی شده برای هر عامل هواشناسی بررسی می شود.



منابع

- Jones, P. G., & Thornton, P. K. 1993. A rainfall generator for agricultural applications in the tropics. *Agricultural and forest meteorology*, 63(1-2), 1-19.
- Jones, P. G., & Thornton, P. K. 2013. Generating downscaled weather data from a suite of climate models for agricultural modelling applications. *Agricultural Systems*, 114, 1-5.
- CCAFS. 2011. MarkSim GCM: generating plausible weather data for future climates. Using Climate Scenarios and Analogues for Designing Adaptation Strategies in Agriculture. Kathmandu, Nepal.
- Muluneh, A., Biazin, B., Stroosnijder, L., Bewket, W., & Keesstra, S. 2015. Impact of predicted changes in rainfall and atmospheric carbon dioxide on maize and wheat yields in the Central Rift Valley of Ethiopia. *Regional Environmental Change*, 15(6), 1105-1119.
- Van Wart, J., Grassini, P., Yang, H., Claessens, L., Jarvis, A., & Cassman, K. G. 2015. Creating long-term weather data from thin air for crop simulation modeling.