

MANUAL

DroughtWatch 3.1

DROUGHTWATCH SYSTEM



Information and Research Institute of
Meteorology, Hydrology and Environment



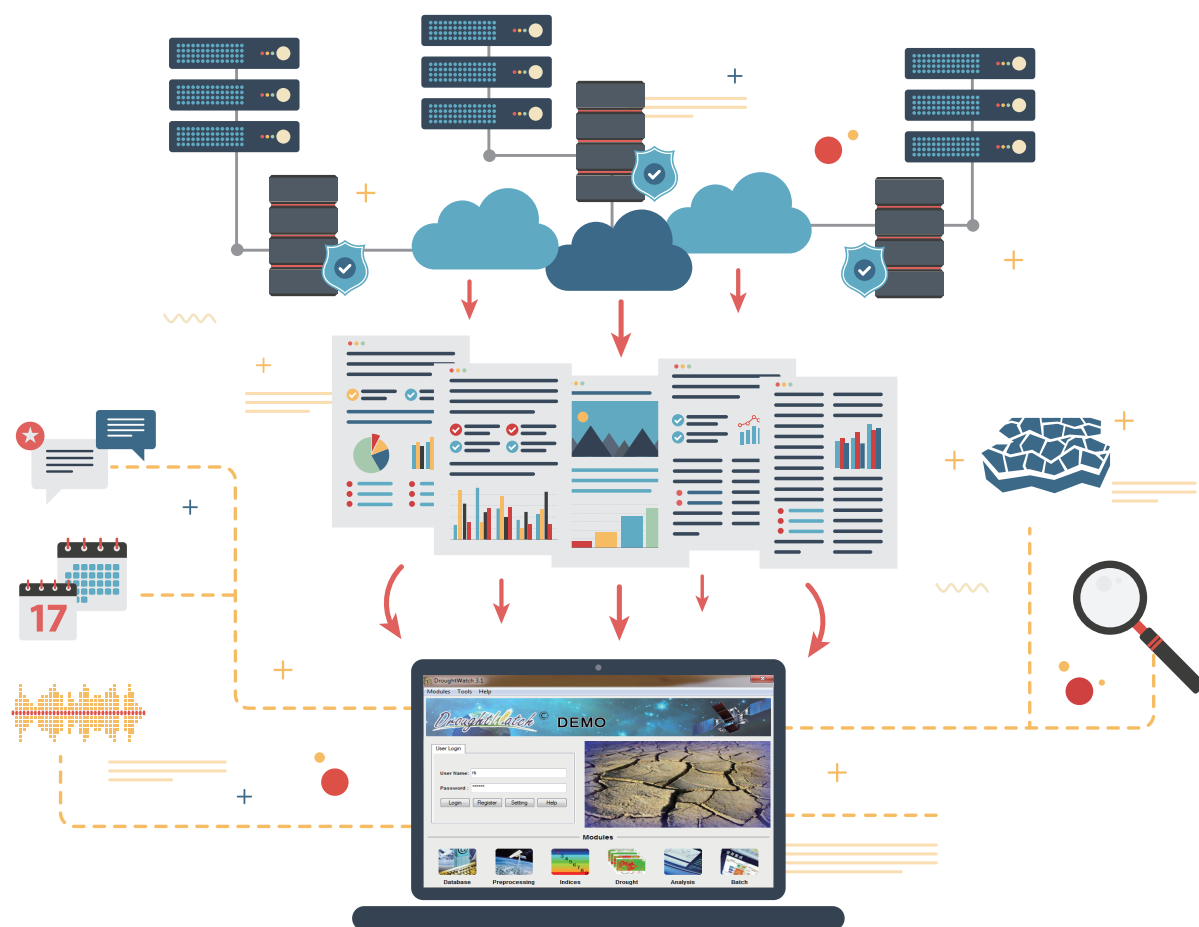
Institute of Remote Sensing and Digital Earth
Chinese Academy of Sciences

This manual is published as an outcome of the project entitled, “Enhancing Mongolia’s capacity for drought/dzud monitoring and early warning”, under ESCAP’s Regional Drought Mechanism. The project was implemented by the National Remote Sensing Center (NRSC) of Information and Research Institute of Meteorology, Hydrology and Environment (IRIMHE) of Mongolia and the Institute of Remote Sensing and Digital Earth (RADI) of the Chinese Academy of Sciences, with the technical support of the three Regional Service Nodes in China, India and Thailand.

MANUAL

DroughtWatch 3.1

DROUGHTWATCH SYSTEM



Information and Research Institute of
Meteorology, Hydrology and Environment



UNITED NATIONS
ESCAP
Economic and Social Commission for Asia and the Pacific



Institute of Remote Sensing and Digital Earth
Chinese Academy of Sciences

CONTENTS

1. Introduction to DroughtWatch	6
2. Authority	7
3. Database	8
3.1 Import	8
3.2 Edit	9
3.3 Query	9
3.4 Table	10
3.5 Window	10
4. Data Preparation	11
4.1 Preprocessing	11
4.1.1 Operation	12
4.1.2 File Name Formats	13
4.2 Composition	13
4.2.1 Operation	14
4.2.2 File Name Formats	15
5. Indices	15
5.1 Vegetation Condition Index (VCI)	16
5.2 Temperature Condition Index (TCI)	17
5.3 Vegetation Health Index (VHI)	18
5.4 Normalized Difference Drought Index (NDDI)	19
5.5 Vegetation Supply Water Index (VSWI)	20
5.6 Standardized Precipitation Index (SPI)	21
5.7 Aridity Index (AI)	22
5.8 File Name Formats	23
6. Drought	23
6.1 Single	24
6.2 Combination	25
6.3 Dashboard	26
7. Analysis	27
7.1 Over Spatial Unit	27
7.2 Over Time Interval	29
8. Batch	30
8.1 Operation	30
9. View tool	31
Appendix	32
Reference	34

1. DroughtWatch системийн танилцуулга	36
2. Үндэслэл	37
3. Мэдээллийн сан (Database)	38
3.1 Мэдээ оруулах (Import)	38
3.2 Засвар хийх (Edit)	39
3.3 Хайлт хийх (Query)	39
3.4 Хүснэгт (Table)	40
3.5 Цонх (Window)	40
4. Мэдээ бэлтгэх (Data preparation)	41
4.1 Мэдээ боловсруулалт (Preprocessing)	41
4.1.1 Боловсруулалт	42
4.1.2 Файлын нэрийн хэлбэрүүд	43
4.2 Эвлүүлэг (Composition)	43
4.2.1 Боловсруулалт	44
4.2.2 Файлын нэрийн хэлбэрүүд	45
5. Индексүүд (Indices)	45
5.1 Ургамлын нөхцлийн индекс (VCI)	46
5.2 Температурын нөхцлийн индекс (TCI)	47
5.3 Ургамлын эрүүлийн индекс (VHI)	48
5.4 Нормчилсон ялгаврын гангийн индекс (NDDI)	49
5.5 Ургамлын усан хангамжийн индекс (VSWI)	50
5.6 Стандартчилсан хур тунадасны индекс (SPI)	51
5.7 Хуурайшилтын индекс (AI)	52
5.8 Файлын нэрийн форматууд	53
6. Ган	53
6.1 Дан (Single)	54
6.2 Хосолсон (Combination)	55
6.3 Хянах самбар (Dashboard)	56
7. Дүн шинжилгээ	57
7.1 Оронзайн нэгжүүд (Over spatial unit)	57
7.2 Цаг хугацааны зайц (Over time interval)	59
8. Багц (Batch)	60
8.1 Боловсруулалт (Operation)	60
9. Харах хэрэгсэл (View tool)	61
Хавсралт	62
Ашигласан бүтээлийн жагсаалт	64

MANUAL

DROUGHTWATCH SYSTEM

DroughtWatch 3.1



1. Introduction to DroughtWatch

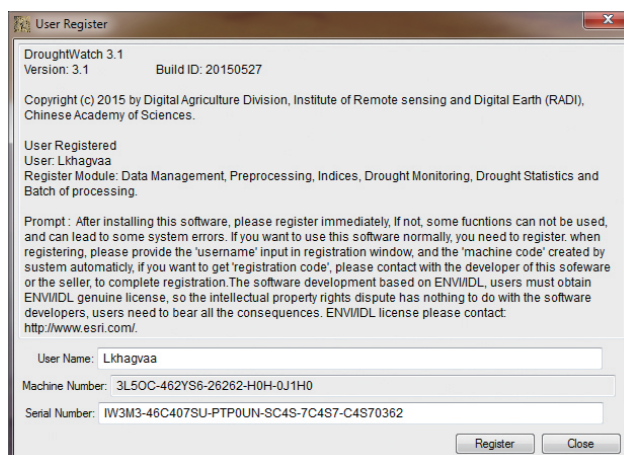
DroughtWatch is an operational drought monitoring system using remote sensing . This enables MODIS data processing, index calculation, Drought monitoring, statistics and analysis, and data management for Mongolia.

DroughtWatch consists of six modules as shown in Figure 1. The four modules include data [preprocessing](#), [indices](#), [drought](#), [analysis](#), and [database](#) management and an auto operational portal ([batch](#)). The system database was built through Microsoft ACCESS, which manages all kinds of data.

- The main interface of DroughtWatch includes many parts. The **Modules** menu selects different operating modules. The **Help** menu provides assistance on system content.



- **The Help** menu provides detailed instruction about the whole operating system for users. The **About** section includes system version information, finished time, copyright and linkage.
- System access and operational authority is granted to registered users only. Refer to the figure below to apply for RADI to obtain a serial number. For more detailed information, please consult to the system owner (changsheng@radi.ac.cn).

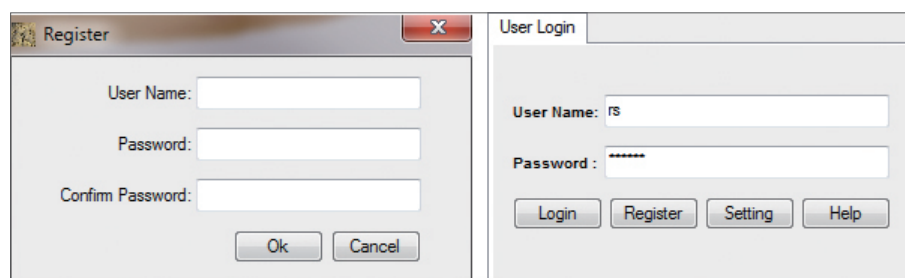


2. Authority

Copyright of Drought Watch software belongs to the Digital Agricultural Division, Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences.

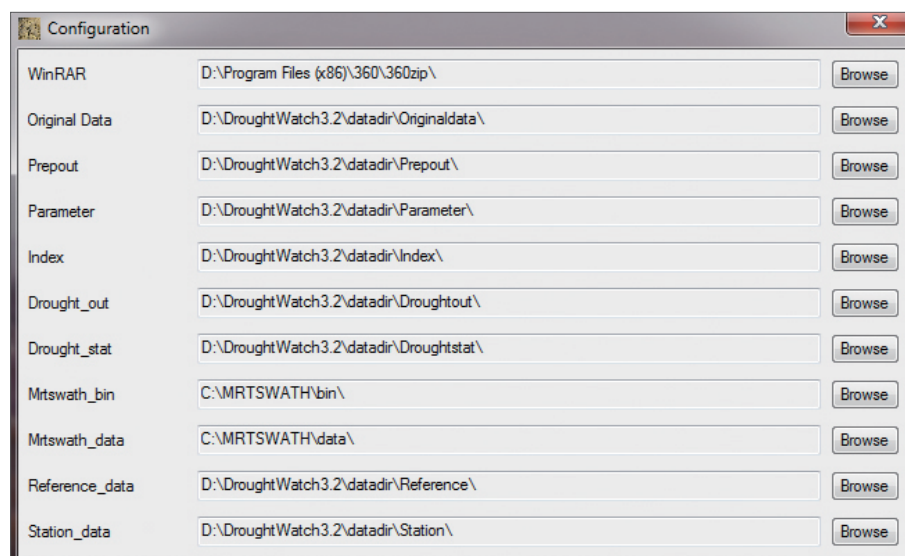
Unauthorized access or use of the software is strictly prohibited and may be subject to criminal, civil, and/or administrative action. The system may only be used by registered users.

- First users will be prompted to create a user name by registering.
- Registered users, can input their authorized **user name** and **password**, and then click **Login**, to operate the system.



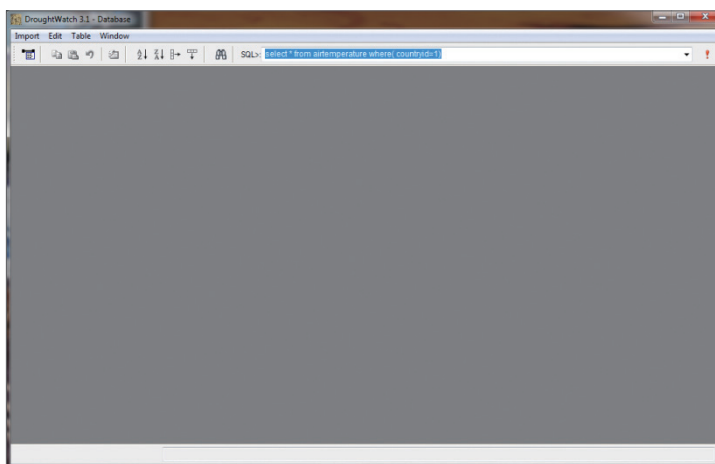
When using the system, use the static directory to store image data. (See configuration window below):

- Click **Setting** in the main interface, then through **Browse** , every pathway can be changed. Finally, the changed pathway will be saved.



3. Database

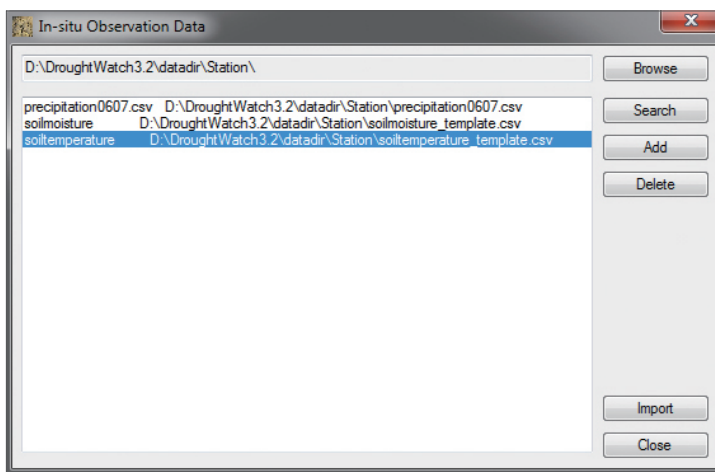
The Database module [inputs](#) data by .csv file in batches and [queries](#) data. Duplicate data also can be automatically eliminated. When querying data for a certain period, one can [edit](#) and change the [table](#) settings.



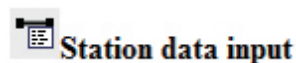
The database interface is mainly composed of [menu bar](#), [toolbar](#), [standard query toolbar](#), status bar and the [view window](#).

3.1 Import

The Import menu organizes station data input. It enables users to: browse a certain directory, search a default path, or add and delete certain files. Then the data can be imported into the database.



Also one can input into this menu using the station data input button below:



Station data input

3.2 Edit

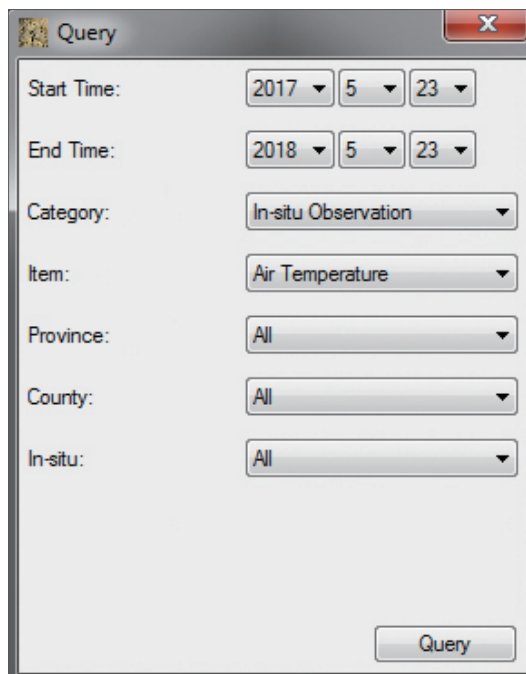
The **Edit** menu changes the table operation. Detailed functions can be seen below:

Redo	Recover accidentally deleted data
Copy	Copy selected data
Paste	Paste selected data
Delete	Delete selected data
Refresh	Refresh the current database
Delete all records	Delete selected data
Select all records	Select all data
Export	Export data

3.3 Query

By **querying** from the window menu or by this button , one can select a certain period, and query three kinds of data: in-situ observation, geotiff grids, and drought statistics data.

- By using different select buttons, different results can be displayed in the table.



The Query dialog box contains the following fields and options:

- Start Time:** 2017, 5, 23
- End Time:** 2018, 5, 23
- Category:** In-situ Observation
- Item:** Air Temperature
- Province:** All
- County:** All
- In-situ:** All
- Query** button

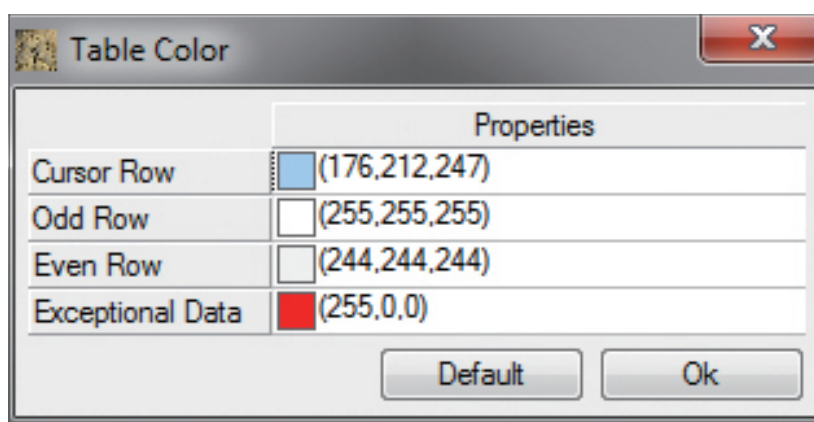
Also SQL language can be used to query any kind of data.

SQL> `select * from airtemperature where(countryid=1)`

3.4 Table

The **Table** menu changes the table order and settings. Detailed function can be seen below:

Table color	Set color of cursor position and indicate abnormal data
Sort ascending	Ascending table data
Sort descending	Descending table data
Right after enter	Click enter and cursor moves right
Down after enter	Click enter and cursor moves down



3.5 Window

The **Window** menu changes the widget showing and hiding operations. Detailed functions can be seen below.

Standard toolbar	Whether standard toolbar is displayed or not
Query	Whether query toolbar is displayed or not
Status	Whether status bar is displayed or not

The **Standard toolbar** can be conveniently accessed by following: File ⇨ window ⇨ standard toolbar.



It includes the following editing tools.

copy	paste	redo
refresh	ascending	descending
move right after clicking 'enter'	move down after clicking 'enter'	

Status bar

The **Status bar** displays information of currently selected data in the bottom of the work area, including:

- All rows and a certain row;
- Country /province/country name and in-site name;
- Start time and end time of data; and
- Data type.

Total 0 Rows , The 0 Row Country: Mongolia, Frequency: Dekad, Start Time: 2017-5-3, End Time: 2018-5-3, Observation Type: Air Temperature, Province: All, County: All, In-situ: All

4. Data Preparation

Remote sensing data needs to be **processed** by standard methods, which include geometric correction (GEO), mosaic (MOS), radiate correction (RAD), cloud mask (CLD), atmosphere correction (ATC) and so on, also by calculating NDVI and LST. The MRTSWATH program released by the USGS EROS Data Center (https://lpdaac.usgs.gov/tools/modis_reprojection_tool_swath/) is integrated into the sub-module to perform geometric correction.

For drought, **composition** of daily parameters in three frequencies is necessary, which are Month, Dekad and Pentad. Also, two composition methods are used for selection.

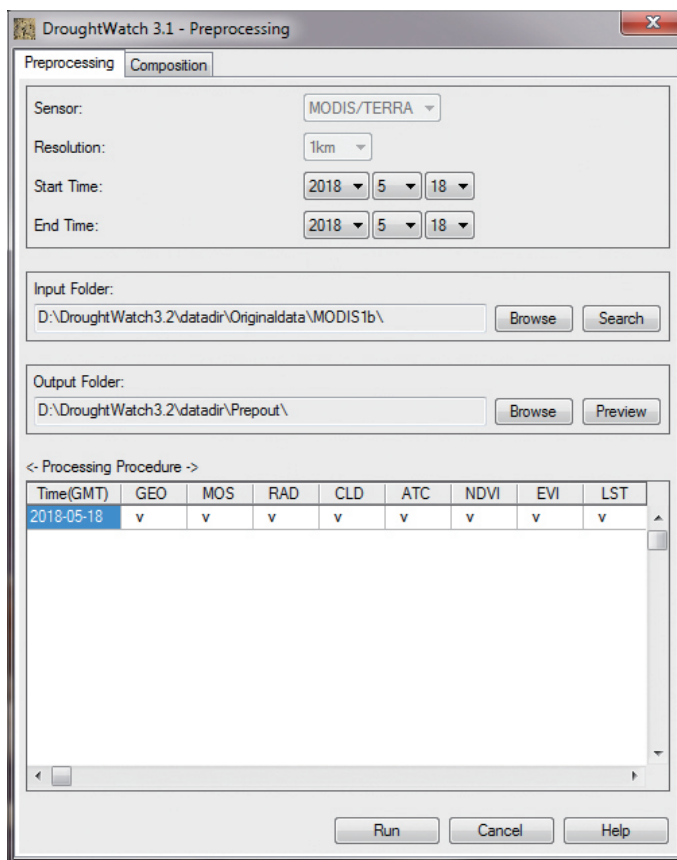
4.1 Preprocessing

From the DroughtWatch main menu bar, select **Preprocessing**, to process two formats of MODIS 1B data, separately MOD021KM and MOD03, whose file names are as follows:

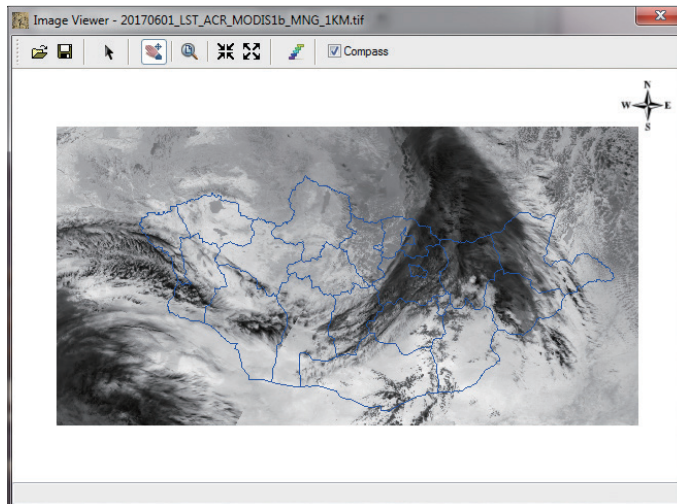
MOD03.A2002121.0245.006.2012253055724.hdf

MOD021KM.A2002121.0245.006.2012255114906.hdf

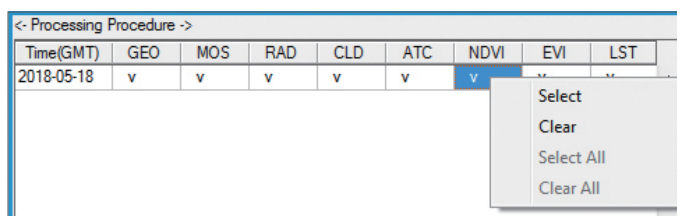
4.1.1 Operation



- By **preprocessing**, select the data **start time**, **end time**, **MODIS1b data directory** and **output directory**. It's also possible to determine different procession parts in every operation from the table. For example, when right clicking the window, select Yes or No, to determine if the process will include this step or not, see below:
- One can click **Run** to process data; every operation's results will be produced and stored in the appointed directory.
- The last selected list data will be drawn by the windows to the right of the interface. View positional data values by moving the mouse.
- To show an image, load the image by clicking **preview**, which can be found in the [viewer tool](#).



- Preprocessing includes many steps, and different steps can be selected to get different results.



- After finishing all operations, **Cancel** the interface.
- To learn more about the preprocessing operation and instruction, click **Help**.

4.1.2 File Name Formats

File name formats are collated as:

Input files: The file names have not been changed, and are the same as the MODIS 1b data.

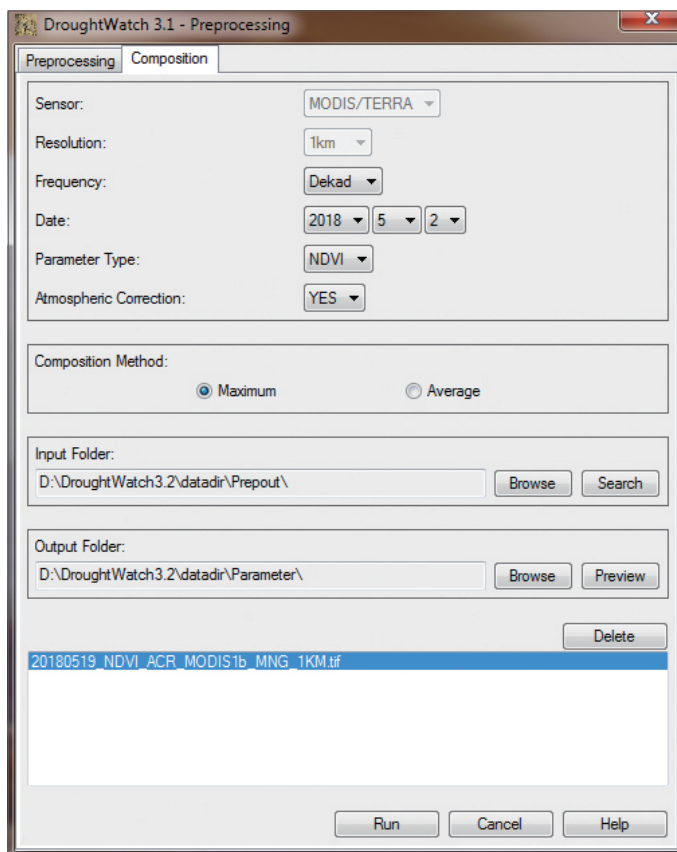
Output files: YYYYMMDD_NDVI(LST,REF1,REF2,REF3,REF4,REF5,REF6,REF7)_ACR(NON).tif

4.2 Composition

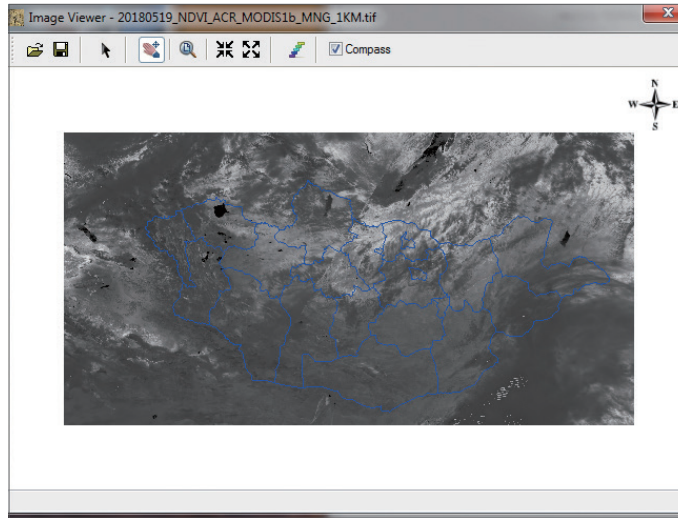
In this module, pentad, dekad, and month parameters can be composited by daily data. One month can be divided into three dekads, which separately comprise the first ten days, second ten days and third ten days (sometimes, the third dekade may have nine or eleven days).

Detailed operations can be found in the content of [operation](#).

4.2.1 Operation



- From the DroughtWatch main menu bar, select **Preprocessing** ⇒ **Composition** to get into the setting interface.
- Select a **timeframe** and **frequency** (five, week, decad and month).
- Select one of the **parameters type** among **NDVI**, **LST**, **REF1**, **REF2**, **REF3**, **REF4**, **REF5**, **REF6** and **REF7**.
- For **synthesis method**, there are two choices; the **maximum** and **average** synthesis method.
- Load the **daily** parameters file for composition, **browse** the directory and find them, and choose the **output** path for storing the output results.
- Click OK, and the program will create a dialog indicating the status of the program. Once finished, the data map will be displayed in a new **preview** window,(preview functions can be found in **the viewer tool**).



4.2.2 File Name Formats

Input files:

YYYYMMDD_NDVI(LST/ REF1/REF2/REF3/REF4/REF5/REF6/REF7)_ACR(NON).tif

Output files:

YYYYMMM_NDVI(LST/REF1/REF2/REF3/REF4/REF5/REF6/REF7)_ACR(NON)_MAX(AVE).tif

YYYYMMDDD_NDVI(LST/REF1/REF2/REF3/REF4/REF5/REF6/REF7)_ACR(NON)_MAX(AVE).tif

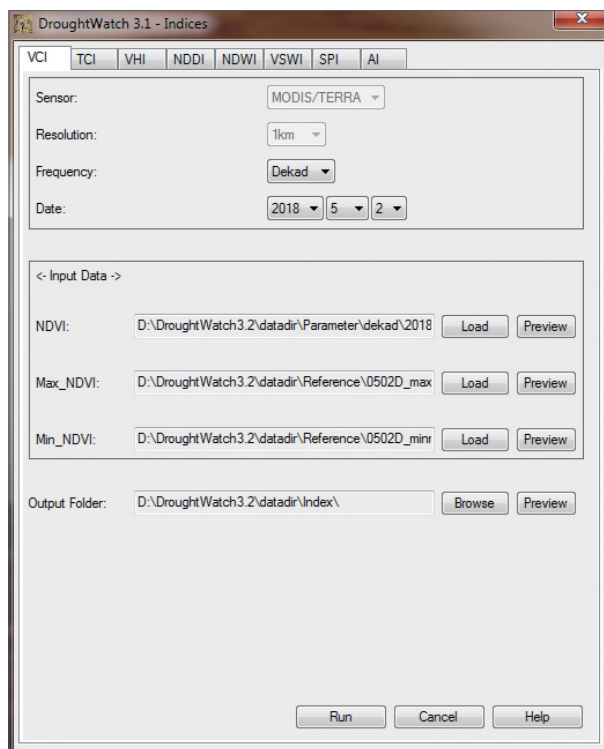
YYYYMMPPP_NDVI(LST/REF1/REF2/REF3/REF4/REF5/REF6/REF7)_ACR(NON)_MAX(AVE).tif

5. Indices

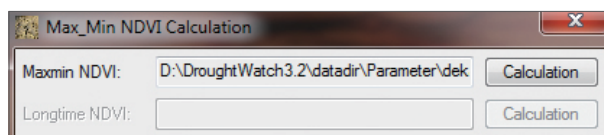
In this module, five remote-sensed drought indices ([VCI](#), [TCI](#), [VHI](#), [NDDI](#), and [VSWI](#)) and two meteorological indices ([SPI](#) and [AI](#)) are calculated by the composition parameters.

To know every index's algorithm, please see the [appendix](#).

5.1 Vegetation Condition Index (VCI)

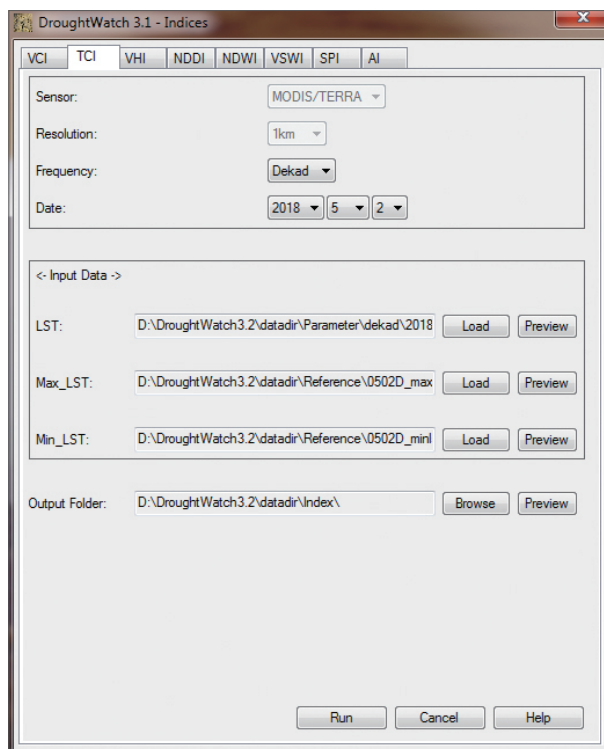


- Select the frequency and date.
- **Load** the destined NDVI files, and the file name will be displayed in the window.
- Load the maximum and minimum NDVI file, but if the destined path has no such file, an extremum window will be displayed.
- In this window, maximum and minimum NDVI can be calculated by clicking **calculation**. There are two calculation methods. If the destined path has the older maximum or minimum data, the latest NDVI extremum can be calculated using these data. When the destined path has no such data, calculate by the long time series NDVI data to calculate extremum(see below).

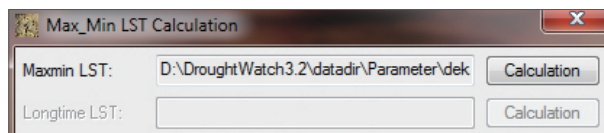


- Click **preview** to view every input data and perform many operations such as select, pan, zoom in, zoom out, zoom fit window, zoom full size, add shape file, setting color and so on. Detailed operations can be found in the [viewer tool](#).
- From the **output** directory, click **Run** to produce **VCI**.
- VCI data will be stored in a local pathway and database automatically.

5.2 Temperature Condition Index (TCI)

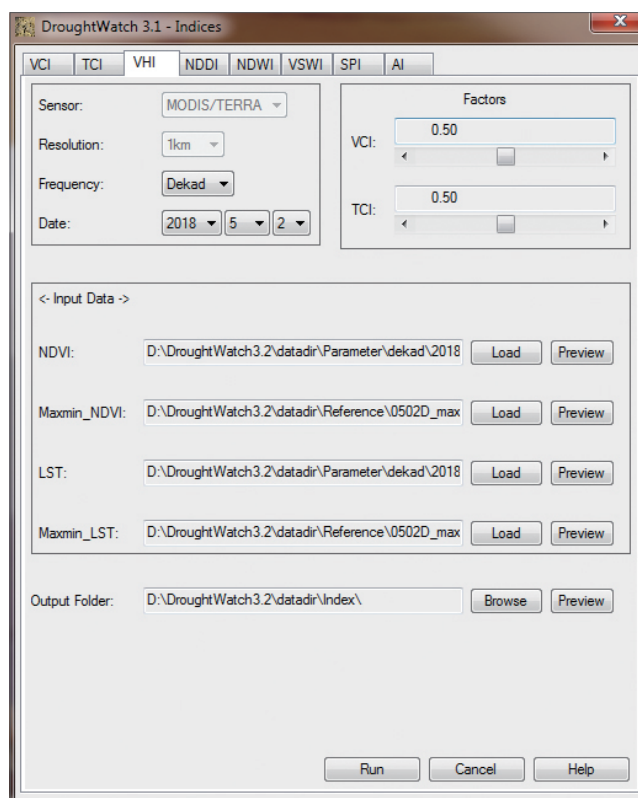


- Select the frequency and date.
- **Load** the destined LST file and the file name will be displayed in the window.
- One can load the maximum and minimum LST file, but if the destined path has no such file, the extremum window will be displayed.
- In this window, maximum and minimum LST can be calculated by clicking **calculation**. There are two calculation methods. When the destined path has the older maximum or minimum data, the latest LST extremum can be calculated, and when the destined path has no such data, calculate by the long time series LST data to calculate the extremum (See below).



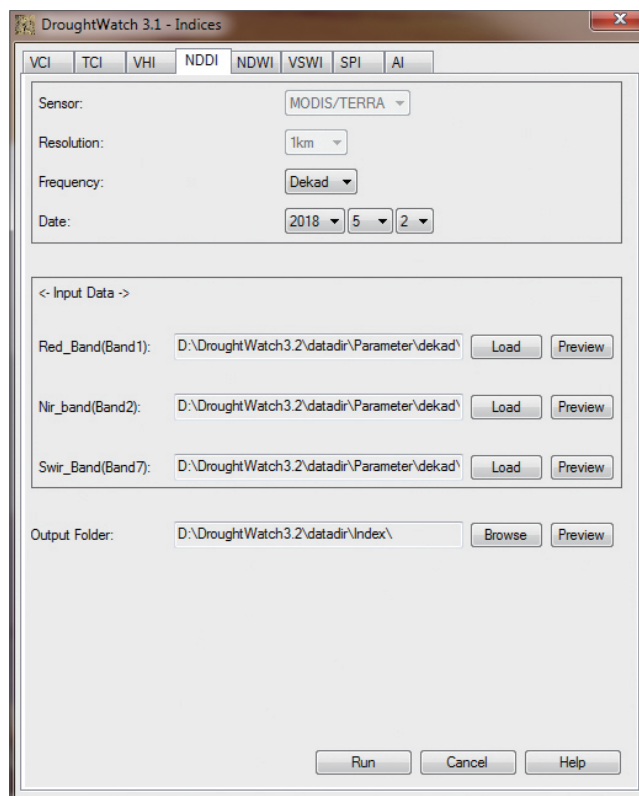
- In **preview**, one can view every input data and perform many operations such as select, pan, zoom in, zoom out, zoom fit window, zoom full size, add shape file, setting color and so on. Details can be found in the [viewer tool](#).
- In the **output** directory, click **Run** to produce **TCI** data.
- TCI data will be stored in the local pathway and database automatically.

5.3 Vegetation Health Index (VHI)



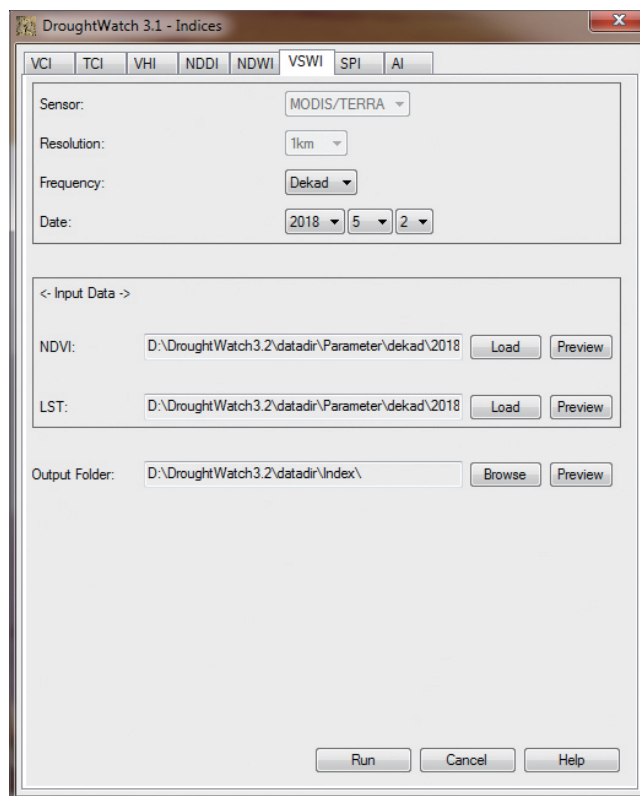
- Select the frequency and date.
- By hitting the **Load** button, load destined LST file. The file name will be displayed in the window.
- The maximum and minimum NDVI file as well as maximum and minimum LST file can be loaded. If the destined path has no such file, the extremum window will be displayed.
- In this window, maximum and minimum LST can be calculated by clicking **calculation**. There are two methods for calculating. When the destined path has older maximum or minimum data, calculate the latest LST extremum by these data, and when the destined path has no such data, calculate by the long time series LST data to calculate extremum.
- By clicking **Preview**, view every input data or perform many operations such as select, pan, zoom in, zoom out, zoom fit window, zoom full size, add shape file, setting color and so on.. Detailed operations can be found in the [viewer tool](#).
- In the **output** directory, click **Run** to produce **VHI** data.
- VHI data will be stored in the local pathway and database automatically.

5.4 Normalized Difference Drought Index (NDDI)



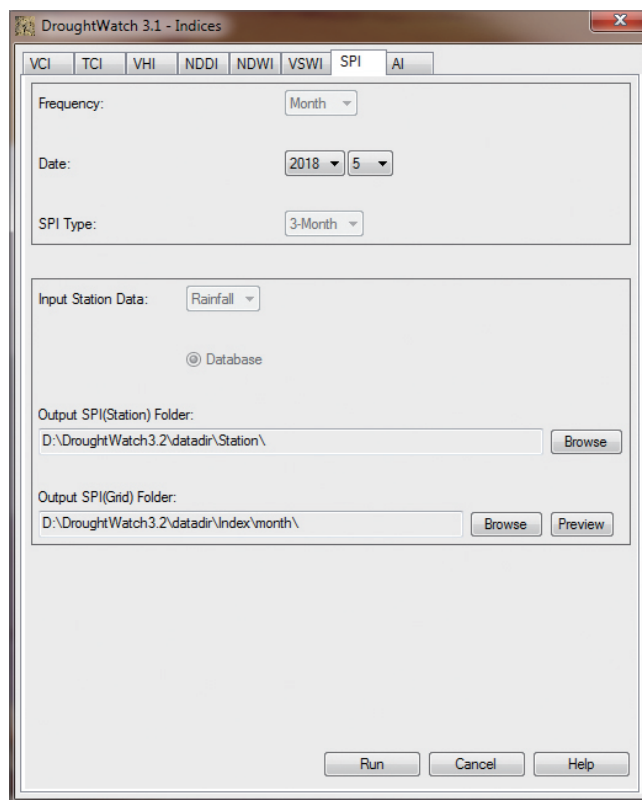
- Select the frequency and date.
- By clicking the **Load** button, load destined Band1, Band2 and Band7 file. The file name will be shown in the window.
- Select the output folder or use the default path.
- By clicking **Preview**, view every input data and perform many operations such as select, pan, zoom in, zoom out, zoom fit window, zoom full size, add shape file, setting color and so on. Detailed operations can be found in the [viewer tool](#).
- In the **output** directory, click **Run** to produce **NDDI** data.
- NDDI data will be stored in the local pathway and database automatically.

5.5 Vegetation Supply Water Index (VSWI)



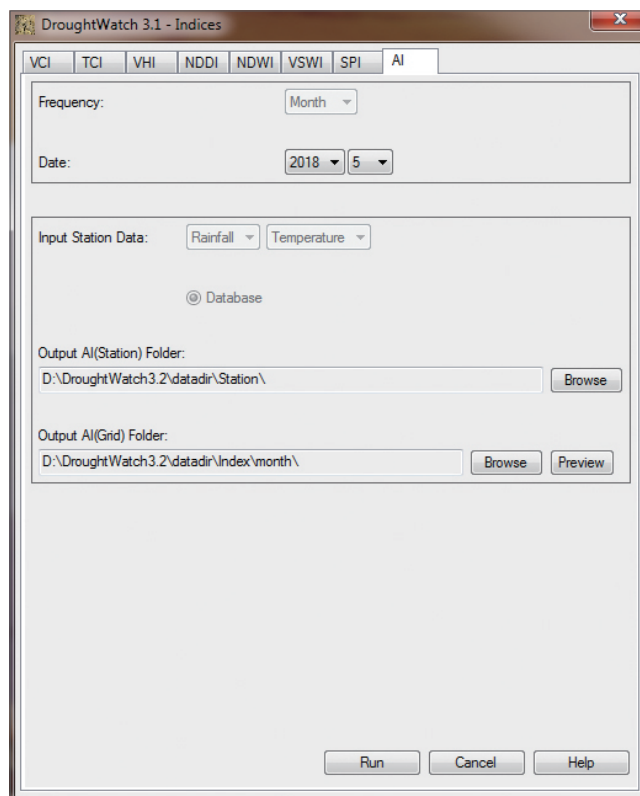
- Select the frequency and date.
- By clicking **Load**, load destined Band1, Band2 and Band7 file. The file name will be shown in the window.
- Select the output folder or use the default path.
- By clicking **Preview**, view every input data and perform many operations such as select, pan, zoom in, zoom out, zoom fit window, zoom full size, add shape file, setting color and so on.. Detailed operations can be found in the [viewer tool](#).
- In the **output** directory, click **Run** to produce **VSWI** data.
- VSWI data will be stored in the local pathway and database automatically.

5.6 Standardized Precipitation Index (SPI)



- Select date and the output folder by **Browse** or use the default path.
- Click **Preview** to view the output data and perform many operations such as select, pan, zoom in, zoom out, zoom fit window, zoom full size, add shape file, setting color and so on. Detailed operations can be found in the [viewer tool](#).
- In the **output** directory, click **Run** to produce **SPI** data.
- This only calculates 3-month SPI.
- SPI data will be stored in the local pathway and database automatically.

5.7 Aridity Index (AI)



- Select the date and the output folder by **Browse** or use the default path.
- Click **Preview** to view the output data and perform many operations such as select, pan, zoom in, zoom out, zoom fit window, zoom full size, add shape file, setting color and so on. Detailed operations can be found in the [viewer tool](#).
- In the **output** directory, click **Run** to produce **AI** data.
- AI data will be stored in the local pathway and database automatically.

5.8 File Name Formats

Input files:

```
YYYYMMM_NDVI(LST, REF1,REF2,REF3,REF4,REF5,REF6,REF7)_ACR(NON)_MAX(AVE).tif
YYYYMMDDD_NDVI(LST, REF1,REF2,REF3,REF4,REF5,REF6,REF7)_ACR(NON)_MAX(AVE).tif
YYYYMMPPP_NDVI(LST, REF1,REF2,REF3,REF4,REF5,REF6,REF7)_ACR(NON)_MAX(AVE).tif
YYYYMMM_maxNDVI(minNDVI,maxLST,minLST)_MAX(AVE)_YYYY.tif
YYYYMMDDD_maxNDVI(minNDVI,maxLST,minLST)_MAX(AVE)_YYYY.tif
YYYYMMPPP_maxNDVI(minNDVI,maxLST,minLST)_MAX(AVE)_YYYY.tif
```

Output files:

```
YYYYMMM_VCI(TCI,VHI,NDDI,VSWI)_ACR(NON)_MAX(AVE).tif
YYYYMMDDD_VCI(TCI,VHI,NDDI,VSWI)_ACR(NON)_MAX(AVE).tif
YYYYMMPPP_VCI(TCI,VHI,NDDI,VSWI)_ACR(NON)_MAX(AVE).tif
```

6. Drought

Through the Drought module, obtain drought data in space or time from the indices based on remote sensing and meteorological data. It's possible to [classify](#) single indices and [combine](#) several indices for drought monitoring. The [dashboard](#) is a very useful and convenient tool for displaying, comparing, and analyzing data.

6.1 Single

The screenshot shows the 'DroughtWatch 3.1 - Drought' application window with the 'Single' tab selected. The interface includes several sections for configuring drought analysis parameters.

Sensor Settings:

- Sensor: MODIS/TERRA
- Resolution: 1km
- Frequency: Dekad
- Date: 2018, 5, 2
- Index Type: TCI

Input File:

D:\DroughtWatch3.2\data\dir\Index\dekad\20180502D_TCI

Image Information:

Max: 1.00000	Min: 0.000000	Mean: 0.916233
Stdev: 0.276406	Accumulative Frequency(95%): 1.00000	

Drought Classification:

Class	Value 1	Value 2	Color
Extreme:	0	~ 0.095	Red
Serious:	0.095	~ 0.167	Dark Red
Moderate:	0.167	~ 0.255	Brown
Slight:	0.255	~ 0.343	Yellow
Normal:	0.343	~ 1	Green

Output Folder:

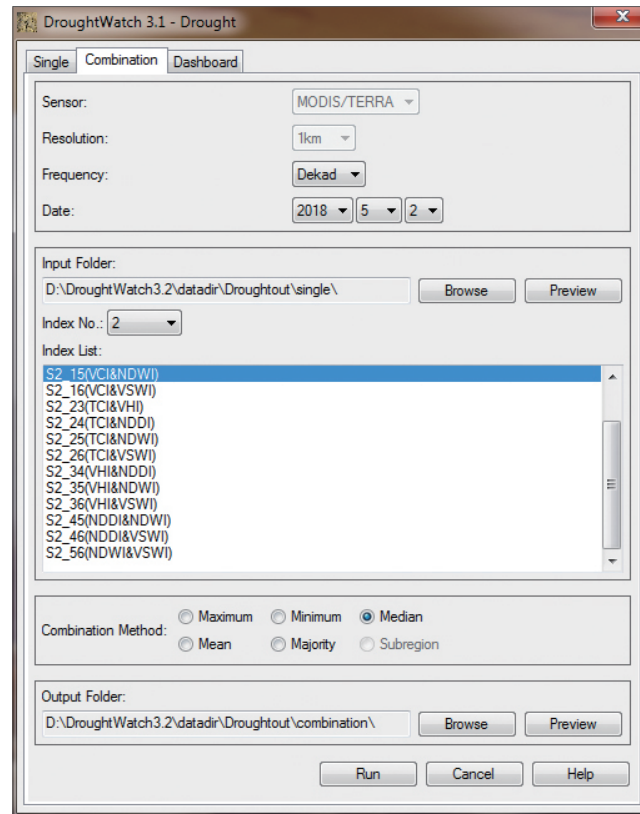
D:\DroughtWatch3.2\data\dir\Droughtout\single\dekad\

Buttons: Run, Cancel, Help

Based on a Single index, classification and drought result can be calculated.

- Select frequency, date and index type.
- The input file and output folder can be loaded(or use the default pathway), and then display the image showing information including maximum, minimum, average, mean, standard deviation and accumulative frequency above 95%.
- For the classes, edit to modify their values as well as save them in database(or simply use the default classes).
- Click **Preview** to view output data and perform many operations such as select, pan, zoom in, zoom out, zoom fit window, zoom full size, add shape file, setting color and so on. Detailed operations can be found in the [viewer tool](#).
- In the **output** directory, click **Run** to produce **drought** data based on the single index.
- All drought data will be stored in the local pathway and database automatically.

6.2 Combination

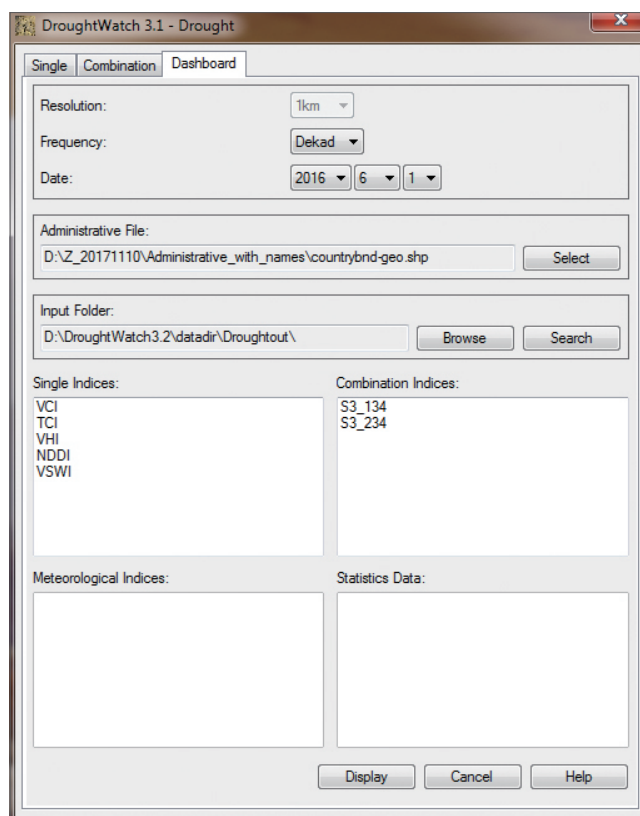


The drought result can also be produced based on combination of indices.

Select frequency and date.

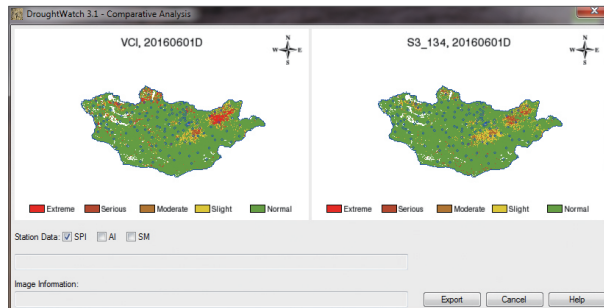
- Determine how many indices to use for combination. Different combination results can be found in the table below.
- The combination method can be selected, the input file and output folder can be loaded, or simply use the default path.
- Click **Preview** to view the output data and perform many operations such as select, pan, zoom in, zoom out, zoom fit window, zoom full size, add shape file, setting color and so on.. Detailed operations can be found in the [viewer tool](#).
- Click **Run** to produce **drought** data based on combination of indices selected.
- All drought data will be stored in the local pathway and database automatically.

6.3 Dashboard



Based on the dashboard, compare different indices with other data, and add station data to the map to analyze the drought result.

- Select frequency, date, also administrator unit data (country, province, county or other custom shpfile).
- By loading the input folder, note the available indices. Up to six may be chosen for comparison..
- Click **Preview** to view output data and perform many operations such as select, pan, zoom in, zoom out, zoom fit window, zoom full size, add shape file, setting color and so on. Detailed operations can be found in the [viewer tool](#).
- Clicking **Display** to see **drought** map and data from different indices. Operate them like the windows below



The comparative analysis window displays:

- Drought distribution of different classes are shown by the value in left below of window.
- Station data (SPI, AI and SM) are shown in the bottom of the window.

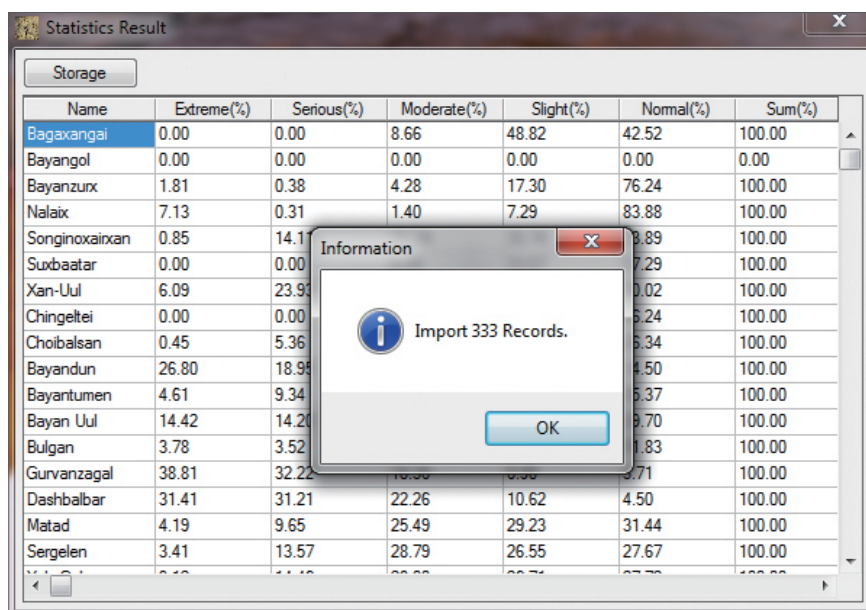
7. Analysis

In the analysis module, perform drought statistics and analysis according to two scales (over [spatial unit](#) and [time interval](#)).

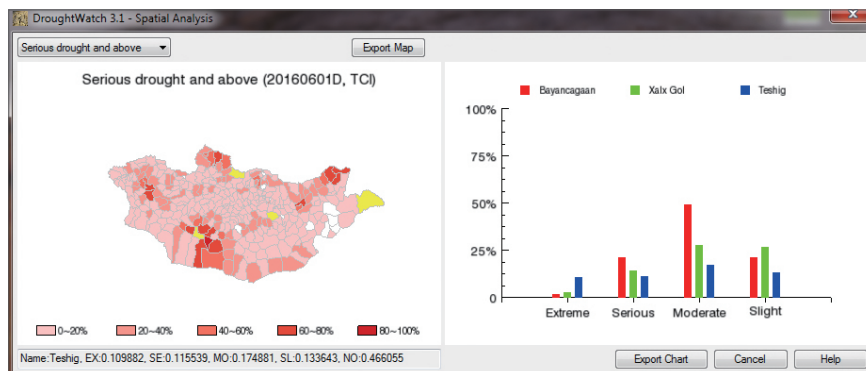
7.1 Over Spatial Unit

Select frequency, date, and also administrative unit data (country, province, county or other custom shpfile).

- By loading the input folder, available indices and data for comparison will be displayed. Choose between two to six for comparison.
- Click **Preview** to view output data and perform many operations such as select, pan, zoom in, zoom out, zoom fit window, zoom full size, add shape file, setting color and so on. Detailed operations can be found in the [viewer tool](#).
- Clicking **Stat.** to see **drought** statistics results (as shown in the window below) in the new table and saved in a local pathway. They can also be stored in the database.



- By clicking **Map**, a drought map and chart will be demonstrated in a new window. Select specific unit and drought grades, and they will be shown in the chart at the right with different drought grades. The map and chart may be exported.

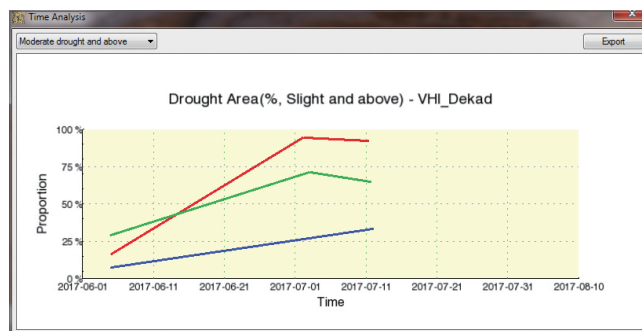


7.2 Over Time Interval

The screenshot shows the 'DroughtWatch 3.1 - Analysis' dialog box with the 'Over Time Interval' tab selected. The dialog contains the following fields and controls:

- Start Time:** Three dropdown menus set to 2016, 6, and 1.
- End Time:** Three dropdown menus set to 2016, 6, and 10.
- Frequency:** A dropdown menu set to 'Dekad'.
- Drought:** A dropdown menu set to 'TCI' and an empty text input field.
- Unit:** A dropdown menu set to 'Country'.
- Name:** A text input field containing 'Mongolia'.
- Buttons:** 'View', 'Cancel', and 'Help' buttons at the bottom.

- Select start time, end time, frequency, drought by a certain index and administrative unit (country, province, county or other custom shpfile).
- Click **View** to see **drought** statistics results over a certain period (as shown in the image below) in the new map.



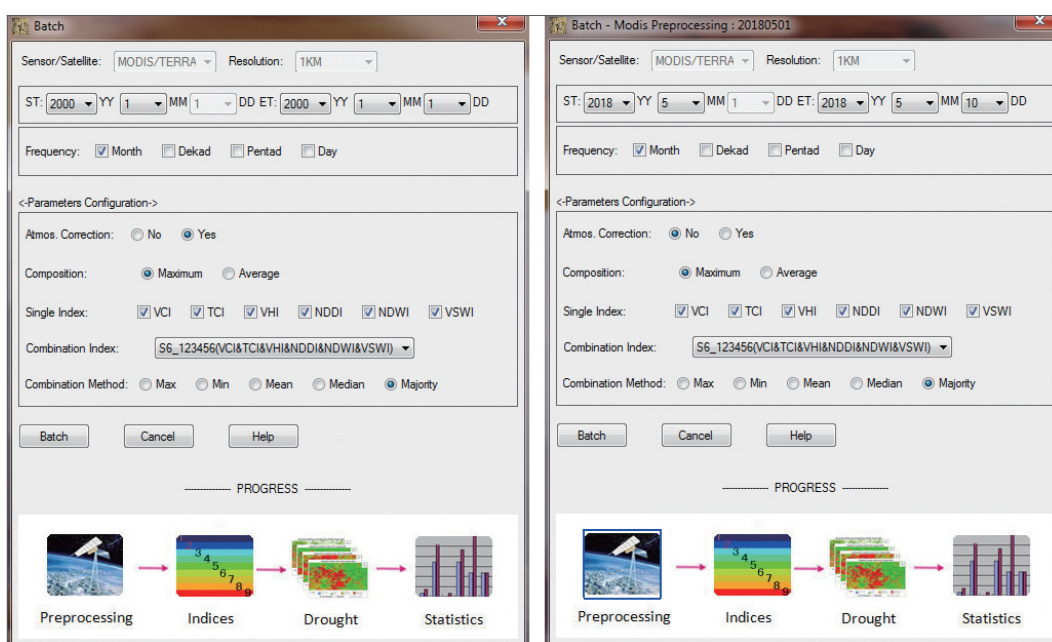
- Select trend lines of different drought grades at the top left corner.
- Save the graph in a local pathway via **Export**.

8. Batch

The DroughtWatch system can process multiple data in any time period. By setting up the configurations, the system will be programmed automatically.

It is a very useful tool and can also save time to improve work and computer efficiency. It is possible to finish processing procedures at will; by the next day or a few days later, the scheduled production will be present in the designated pathway or database.

8.1 Operation



Batches can help operators finish the whole procedure of drought monitoring automatically.

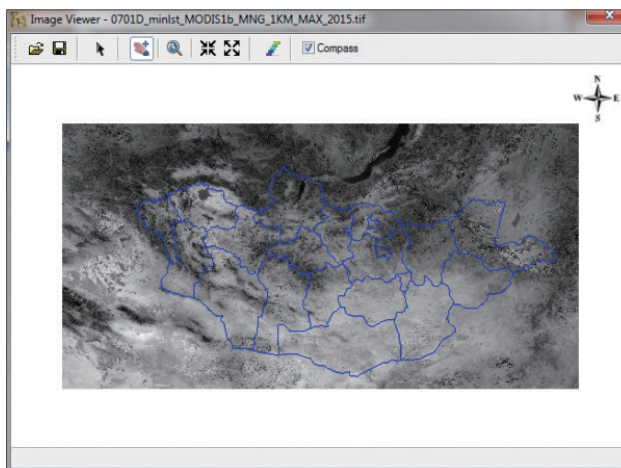
First, set the period by choosing various methods in every step.

Then, click **Batch** to finish MODIS data preprocessing, indices calculation, drought monitoring and statistics, and save all output results in the local pathway and database automatically.

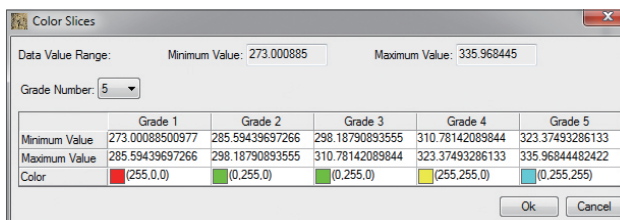
- Current processes are displayed at the top of the window.
- A blue line will demarcate current progress.

9. View tool

The View tool provides interactive operations for raster data. One can preview any input and output data in the system. The main interface is shown like below with the button functions explained by the table:



Icon	Function
	Open any image file
	Save and export image
	Select image pixel
	Translation from one to another
	Zoom to full
	Zoom in
	Zoom out
	Color slices



- Also the bottom of the window will display the row and column values of the mouse's position.

Via color slices, the image can be classified by data value range and grade number, setting a separate color for each index.

Appendix

There are 5 indices of remote sensing and 2 indices based on the meteorological data, which are **VCI**, **TCI**, **VHI**, **NDDI**, **VSWI**, **SPI** and **AI**. Every index's algorithms and instructions should be introduced as:

The preprocessing includes radiometric, geometric and atmospheric corrections, and cloud detection. The MRTSWATH program released by the USGS EROS Data Center (https://lpdaac.usgs.gov/tools/modis_reprojection_tool_swath) is integrated into the sub-module to perform geometric correction. The radioactive transfer model 6S released by NASA was used to perform atmospheric correction (Vermote et al, 1999). Another algorithm developed by NASA was also used for cloud detection (Ackerman et al, 2002).

Normalized difference vegetation index (**NDVI**) as defined below, has been widely used.

$$NDVI = \frac{(\rho_{nir} - \rho_{red})}{\rho_{nir} + \rho_{red}}$$

where, ρ_{nir} and ρ_{red} are the reflectance in the near infrared band (band2 in MODIS) and the red band (band1 in MODIS) respectively.

Land surface temperature (**LST**) was calculated based on the split window algorithm developed by MAO et al. (2005), using thermal infrared information, as explained below.

$$T_s = a * BT_{31} - b * BT_{32} + c$$

where, BT31 is the brightness temperature of band31 in MODIS while BT32 is the brightness temperature of band 32; and a, b, c are the coefficients.

VCI- Vegetation Condition Index is calculated by the NDVI and NDVI average of multi-year.

NDVI is the normalized difference between the near infrared (NIR) and visible red reflectance, is responsive to changes in both the chlorophyll content and the intracellular spaces in spongy mesophyll of plant leaves (Rouse et al., 1974; Tucker, 1979). Higher NDVI values reflect greater vigor and photosynthetic capacity (or greenness) of vegetation canopy, whereas lower NDVI values for the same time period are reflective of vegetative stress resulting in chlorophyll reductions and changes in the leaves' internal structure due to wilting. NDVI's role in drought monitoring has been described several times in past years (Kogan, 1991; Kogan, 1995; Lozana-Garcia, 1995; Gutman, 1996; Yang et al., 1998; Gonzalez-Alonso, 2002; Ji and Peters, 2003).

To reflect the extreme climate resulting in the drought, reduce the spatial change of NDVI and drought results comparable in different areas, vegetation condition index is calculated by the NDVI and multi years NDVI data (Kogan, 1990), as follows:

$$VCI_j = \frac{NDVI_j - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} * 100\%$$

$NDVI_j$ is NDVI of date j; $NDVI_{max}$ and $NDVI_{min}$ are the maximum and minimum NDVI of all dataset.

TCI-Surface temperature has a close correlation to the vegetation; increasing of vegetation temperature is the initial indicator of the water stress and drought. So TCI can be developed (Kogan, 1995), which of equation is:

$$TCI_j = \frac{T_{max} - Ts_j}{T_{max} - T_{min}}$$

Ts_j is NDVI of date j , T_{max} and T_{min} are the maximum and minimum surface temperature of all dataset.

VHI- estimated the vegetation health condition based on combination of the vegetation greenness and temperatures (Kogan, F. N., 1995). The formula is:

$$VHI = a * VCI + (1 - a) * TCI$$

where, a and $1-a$ are contribution to the VHI separately from VCI and TCI.

NDDI- was generated from NDVI and NDWI using the following equation (Yingxin Gu, 2007).

$$NDDI = \frac{NDVI - NDWI}{NDVI + NDWI}$$

where, NDVI is the normalized difference between the near infrared (NIR) and visible red reflectance; NDWI is the normalized difference between the near infrared (NIR) and shortwave infrared (SWIR).

VSWI-NDVI and T_s (surface temperature) are used for constructing the VSWI (Carlson et al., 1990). When water supply is normal, vegetation index gotten by remote sensor keep a range, and the crop crown temperature by remote sensor also keep some range; if drought emerges, the water supply of crop is insufficient.

$$VSWI = \frac{T_s}{NDVI}$$

SPI- the standardized precipitation index, precipitation is the only required input parameter. The SPI was designed to quantify the precipitation deficit in short timescale, which had been developed by McKee and others in 1993.

$$SPI = \frac{P - \bar{P}}{\sigma}$$

where, P is the current precipitation, \bar{P} is average precipitation of multiyear and σ is standard deviation of multiyear precipitation.

AI- aridity index, Aridity indices inherently include an element of circularity in that they are calibrated against known aridity patterns. The UNESCO aridity index (AI) is based on the ratio of annual precipitation (P) and potential evapotranspiration rates. But if we did not get the ratio, then use the temperature instead of (De Martonne, E).

$$A_n = \frac{P}{T + 10}$$

where, P is the annual precipitation and T is the annual mean temperature.

Reference

- Kogan F N. 1990.Remote Sensing of Weather Impacts on Vegetation in Non-homogenous Area.International Journal of Remote Sensing, 11: 1405-1419.
- Kogan F N. 1995.Application of Vegetation Index and Brightness Temperature for Drought Detection. Advances in Space Research, 15:91-100.
- Yingxin Gu, Jesslyn F. Brown, James P. Verdin, and Brian Wardlow.2007. A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 34, L06407.
- McKee, T.B., N.J. Doesken and J. Kleist, 1993: The relationship of drought frequency and duration to time scale. In: Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim, California,17–22 January 1993. Boston, American Meteorological Society, 179–184.
- De Martonne, E. (1926). Aréismeet indice artidite. Comptes Rendus de L'Acad Sci, Paris, 182,1395–1398.

Гарын авлага

DROUGHTWATCH систем

DroughtWatch 3.1

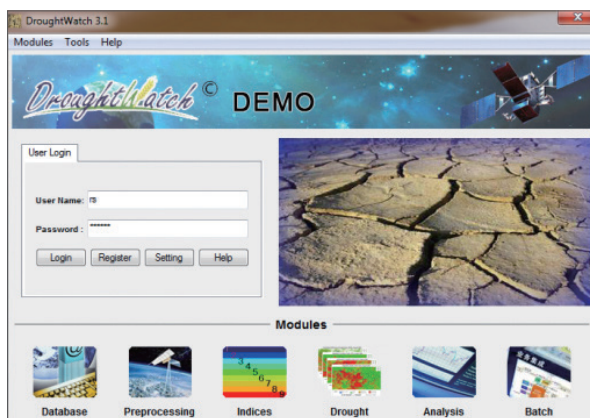


1. DroughtWatch системийн танилцуулга

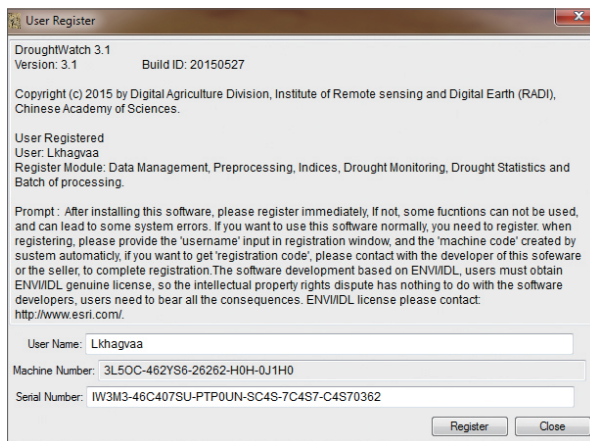
Монгол улсад гангийн мониторингийн системийг зайнаас тандан судлал (DroughtWatch)-аар МОДИС-ийн мэдээ боловсруулалт, индекс тооцоолох, Гангийн мониторинг, статистик, анализ хийх, мэдээллийн менежмент зэрэг аргачлалаар гүйцэтгэнэ.

DroughtWatch нь доорх зурагт үзүүлсэн 6 модулиас бүрдэнэ. Үүний 4 модульд мэдээ боловсруулалт ([preprocessing](#)), индексүүд ([indices](#)), ган ([drought](#)), дүн шинжилгээ ([analysis](#)) орох ба үлдсэн 2 модульд мэдээллийн сан ([database](#))-ийн менежмент ба багц ([batch](#))-аар боловсруулах зэрэг багтана.

- DroughtWatch-ийн үндсэн холбоос нь олон хэсгээс бүрдэх бөгөөд хэрэглэгч **Modules** цэсийг дарж, өөр өөр боловсруулалтын модулийг сонгож, **Help** цэс нь системийн тусламжийн агуулга, түүний тухай ба бүртгүүлэх зэргийг хангана.



- **Help** нь системийн боловсруулалтын дэлгэрэнгүй зааварчилгааг хэрэглэгчдэд өгнө. Үүнд системийн хувилбар, дууссан хугацаа, зохиогчийн эрх ба холбоос багтана.
- Бүртгүүлсэний дараа хэрэглэгч системд хандах ба модулиудын боловсруулалтыг эзэмших эрхтэй болно. Хэрэглэгч Зайнаас тандан судлал ба тоон дэлхийн хүрээлэн ([RADI-Institute of Remote Sensing and Digital Earth](#))-ээс сериал дугаар авах хүсэлтийн талаар доорхи цонхноос харна уу. Мөн дэлгэрэнгүй мэдээллийг системийн эзэмшигч (changsheng@radi.ac.cn)-ээс лавлана уу.



2. Үндэслэл

DroughtWatch програмын зохиогчийн эрх нь БНХАУ-ын Шинжлэх Ухааны Академи ([Chinese Academy of Sciences](#))-ийн харьяа Зайнаас тандан судлал ба тоон дэлхийн хүрээлэн ([RADI-Institute of Remote Sensing and Digital Earth](#))-ийн Газар тариалангийн тоон мэдээллийн хэлтэс ([Digital Agricultural Division](#))-т харьяалагдана.

Ямар нэг хууль бус үйлдэл нь шударга шүүхэд хамаарна.

Зөвхөн хэрэглэгчээр бүртгүүлж, системийг ашиглаж болно.

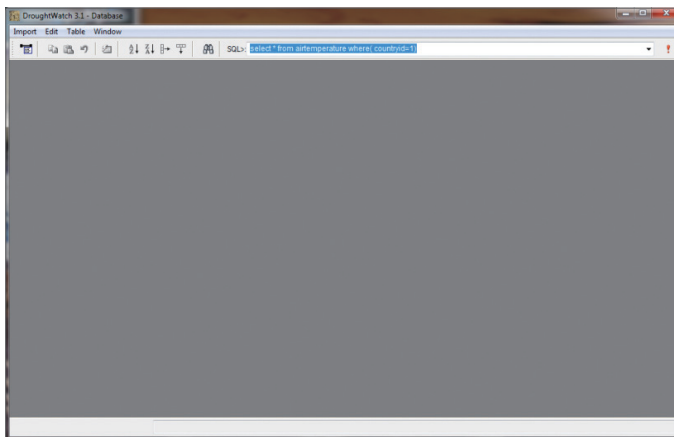
- Анхны хэрэглэгчид бүртгүүлэх замаар хэрэглэгчийн нэр авах болно.
- Бүртгүүлсэн хэрэглэгч эрх бүхий хэрэглэгчийн нэр (**user name**) ба нууц үг (**password**)-ээ оруулсны дараа **Login** дээр дарж системийг ажиллуулна.

Системийг ашиглах үед зургийн мэдээг хадгалах ба боловсруулах зарим статик директор хэрэгтэй тул эдгээрийн холбоотой зам шаардлагатай. Үүнд:

- Хэрэглэгч үндсэн холбоосын тохиргооны товчлуурыг дарж, дараа нь **Browse** товчоор дамжуулан бүх замыг өөрчилж болно. Эцэст нь өөрчлөгдсөн зам хадгалагдах болно.

3. Мэдээллийн сан (Database)

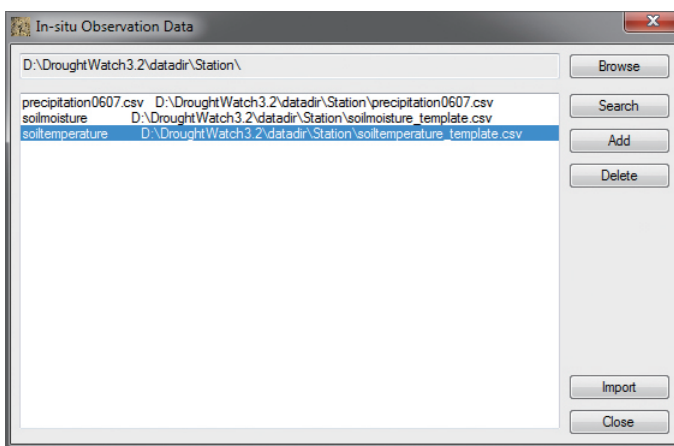
Мэдээллийн сангийн модуль нь мэдээ оруулах ба хайлт хийх ([querying](#)) бөгөөд оролтын мэдээ ([inputting](#))-н дэх станцын мэдээний файлыг .csv барц (batch)-аар оруулж боловсруулах, мөн давхардсан мэдээг автоматаар арилгаж болно. Тодорхой хугацааны мэдээг хайх үед хэрэглэгч хүснэгт ([table](#))-ийн тохиргоог өөрчлөх ба засвар хийж ([edit](#)) болно.




Мэдээллийн сангийн холбоос нь цэсийн самбар ([menu bar](#)), товчилсон товчлуур ([toolbar](#)), стандарт хайлтын товчлуур ([standard query toolbar](#)), статус самбар ба цонх ([view window](#)) зэргээс ихэвчлэн бүрддэг.

3.1 Мэдээ оруулах (Import)

Import цэс нь станцын мэдээний оролтыг гүйцэтгэдэг. Дэлгэрэнгүй функцыг доор харуулав: Тодорхой директор ба өмнө сонгосон замыг хайх, эсвэл боловсруулсан файлыг нэмэх ба устгасны дараа хэрэглэгч мэдээг мэдээллийн санд оруулж болно.




Мөн хэрэглэгч энэ цэсийг доорх товчлуураар оруулж болно:  **Station data input**

3.2 Засвар хийх (Edit)

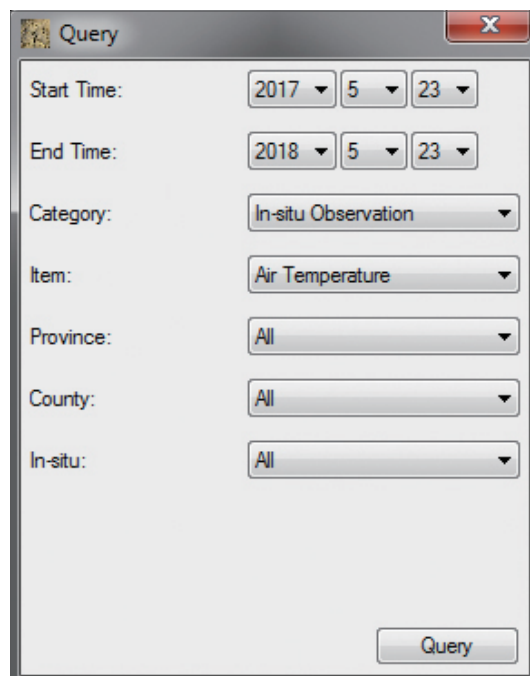
Edit цэс нь хүснэгтэн боловсруулалтыг гүйцэтгэдэг. Дэлгэрэнгүй функцыг доор харуулав:

Redo	Recover accidentally deleted data
Copy	Copy selected data
Paste	Paste selected data
Delete	Delete selected data
Refresh	Refresh the current database
Delete all records	Delete selected data
Select all records	Select all data
Export	Export data

3.3 Хайлт хийх (Query)

Үндсэн цэсийн **query** эсвэл  товчлуураар хэрэглэгч тодорхой хугацаа сонгож, ажиглалтын мэдээ, geotiff грид (geotiff grids) ба гангийн статистикийн мэдээ зэрэг гурван төрлийн мэдээг хайна.

- Өөр өөр товчлууруудын тусламжтайгаар гаргасан үр дүн бүрийг хүснэгтээр харуулна.



The image shows a 'Query' dialog box with the following fields and options:

- Start Time:** 2017, 5, 23
- End Time:** 2018, 5, 23
- Category:** In-situ Observation
- Item:** Air Temperature
- Province:** All
- County:** All
- In-situ:** All
- Query** button at the bottom right.

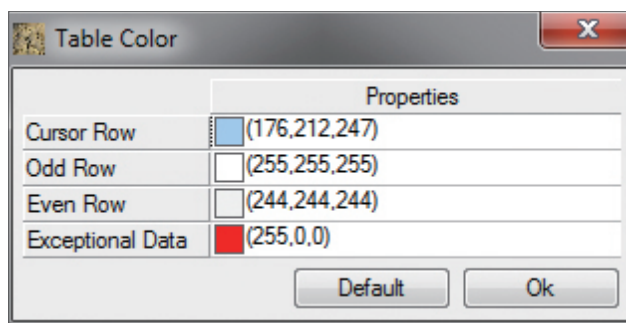
Мөн хэрэглэгч SQL хэлийг ашиглаж хүссэн мэдээгээ хайж болно.

SQL> `select * from airtemperature where(countryid=1)`

3.4 Хүснэгт (Table)

Table цэс нь хүснэгт тохиргоо ба мэдээний захиалгыг гүйцэтгэдэг. Дэлгэрэнгүй функцыг доор харуулав:

Table color	Setting color of cursor position and abnormal data
Sort ascending	Ascending to the table data
Sort descending	Descending to the table data
Right after enter	Click enter and cursor move right
Down after enter	Click enter and cursor move down



3.5 Цонх (Window)

Window цэс нь ажлын хэрэгсэл үзүүлэх ба хаах үйлдлийг гүйцэтгэдэг. Дэлгэрэнгүй функцыг доор харуулав:

Standard toolbar	Whether display standard toolbar or not
Query	Whether display query toolbar or not
Status	Whether display status bar or not

Standard toolbar хялбархан ашиглаж болох бөгөөд хэрэглэгч File ⇨ window ⇨ standard toolbar гэсэн тусламжтайгаар хандаж болно:



Үүнд:

Edit хэрэгслүүд

copy	paste	redo
refresh	ascending	descending
move right after clicking 'enter'	move down after clicking 'enter'	

Статус самбар

Статус самбар нь сонгосон мэдээний мэдээллийг ажлын талбарын доод хэсэгт харуулдаг. Үүнд:

- Мөр ба тодорхой эгнээ;
- Улс / аймаг /-ын нэр ба газрын хэмжилтийн нэр;
- Мэдээний эхэлсэн ба дууссан хугацаа;
- Мэдээний төрөл

Total 0 Rows , The 0 Row	Country: Mongolia, Frequency: Dekad, Start Time: 2017-5-3, End Time: 2018-5-3, Observation Type: Air Temperature, Province: All, County: All, In-situ: All
--------------------------	--

4. Мэдээ бэлтгэх (Data preparation)

Зайнаас тандсан мэдээг стандарт аргуудаар боловсруулах ба геометрийн залруулга (GEO), нийлүүлэх (MOS), цацрагийн залруулга (RAD), үүлний маск (CLD) ба агаар мандлын залруулга (ATC) зэргээс гадна NDVI болон LST-ийн тооцоо багтана. АНУ-ын USGS EROS Data Center-ээс гаргасан MRTSWATH програм (https://lpdaac.usgs.gov/tools/modis_reprojection_tool_swath/) бол геометрийн залруулга хийх дэд модуль юм.

Гангийн хувьд хоногийн параметрийн нийлэмжээс үүссэн 3-н хугацаа хэрэгтэй ба Cap, 10 хоног болон 5 хоногийн мэдээ шаардлагатай.

4.1 Мэдээ боловсруулалт (Preprocessing)

Хэрэглэгч DroughtWatch үндсэн цэснээс **Preprocessing** сонгож, MODIS 1B-ийн мэдээний MOD021KM ба MOD03 гэсэн хоёр мэдээг тус тус боловсруулна. Файлын нэрс дараах хэлбэртэй байна:

4.1.1 Боловсруулалт

DroughtWatch 3.1 - Preprocessing

Preprocessing Composition

Sensor: MODIS/TERRA

Resolution: 1km

Start Time: 2018 5 18

End Time: 2018 5 18

Input Folder: D:\DroughtWatch3.2\data\dir\Originaldata\MODIS1b\ Browse Search

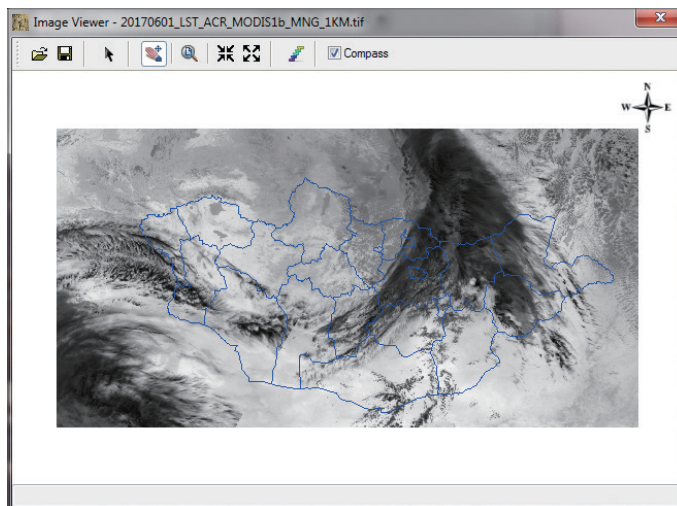
Output Folder: D:\DroughtWatch3.2\data\dir\Preout\ Browse Preview

< Processing Procedure ->

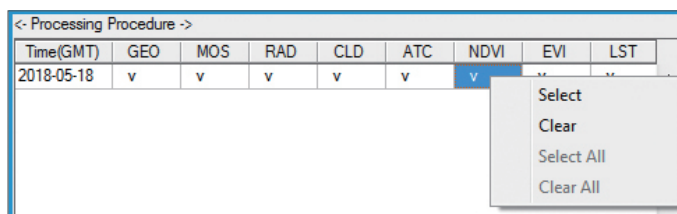
Time(GMT)	GEO	MOS	RAD	CLD	ATC	NDVI	EVI	LST
2018-05-18	v	v	v	v	v	v	v	v

Run Cancel Help

- Боловсруулалтаар хэрэглэгч мэдээний эхлэх, дуусах цаг, **MODIS1b** мэдээний оролт, гаралтыг сонгохоос гадна хүснэгтийн бүх боловсруулалтын хэсгүүдийг тодорхойлж болно.
- Хэрэглэгч **Run** дээр дарж, мэдээг боловсруулах, боловсруулалтын үр дүн бүрийг тодорхойлсон директор дотор хадгална.
- Сонгосон жагсаалтын хамгийн сүүлийн мэдээг холбоосын баруун талд байгаа цонхуудаар зурна. Мөн хэрэглэгч хулганы хөдөлгөнөөр өөр өөр байрлалын мэдээний утгыг харж болно.
- Хэрэв хэрэглэгч ямар нэг зураг үзэхийг хүсвэл **preview**-ийн товчлуураар зөвхөн зургийг ачаалах ба үүнийг [viewer tool](#)-ийн функцээс хайж болно.



- Мэдээ боловсруулалтанд олон үйдлүүд багтах ба хэрэглэгч хүсвэл үр дүн бүрийг авахын тулд өөр өөр алхамуудыг сонгоно.



- Хэрэв хэрэглэгч бүх боловсруулалтыг дуусгасны дараа холбоосыг буцаах (**Cancel**) боломжтой.
- Боловсруулалт ба зааврын талаар авахыг хүсвэл хэрэглэгч Help дээр дарна.

4.1.2 Файлын нэрийн хэлбэрүүд

Файлын нэрийн формат дараах хэлбэртэй байна:

Оролтын файлууд: Файлын нэрүүд өөрчлөгдөөгүй бол эдгээр нь MODIS 1b мэдээтэй ижил байна.

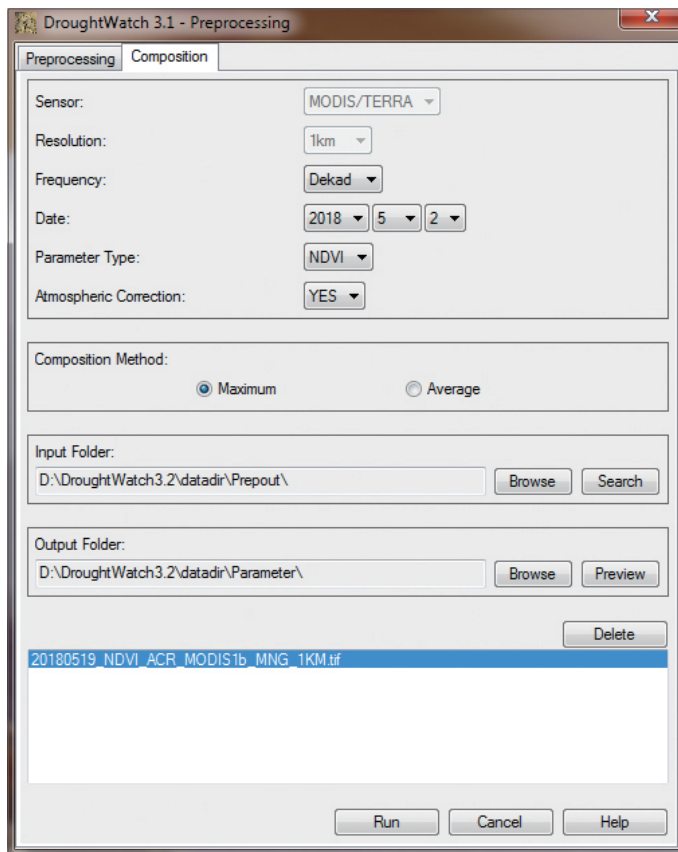
Гаралтын файлууд: YYYYMMDD_NDVI(LST,REF1,REF2,REF3,REF4,REF5,REF6,REF7)_ACR(NON).tif

4.2 Эвлүүлэг (Composition)

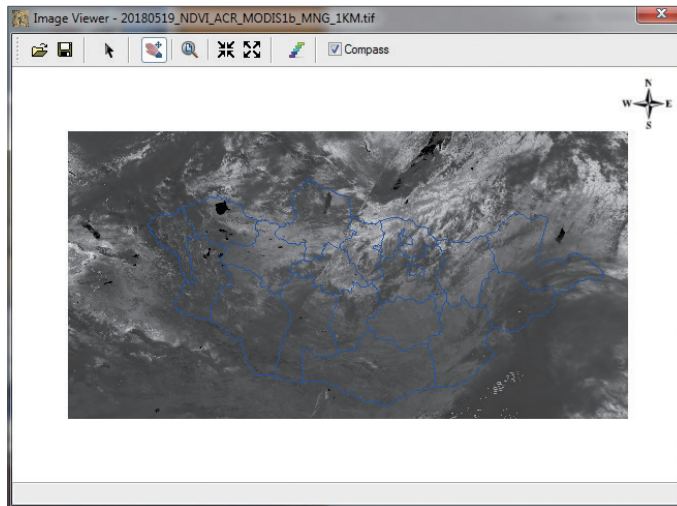
Энэ модульд, 5 хоног, 10 хоног ба сарын параметруудийг өдөр тутмын мэдээнээс үүсгэж, нэг сар нь гурван 10 хоногт буюу эхний арван өдөр, хоёр дахь арван өдөр ба гурав дахь арван өдөр (заримдаа гурав дахь арван өдөр найман өдөр эсвэл арваннэгэн өдөр байж болно) гэж тус тус хуваагдана.

Нарийвчилсан боловсруулалтыг боловсруулалт ([operation](#))-ын агуулгаас олж болно.

4.2.1 Боловсруулалт



- DroughtWatch-ийн үндсэн цэсээс **Preprocessing** ⇨ **Composition** сонгохын тулд хэрэглэгч тохиргооны холбоос уруу орно.
- Хэрэглэгч сонирхсон хугацаа (5 хоног, 10 хоног ба сар)-аа сонгоно.
- Мөн хэрэглэгч NDVI, LST, REF1, REF2, REF3, REF4, REF5, REF6 ба REF7 гэсэн параметруудийн аль нэгийг нь сонгоно.
- Синтезийн аргын хувьд 2 сонголт байдаг ба хэрэглэгч хамгийн их ба дундаж синтезийн аргыг сонгож болно.
- Мөн хэрэглэгч өдөр тутмын параметрийн файлыг ажиллуулах бөгөөд хэрэглэгч **browse** директороос тэдгээрийг олох, мөн үр дүнг хадгалахын тулд гаралтын замыг сонгох хэрэгтэй.
- Хэрэглэгч мэдээний зургийг шинэ цонхоор харж болох ба үүнийг **preview** функцийг **viewer tool**-ээс хайж болно.



4.2.2 Файлын нэрийн хэлбэрүүд

Оролтын файлууд:

YYYYMMDD_NDVI(LST/REF1/REF2/REF3/REF4/REF5/REF6/REF7)_ACR(NON).tif

Гаралтын файлууд:

YYYYMMM_NDVI(LST/REF1/REF2/REF3/REF4/REF5/REF6/REF7)_ACR(NON)_MAX(AVE).tif

YYYYMMDDD_NDVI(LST/REF1/REF2/REF3/REF4/REF5/REF6/REF7)_ACR(NON)_MAX(AVE).tif

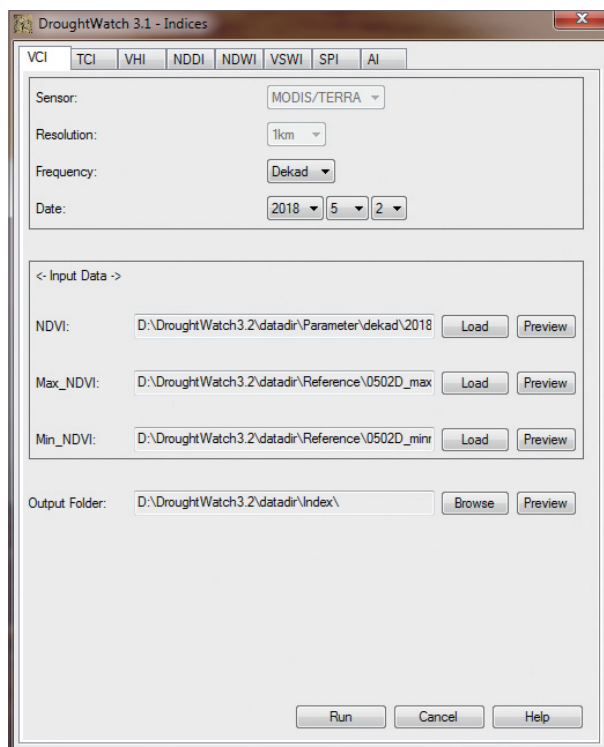
YYYYMMPPP_NDVI(LST/REF1/REF2/REF3/REF4/REF5/REF6/REF7)_ACR(NON)_MAX(AVE).tif

5. Индексүүд (Indices)

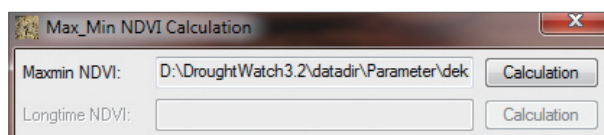
Энэ модульд, параметруудийн эвлүүлэгээр 5-н зайнаас тандан судлалын гангийн индексүүд ([VCI](#), [TCI](#), [VHI](#), [NDDI](#) ба [VSWI](#)) болон 2 цаг уурын индекс ([SPI](#) ба [AI](#))-ийг тооцоолов.

Хэрвээ хэрэглэгч индекс бүрийн алгоритмыг мэдэхийг хүсвэл Хавсралт ([appendix](#))-ыг үзнэ үү.

5.1 Ургамлын нөхцлийн индекс (VCI)

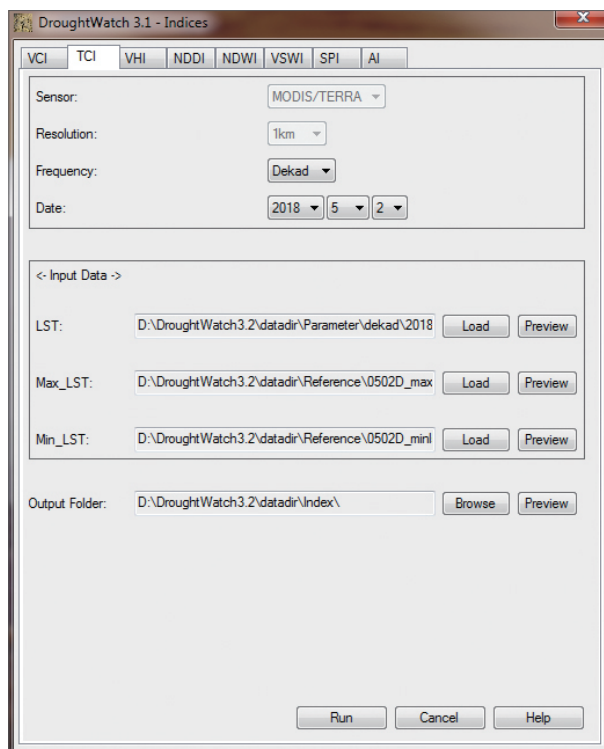


- Хугацаа ба огноог сонгоно.
- Ажлын товчлуураар хэрэглэгч сонгосон NDVI файлыг ачаалах бөгөөд файлын нэрийг цонхонд харуулна.
- Мөн хамгийн их ба хамгийн бага NDVI файлын хэмжээг ачаалж болох боловч хэрэв тодорхойлсон талбарт сонгосон файл байхгүй бол асуулгын цонх гарч ирнэ.
- Энэ цонхоор хамгийн их ба хамгийн бага NDVI-ийг бодуулна. Энд тооцоолох хоёр арга байдаг ба хэрэв өмнө бодуулж байсан хамгийн их эсвэл хамгийн бага утга байвал хэрэглэгч NDVI хамгийн сүүлийн мэдээгээр тооцоолно. Хэрэв тодорхойлсон замд дээрх мэдээнүүд байхгүй бол хэрэглэгч урт хугацааны NDVI-ийн мэдээг дахин бодуулах хэрэгтэй. Үүнийг доорх хэсгээс харна үү:

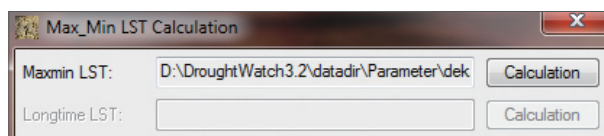


- Мөн хэрэглэгч **Preview** товчийг дарж, гаралтын мэдээг харах, зургийг томруулах, зургийг багасгах, зургийг дэлгэцэнд бүтнээр гаргах, вектор файл нэмэх ба өнгийг солих гэх мэт олон боловсруулалтыг гүйцэтгэхээс гадна дэлгэрэнгүй боловсруулалтыг [viewer tool](#)-ээс хайж болно.
- Гаралтын директорыг нэмж, **Run** товчийг дарахад VCI-ийн мэдээ боловсруулагдана.
- VCI мэдээ тухайн сонгосон зам ба мэдээллийн санд автоматаар хадгалагдана.

5.2 Температурын нөхцлийн индекс (TCI)

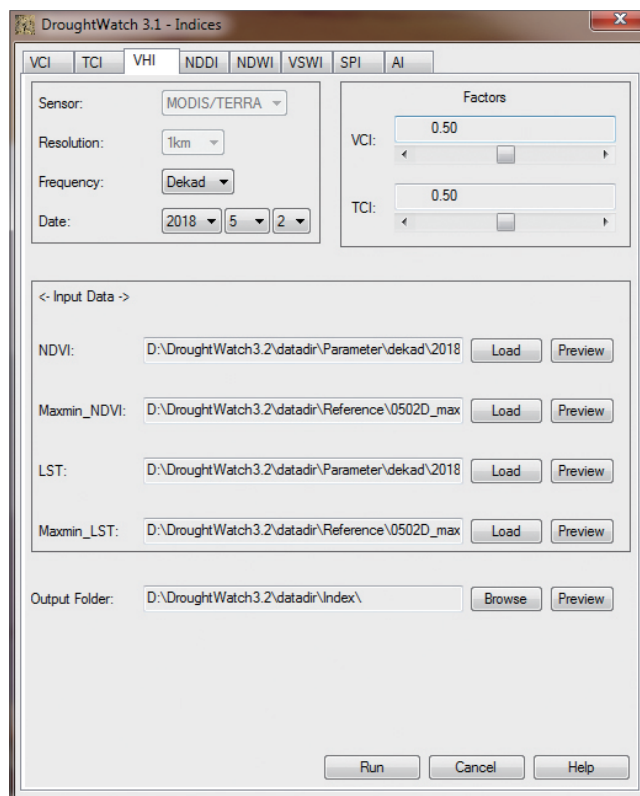


- Хугацаа ба огноог сонгоно.
- Ажлын товчлуураар хэрэглэгч сонгосон LST файлыг ачаалах бөгөөд файлын нэрийг цонхонд харуулна.
- Мөн хамгийн их ба хамгийн бага LST файлын хэмжээг ачаалж болох боловч хэрэв тодорхойлсон замд сонгосон файл байхгүй бол асуулгын цонх гарч ирнэ.
- Энэ цонхоор хамгийн их ба хамгийн бага LST-ийг бодуулна. Энд тооцоолох хоёр арга байдаг ба хэрэв өмнө бодуулж байсан хамгийн их эсвэл хамгийн бага утга байвал хэрэглэгч LST хамгийн сүүлийн мэдээгээр тооцоолж болно. Хэрэв тодорхойлсон замд дээрх мэдээнүүд байхгүй бол хэрэглэгч үрт хугацааны LST-ийн мэдээг дахин бодуулах хэрэгтэй. Үүнийг доорх хэсгээс харна уу:



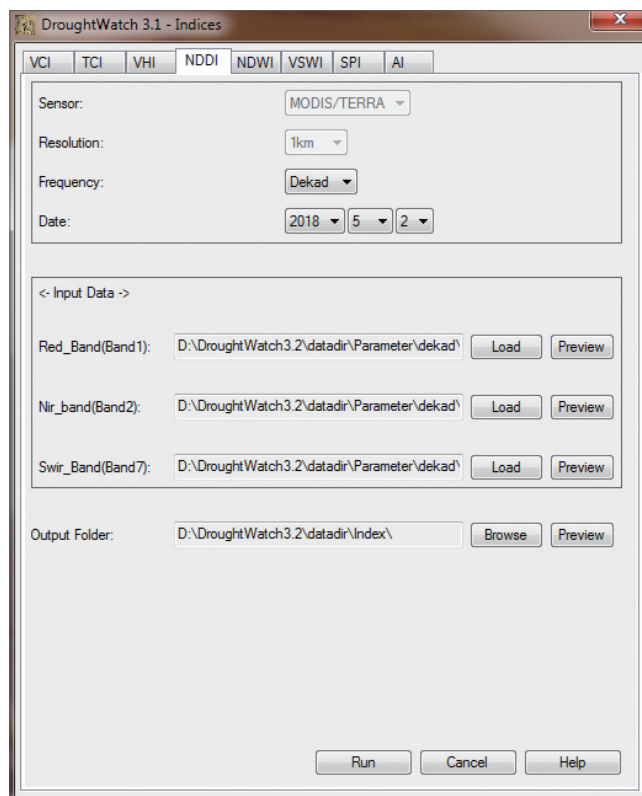
- Мөн хэрэглэгч **Preview** товчийг дарж, гаралтын мэдээг харах, зургийг томруулах, зургийг багасгах, зургийг дэлгэцэнд бүтнээр гаргах, вектор файл нэмэх ба өнгийг солих гэх мэт олон боловсруулалтыг гүйцэтгэхээс гадна дэлгэрэнгүй боловсруулалтыг [viewer tool](#)-ээс хайж болно.
- Гаралтын директорыг нэмж, **Run** товчийг дарахад **TCI**-ийн мэдээ боловсруулагдана.
- TCI мэдээ тухайн сонгосон зам ба мэдээллийн санд автоматаар хадгалагдана.

5.3 Ургамлын эрүүлийн индекс (VHI)



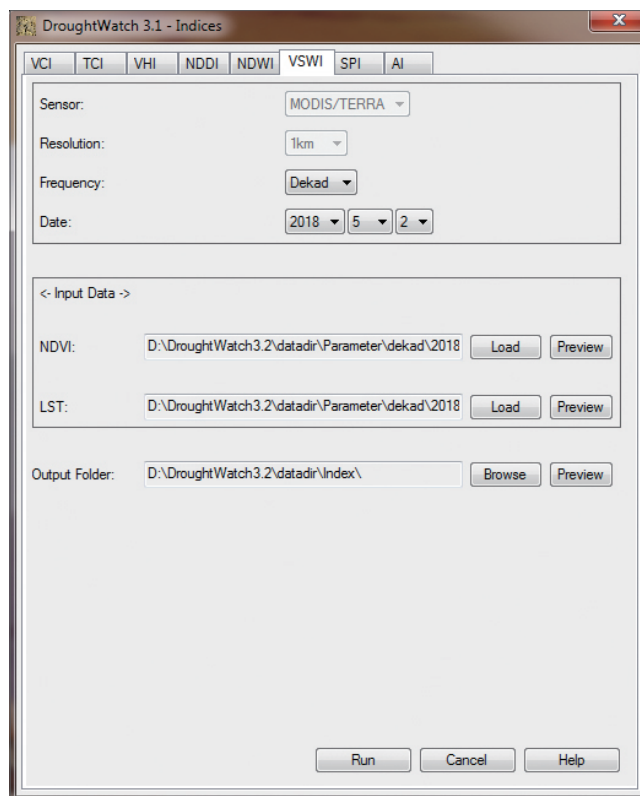
- Хугацаа ба огноог сонгоно.
- Ажлын товчлуураар хэрэглэгч сонгосон LST файлыг ачаалах бөгөөд файлын нэрийг цонхонд харуулна.
- Мөн хэрэглэгч хамгийн их ба хамгийн бага NDVI файл түүнчлэн хамгийн их ба хамгийн бага LST файлыг ажиллуулна, хэрэв тодорхойлсон замд сонгосон файл байхгүй бол асуулгын цонх гарч ирнэ.
- Энэ цонхоор хамгийн их ба хамгийн бага LST-ийг бодуулна. Энд тооцоолох хоёр арга байдаг ба хэрэв өмнө бодуулж байсан хамгийн их эсвэл хамгийн бага утга байвал хэрэглэгч LST хамгийн сүүлийн мэдээгээр тооцоолж болно. Хэрэв тодорхойлсон замд дээрх мэдээнүүд байхгүй бол хэрэглэгч урт хугацааны LST-ийн мэдээг дахин бодуулна.
- Мөн хэрэглэгч **Preview** товчийг дарж, гаралтын мэдээг харах, зургийг томруулах, зургийг багасгах, зургийг дэлгэцэнд бүтнээр гаргах, вектор файл нэмэх ба өнгийг солих гэх мэт олон боловсруулалтыг гүйцэтгэхээс гадна дэлгэрэнгүй боловсруулалтыг [viewer tool](#)-ээс хайж болно.
- Гаралтын директорыг нэмж, **Run** товчийг дарахад VHI-ийн мэдээ боловсруулагдана.
- VHI мэдээ тухайн сонгосон зам ба мэдээллийн санд автоматаар хадгалагдах болно.

5.4 Нормчилсон ялгаврын гангийн индекс (NDDI)



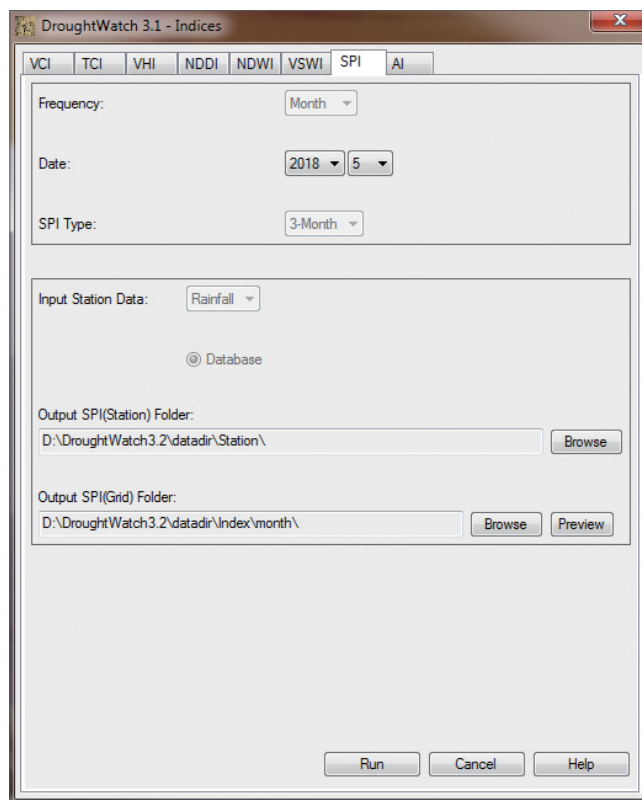
- Хугацаа ба огноог сонгоно.
- Ажлын товчлуураар хэрэглэгч сонгосон Band1, Band2 ба Band7 файлыг ачаалах бөгөөд файлын нэрийг цонхонд харуулна.
- Хэрэглэгч гаралтын фолдерыг сонгох эсвэл өмнө сонгосон замыг ашиглаж болно.
- Мөн хэрэглэгч **Preview** товчийг дарж, гаралтын мэдээг харах, зургийг томруулах, зургийг багасгах, зургийг дэлгэцэнд бүтнээр гаргах, вектор файл нэмэх ба өнгийг солих гэх мэт олон боловсруулалтыг гүйцэтгэхээс гадна дэлгэрэнгүй боловсруулалтыг [viewer tool](#)-ээс хайж болно.
- Гаралтын директорыг нэмж, **Run** товчийг дарахад NDDI-ийн мэдээ боловсруулагдана.
- NDDI мэдээ тухайн сонгосон зам ба мэдээллийн санд автоматаар хадгалагдах болно.

5.5 Ургамлын усан хангамжийн индекс (VSWI)



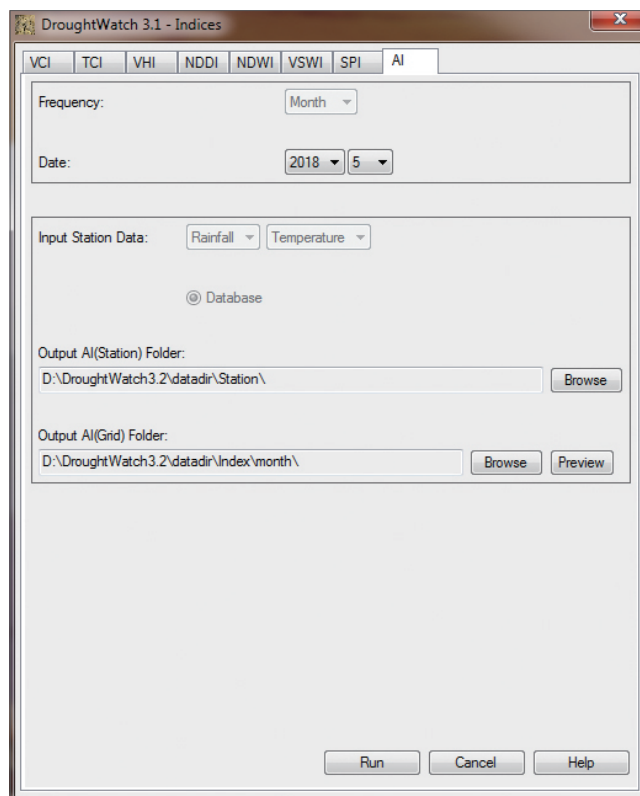
- Хугацаа ба огноог сонгоно.
- Ажлын товчлуураар хэрэглэгч сонгосон Band1, Band2 ба Band7 файлыг ачаалах бөгөөд файлын нэрийг цонхонд харуулна.
- Хэрэглэгч гаралтын фолдерыг сонгох эсвэл өмнө сонгосон замыг ашиглаж болно.
- Мөн хэрэглэгч **Preview** товчийг дарж, гаралтын мэдээг харах, зургийг томруулах, зургийг багасгах, зургийг дэлгэцэнд бүтнээр гаргах, вектор файл нэмэх ба өнгийг солих гэх мэт олон боловсруулалтыг гүйцэтгэхээс гадна дэлгэрэнгүй боловсруулалтыг [viewer tool](#)-ээс хайж болно.
- Гаралтын директорыг зааж, **Run** товчийг дарахад VSWI-ийн мэдээ боловсруулагдана.
- VSWI мэдээ тухайн сонгосон зам ба мэдээллийн санд автоматаар хадгалагдах болно.

5.6 Стандартчилсан хур тунадасны индекс (SPI)



- Хэрэглэгч өдөр ба гаралтын фолдерыг **Browse**-аар сонгох эсвэл өмнө нээсэн замыг ашиглаж болно.
- Мөн хэрэглэгч **Preview** товчийг дарж, гаралтын мэдээг харах, зургийг томруулах, зургийг багасгах, зургийг дэлгэцэнд бүтнээр гаргах, вектор файл нэмэх ба өнгийг солих гэх мэт олон боловсруулалтыг гүйцэтгэхээс гадна дэлгэрэнгүй боловсруулалтыг [viewer tool](#)-ээс хайж болно.
- Гаралтын директорыг нэмж, **Run** товчийг дарахад **SPI**-ийн мэдээ боловсруулагдана.
- Энд зөвхөн 3-н сарын SPI-ийг тооцоолно.
- SPI мэдээ тухайн сонгосон зам ба мэдээллийн санд автоматаар хадгалагдана.

5.7 Хуурайшилтын индекс (AI)



- Хэрэглэгч өдөр ба гаралтын фолдерыг **Browse**-аар сонгох эсвэл өмнө нээсэн замыг ашиглаж болно.
- Мөн хэрэглэгч **Preview** товчийг дарж, гаралтын мэдээг харах, зургийг томруулах, зургийг багасгах, зургийг дэлгэцэнд бүтнээр гаргах, вектор файл нэмэх ба өнгийг солих гэх мэт олон боловсруулалтыг гүйцэтгэхээс гадна дэлгэрэнгүй боловсруулалтын талаар [viewer tool](#)-ээс хайж болно.
- Гаралтын директорыг нэмж, **Run** товчийг дарахад **AI**-ийн мэдээ боловсруулагдана.
- **AI** мэдээ тухайн сонгосон зам ба мэдээллийн санд автоматаар хадгалагдана.

5.8 Файлын нэрийн форматууд

Оролтын файлууд:

YYYYMMM_NDVI(LST, REF1,REF2,REF3,REF4,REF5,REF6,REF7)_ACR(NON)_MAX(AVE).tif
 YYYYMMDDD_NDVI(LST, REF1,REF2,REF3,REF4,REF5,REF6,REF7)_ACR(NON)_MAX(AVE).tif
 YYYYMMPPP_NDVI(LST, REF1,REF2,REF3,REF4,REF5,REF6,REF7)_ACR(NON)_MAX(AVE).tif
 YYYYMMM_maxNDVI(minNDVI,maxLST,minLST)_MAX(AVE)_YYYY.tif
 YYYYMMDDD_maxNDVI(minNDVI,maxLST,minLST)_MAX(AVE)_YYYY.tif
 YYYYMMPPP_maxNDVI(minNDVI,maxLST,minLST)_MAX(AVE)_YYYY.tif

Гаралтын файлууд:

YYYYMMM_VCI(TCI,VHI,NDDI,VSWI)_ACR(NON)_MAX(AVE).tif
 YYYYMMDDD_VCI(TCI,VHI,NDDI,VSWI)_ACR(NON)_MAX(AVE).tif
 YYYYMMPPP_VCI(TCI,VHI,NDDI,VSWI)_ACR(NON)_MAX(AVE).tif

6. Ган

Гангийн модулиар хэрэглэгч гангийн тархалт ба хугацааг зайнаас тандан судлал ба цаг уурын мэдээн дээр суурилсан индексүүдээс авч болохоос гадна хэрэглэгч гангийн мониторинг хийхийн тулд нэг индексийг ангилах, мөн хэд хэдэн индексийг нэгтгэж болно. Хяналтын самбар ([dashboard](#)) нь олон мэдээнүүдийг дэлгэц дээр харуулах, харьцуулах, түүнчлэн дүн шинжилгээ хийхэд маш хэрэгтэй, тохиромжтой хэрэгсэл юм.

6.1 Дан (Single)

The screenshot shows the 'DroughtWatch 3.1 - Drought' window with the 'Single' tab selected. The interface includes the following sections:

- Sensor:** MODIS/TERRA (dropdown)
- Resolution:** 1km (dropdown)
- Frequency:** Dekad (dropdown)
- Date:** 2018 (year), 5 (month), 2 (day) (dropdowns)
- IndexType:** TCI (dropdown)
- Input File:** D:\DroughtWatch3.2\data\index\dekad\20180502D_TCI (text field) with 'Load' and 'Preview' buttons.
- Image Information:**

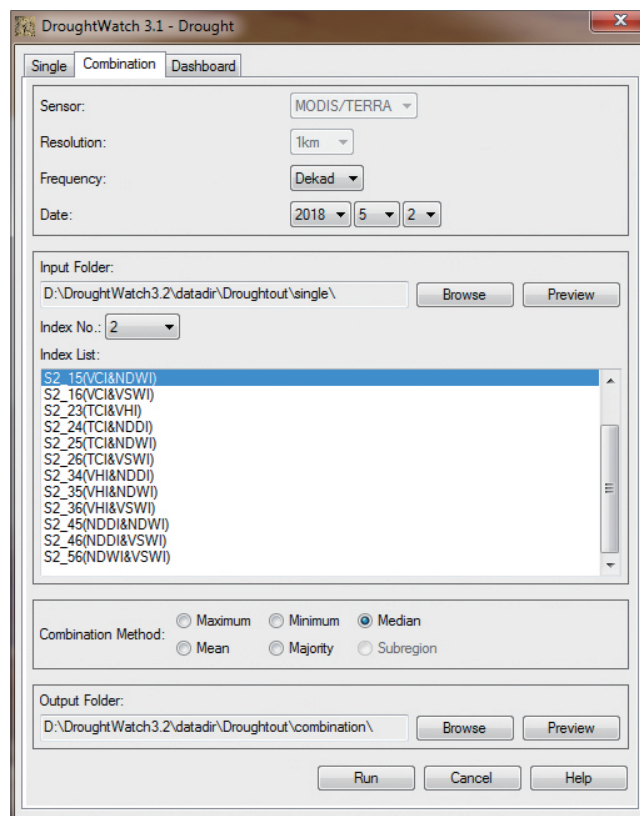
Max:	1.00000	Min:	0.000000	Mean:	0.916233
Stdev:	0.276406	Accumulative Frequency(95%):	1.00000		
- Drought Classification:**

Category	Value 1	Value 2	Color
Extreme:	0	~ 0.095	Red
Serious:	0.095	~ 0.167	Dark Red
Moderate:	0.167	~ 0.255	Orange
Slight:	0.255	~ 0.343	Yellow
Normal:	0.343	~ 1	Green
- Output Folder:** D:\DroughtWatch3.2\data\index\dekad\ (text field) with 'Browse' and 'Preview' buttons.
- Buttons:** 'Run', 'Cancel', 'Help' at the bottom.

Дан индекс дээр үндэслэн гангийг ангилал ба үр дүнг тооцоолж болно.

- Хэрэглэгч хугацаа, огноо ба индексийн төрлийг сонгоно.
- Оролтын файл ба гаралтын фолдерыг ачаалах эсвэл өмнө нээсэн замыг ашиглаж, дараа нь хэрэглэгч 95%-иас дээшхи хамгийн их, хамгийн бага, дундаж, олон жилийн дундаж, стандарт хазайлт ба хугацааны хуримтлал зэрэг зургийн мэдээллийг харж болно.
- Ангилалын хувьд хэрэглэгч утгыг тодорхойлохын тулд засвар хийх түүнчлэн тэдгээрийг мэдээллийн санд хадгалах; мөн хэрэглэгч анхны ангилалуудыг шууд ашиглаж болно.
- Мөн хэрэглэгч **Preview** товчийг дарж, гаралтын мэдээг харах, зургийг томруулах, зургийг багасгах, зургийг дэлгэцэнд бүтнээр гаргах, вектор файл нэмэх ба өнгийг солих гэх мэт олон боловсруулалтыг гүйцэтгэхээс гадна дэлгэрэнгүй боловсруулалтын талаар [viewer tool](#)-ээс хайж болно.
- Гаралтын директорыг нэмж, **Run** товчийг дарахад дан индексэд суурилсан гангийн индекс боловсруулагдана.
- Бүх гангийн мэдээ тухайн сонгосон зам ба мэдээллийн санд автоматаар хадгалагдана.

6.2 Хосолсон (Combination)

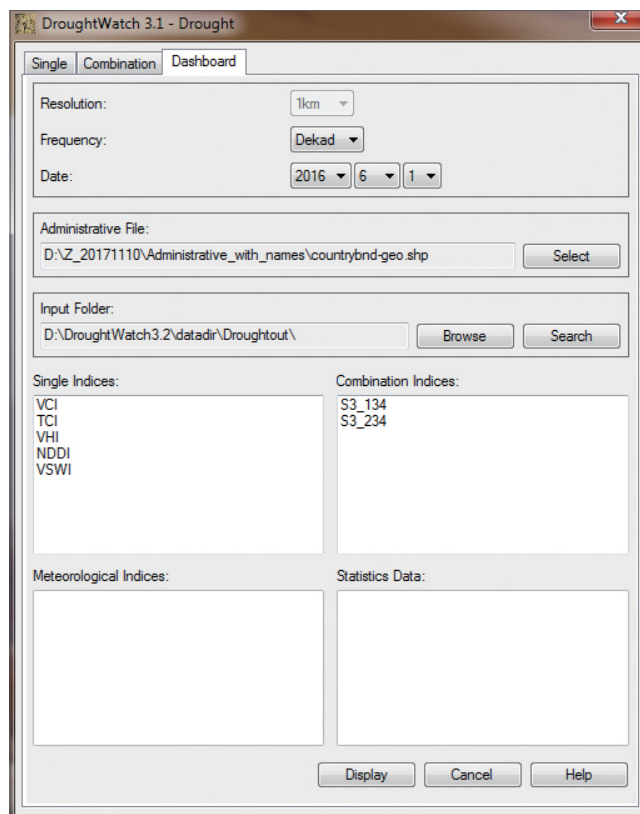


Хосолсон индексэд суурилсан гангийн бүтээгдэхүүний үр дүнг хэрэглэгч бас боловсруулж болно.

Хэрэглэгч хугацаа ба огноог сонгоно.

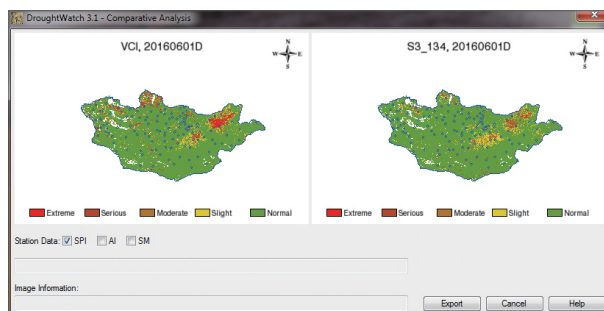
- Хэрэглэгч хэр хэдэн индексийг нийлүүлэн тодорхойлох, нийлүүлсэн үр дүнгүүдийг доорх хүснэгтийн жагсаалтаас харж болох ба нэг буюу хэд хэдэн тооцоог сонгож болно.
- Оролтын файл ба гаралтын фолдерыг ачаалах эсвэл өмнө нээсэн замыг ашиглаж хосолсон аргыг сонгоно.
- Мөн хэрэглэгч **Preview** товчийг дарж, гаралтын мэдээг харах, зургийг томруулах, зургийг багасгах, зургийг дэлгэцэнд бүтнээр гаргах, вектор файл нэмэх ба өнгийг солих гэх мэт олон боловсруулалтыг гүйцэтгэхээс гадна дэлгэрэнгүй боловсруулалтыг [viewer tool](#)-ээс хайж болно.
- Run товчийг дарж хосолсон индекс дээр суурилсан гангийн мэдээ боловсруулагдана.
- Бүх гангийн мэдээ мэдээ тухайн сонгосон зам ба мэдээллийн санд автоматаар хадгалагдана.

6.3 Хянах самбар (Dashboard)



Хяналтын самбар дээр үндэслэн хэрэглэгч ялгаатай мэдээг бусад мэдээтэй харьцуулах ба гангийн дүн шинжилгээ хийхийн тулд зурган дээр станцын мэдээ нэмнэ.

- Хэрэглэгч хугацаа, огноо, мөн засаг захиргааны хилийг сонгоно (улс, аймаг, сум эсвэл бусад вектор).
- Оролтын фолдерыг ачаалснаар хэрэглэгч харьцуулах боломжтой индексүүд ба мэдээг харах болно. Хэрэглэгч эдгээр индексүүдийн хоёр (эсвэл дөрөв, зургаа)-ыг нь сонгож болно.
- Хэрэглэгч **Preview** товчийг дарж, гаралтын мэдээг харах, зургийг томруулах, зургийг багасгах, зургийг дэлгэцэнд бүтнээр гаргах, вектор файл нэмэх ба өнгийг солих гэх мэт олон боловсруулалтыг гүйцэтгэхээс гадна дэлгэрэнгүй боловсруулалтыг [viewer tool](#)-ээс хайж болно.
- **Display** товчлуурыг дарж, өөр өөр индекс эсвэл мэдээгээр гаргасан гангийн зургийг харуулах ба хэрэглэгч эдгээр үйлдлүүдийг доорхи зурганд үзүүлсэнтэй адил хийж болно.



Хэрэглэгч харьцуулсан дүн шинжилгээг хийж гүйцэтгэнэ:

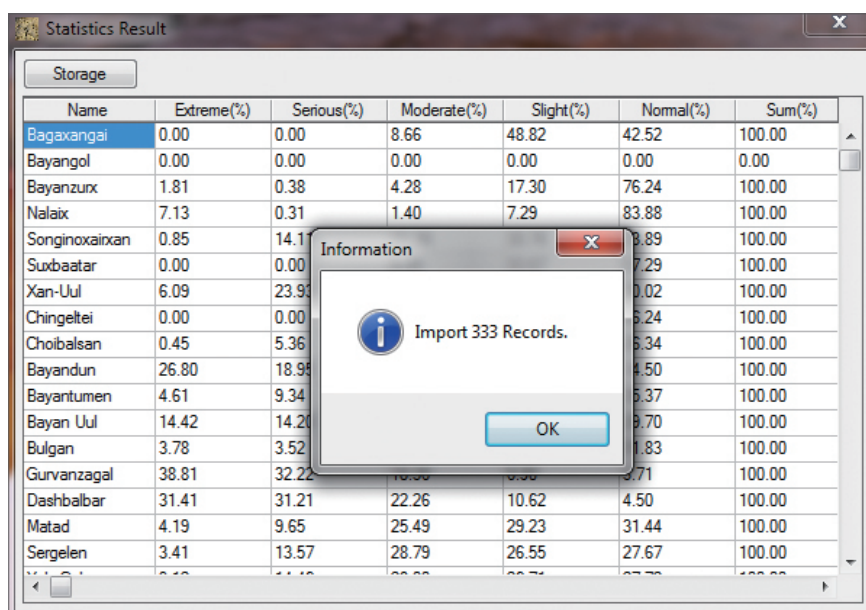
- Өөр өөр ангилалын гангийн тархалтын утгыг цонхны зүүн талаас харж болно.
- Станцын мэдээ (SPI, AI ба SM)-г цонхны доод хэсэгт харуулав.
- Мөн хэрэглэгч зургийн томруулах, багасгах, зөөх ба бусад боловсруулалтыг хийж дуусгана.

7. Дүн шинжилгээ

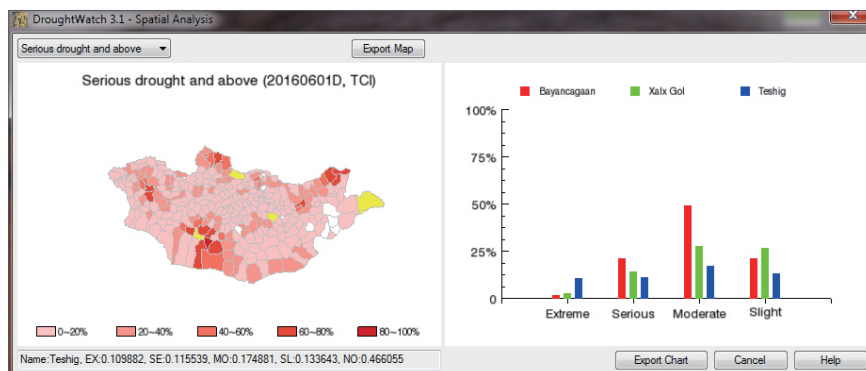
Дүн шинжилгээний модулиас хэрэглэгч гангийн статистик ба дүн шинжилгээг хоёр түвшинд хийж болно (оронзайн нэгжүүд ([spatial unit](#)) ба цаг хугацаа ([time interval](#))).

7.1 Оронзайн нэгжүүд (*Over spatial unit*)

- Хэрэглэгч хугацаа, огноо ба засаг захиргааны хилийг сонгоно. (улс, аймаг, сүм эсвэл бүсэд вектор).
- Оролтын фолдерыг ачаалснаар хэрэглэгч харьцуулах боломжтой индексүүд ба мэдээг харах болно. Хэрэглэгч эдгээр индексүүдийн хоёр (эсвэл дөрөв, зургаа)-ыг нь сонгож болно.
- Хэрэглэгч **Preview** товчийг дарж, гаралтын мэдээг харах, зургийг томруулах, зургийг багасгах, зургийг дэлгэцэнд бүтнээр гаргах, вектор файл нэмэх ба өнгийг солих гэх мэт олон боловсруулалтыг гүйцэтгэхээс гадна дэлгэрэнгүй боловсруулалтыг [viewer tool](#)-ээс хайж болно.
- **Stat.** товчийг дарснаар гангийн статистик үр дүнгүүд шинэ хүснэгтэнд харагдах (доорхи зурганд үзүүлсэнтэй адил) ба үүнийг тухайн сонгосон замд хадгална. Мөн хэрэглэгч эдгээр мэдээг мэдээллийн сан руу хадгалж болно.



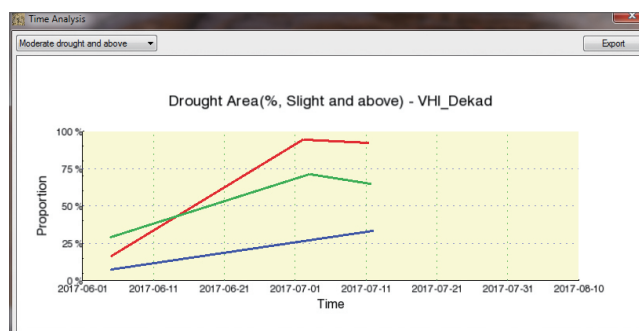
- **Map** товчийг дарснаар гангийн зураг ба графикийг шинэ цонхонд харуулах бөгөөд хэрэглэгч сонирхсон гангийн ангилалын утга сонгох, үүнийг баруун гар талд байгаа гангийн өөр өөр ангилалаар гаргасан графикаар харуулна. Дараа нь зураг болон графикийг гаргаж авна.



7.2 Цаг хугацааны зайц (Over time interval)

The screenshot shows the 'DroughtWatch 3.1 - Analysis' window with the 'Over Time Interval' tab selected. The 'Start Time' is set to 2016-06-01, 'End Time' to 2016-06-10, and 'Frequency' to 'Dekad'. The 'Drought' type is 'TCI', the 'Unit' is 'Country', and the 'Name' is 'Mongolia'. At the bottom are 'View', 'Cancel', and 'Help' buttons.

- Хэрэглэгч эхлэх цаг, дуусах цаг, давтамж, гангийн индекс, засаг захиргааны нэгж, мөн засаг захиргааны нэгжийн мэдээ (улс, аймаг, сум, бусад вектор файл)-г сонгоно.
- **View** товчийг дарснаар тодорхой хугацааны гангийн статистикийн үр дүнгүүдийг шинэ зураг (доор харуулсан цонхтой адил)-аар харуулна.



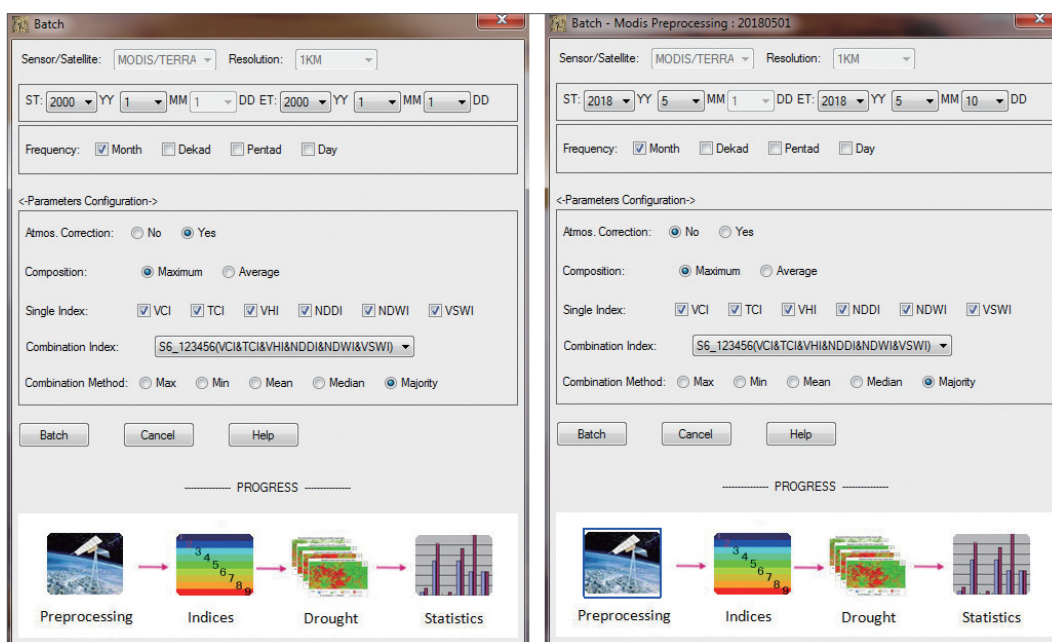
- Хэрэглэгч зүүн дээд буланд байгаа өөр өөр гангийн ангилалуудын шугаман өөрчлөлтийг авч болно.
- Графикийг **Export** хийж, тухайн сонгосон зам дотор хадгална.

8. Багц (Batch)

DroughtWatch систем нь олон жилийн мэдээг аль ч хугацаагаар боловсруулах боломжтой ба хугацааг тохируулахад систем автоматаар ажиллана.

Энэ нь маш хэрэгтэй хэрэгсэл бөгөөд ажлын цаг ба компьютерийн хэрэглээг үр ашигтай болгохын тулд ихээхэн хэмнэж чаддаг. Хэрэглэгч мэдээгээ дараагийн өдөр эсвэл хэдэн өдрийн дараа ч боловсруулж дуусгахыг хүсвэл боловсруулсан бүтээгдэхүүн нь тодорхойлсон зам ба мэдээллийн санд үүссэн байх болно.

8.1 Боловсруулалт (Operation)



Багц (**Batch**) нь хэрэглэгчид гангийн мониторингийн бүх боловсруулалтыг автоматаар боловсруулахад туслана.

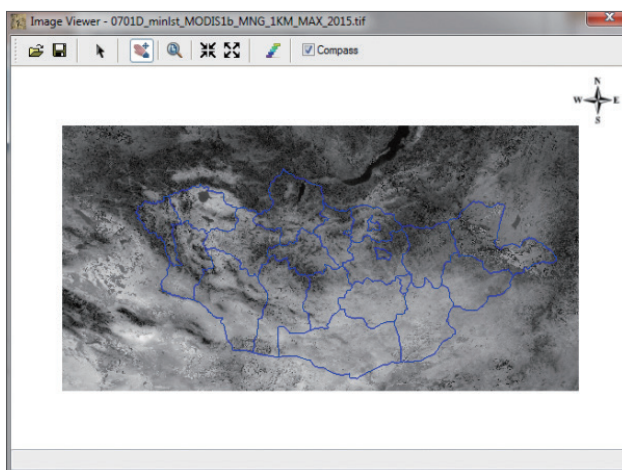
Эхлээд хэрэглэгч цаг хугацааг тохируулж, алхам бүрийн аргуудыг сонгоно.

Дараа нь **Batch** командыг дарж, систем MODIS мэдээний боловсруулалт, индексийн тооцоо, гангийн мониторинг ба статистик үзүүлэлтүүдийг боловсруулах ба бүх гаралтын үр дүнгүүд тухайн сонгосон зам ба мэдээллийн санд автоматаар хадгалагдана.

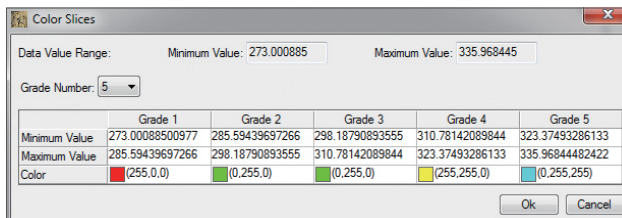
- Хэрэглэгч цонхны дээд хэсэгт одоо явагдаж буй мэдээний цагийн мэдээллийг харах боломжтой.
- Хэрэглэгч цонхны товчлуурт процессыг харах ба цэнхэр шугам нь одоогийн явцыг тэмдэглэнэ.

9. Харах хэрэгсэл (View tool)

Харах хэрэгсэл нь растер мэдээ (raster data)-д зориулсан олон үйлдлийг хангах ба хэрэглэгч системийн оролт ба гаралтын мэдээг урьдчилан үзэхийн тулд **View**-ийн үндсэн холбоос дахь товчлуурын функцын талаар доорх хүснэгтээс харж болно.



Icon	Function
	Open any image file
	Save and export image
	Select image pixel
	Translation from one to another
	Zoom to all extent
	Zoom in
	Zoom out
	Color slices



- Мөн хэрэглэгч хулганы байрлал дээрх тоон утга харах, үүний эгнээ ба баганыг цонхны доод хэсэгт харуулна.

Өнгөний тайлбараар хэрэглэгч мэдээний утга ба ангилалын дугаараар зургийг ангилж, зургийн мэдээг харуулах тусгай өнгийг тохируулж болно.

Хавсралт

VCI, TCI, VHI, NDDI, VSWI, SPI ба **AI** гэх мэт зайнаас тандан судлалын 5 индекс, цаг уурын мэдээнд суурилсан 2 индексүүд байна. Индексийн алгоритм болон заавар бүрийг дараах байдлаар танилцуулбал:

Боловсруулалтанд радиометр, геометр, агаар мандлын заслага ба үүлний илрүүлэлт багтана. АНУ-ын USGS EROS Data Center (https://lpdaac.usgs.gov/tools/modis_reprojection_tool_swath)-ээс гаргасан MRTSWATH програм нь геометрийн засвар хийх дэд модуль юм. NASA-гийн гаргасан цацраг идэвхт дамжуулах 6S загвар нь агаар мандлын заслагын ажилд ашиглагддаг (Vermote et al, 1999). Түүнчлэн үүлний илрүүлэлтэнд NASA-аас сайжруулсан алгоритмыг ашигласан (Ackerman et al, 2002).

Нормчилсон ялгаврын ургамлын индекс (**NDVI**)-ийг түгээмэл ашигладаг ба үүнийг дараах томъёогоор илэрхийлнэ.

$$NDVI = \frac{(\rho_{nir} - \rho_{red})}{\rho_{nir} + \rho_{red}}$$

Энд, ρ_{nir} ба ρ_{red} бол ойрын нэл улаан туяа (МОДИС-ийн 2-р суваг) ба улаан суваг (МОДИС-ийн 1-р суваг)-ийн ойлтүүд юм.

Газрын гадаргын температур (LST) нь MAO нар (2005)-ын боловсруулсан цонхлон хуваах (split window) алгоритм дээр үндэслэн гаргасан ба дулааны хэт улаан туяаны мэдээг ашигласан.

$$T_s = a * BT_{31} - b * BT_{32} + c$$

Энд, BT_{31} бол МОДИС-ийн 31-р сүвгийн температур ба BT_{32} бол 32-р сүвгийн температур, а, b, c бол тохируулгын коэффициентүүд юм.

VCI- Ургамлын нөхцлийн индексийг олон жилийн NDVI ба дундаж NDVI-аар тооцоолно.

NDVI бол ойрын хэт улаан туяа (NIR) ба үзэгдэх гэрлийн улаан сүвгийн ойлт хоорондын зөрөө бөгөөд энэ нь хлорофиллийн агууламж ба ургамлын навчны мөөгөнцөр доторх эсийн өөрчлөлтүүдийн хариу үйлдэл юм (Rouse et al., 1974; Tucker, 1979). NDVI-ийн их утга нь ургамлын бүрхэвчийн оройн ургамал ба фотосинтезийн чадавхи (эсвэл ногоон)-ийг агуулдаг бол харин NDVI-ийн бага утга нь ижил хугацаанд ургамлын стрессээс шалтгаалан хлорофиллийн бууралт, навчны дотоод бүтэц өөрчлөгдөж байгааг илэрхийлнэ. Сүүлийн жилүүдэд гангийн мониторингийн NDVI-ийн гүйцэтгэх үүргийг олон эрдэмтэд судалсаар байна (Kogan, 1991; Kogan, 1995; Лозза-Гарсия, 1995; Гутман, 1996; Ян нар, 1998; Гонзалес-Алонсо, 2002;).

Ганд тэсвэртэй уур амьсгалын индексийг бий болгох, NDVI-ийн орон зайн өөрчлөлтийг бууруулахын тулд ургамлын нөхцлийн индекс (VCI)-ийг NDVI болон олон жилийн NDVI (Kogan, 1990)-ийн мэдээгээр тооцоолсон. Энэ нь дараах томъёогоор илэрхийлэгдэнэ:

$$VCI_j = \frac{NDVI_j - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} * 100\%$$

$NDVI_j$ бол j өдрийн NDVI-ийн утга; $NDVI_{max}$ ба $NDVI_{min}$ нь бүх мэдээний хамгийн их ба хамгийн бага NDVI.

TCI- Гадаргуугийн температур нь ургамлын ургалт, өсөлтөд шууд холбоотой; ургамал орчмын температурын хэт халалт нь усны стресс ба ган үүсэх эхний үзүүлэлт болдог. Иймээс Kogan TCI-ийн алгоритмыг 1995 онд дэвшүүлсэн байна (Kogan, 1995):

$$TCI_j = \frac{T_{max} - TS_j}{T_{max} - T_{min}}$$

TS_j бол j өдрийн NDVI-ийн утга, T_{max} ба T_{min} бол бүх мэдээний хамгийн их ба хамгийн бага температур юм.

VHI- Ургамлын ногоон байдал ба температурын хослолын үндсэн дээр ургамлын эрүүл байдлыг тооцоолсон (Kogan, F. N., 1995). Үүнийг дараах томъёогоор тооцоолно:

$$VHI = a * VCI + (1 - a) * TCI$$

Энд, a ба $1-a$ бол VCI ба TCI-ээс VHI рүү хөрвүүлсэн хувь.

NDDI- NDVI ба NDWI-ээс гаргасан ба дараах NDDI-ийн тэгшитгэлийг ашиглана (Yingxin Gu, 2007).

$$NDDI = \frac{NDVI - NDWI}{NDVI + NDWI}$$

Энд, NDVI бол ойрын хэт улаан туяа (NIR) ба үзэгдэх гэрлийн улаан сүвгийн ойлт хоорондын зөрөө; NDWI нь ойрын хэт улаан туяа (NIR) ба богино долгионы хэт улаан туяа (SWIR)-ы зөрөө юм.

VSWI- NDVI ба T_s (гадаргын температур)-ийг VSWI (Carlson et al., 1990)-ийн аргад хэрэглэгддэг. Зайнаас тандалтаар усан хангамж хэвийн үед ургамлын температурын хязгаарыг тодорхойлоход хэрэв ган тохиолдвол ургамлын усан хангамж хангалтгүй болж энэ үеийн ургамлын их температурын хязгаар хадгалагдах болно.

$$VSWI = \frac{T_s}{NDVI}$$

SPI- стандартчилсан хур тунадасны индекс, хур тунадас бол зөвхөн шаардлагатай оролтын параметр юм. SPI нь богино хугацаанд хуримтлагдсан хур тунадасны алдагдлыг тооцоолох зорилгоор 1993 онд McKee болон бусад хүмүүс боловсруулсан байна.

$$SPI = \frac{P - \bar{P}}{\sigma}$$

Энд, P бол бодит хур тунадас, \bar{P} бол олон жилийн дундаж хур тунадас ба σ нь олон жилийн хур тунадасны стандарт хазайлт.

AI- хуурайшилтын индекс, Хуурайшилтын индексүүд нь мэдэгдэж буй хуурайшлын утганд тохируулга хийсэн элементийн өөрчлөлтийг үзүүлдэг. ЮНЕСКО-гийн хуурайшилтын индекс (AI) нь жилийн хур тунадас (P) ба ууршилтын харьцааг хувиар тооцоолдог. Хэрвээ дээрх параметруудийн харьцааг авч ашиглаагүй үед үүний оронд температур (De Martonne, E)-ын утгыг хэрэглэж болдог.

$$A_n = \frac{P}{T + 10}$$

Энд, P бол жилийн нийлбэр хур тунадас ба T бол жилийн дундаж температур.

Ашигласан бүтээлийн жагсаалт

- Kogan F N. 1990.Remote Sensing of Weather Impacts on Vegetation in Non-homogenous Area.International Journal of Remote Sensing, 11: 1405-1419.
- Kogan F N. 1995.Application of Vegetation Index and Brightness Temperature for Drought Detection. Advances in Space Research, 15:91-100.
- Yingxin Gu, Jesslyn F. Brown, James P. Verdin, and Brian Wardlow.2007. A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 34, L06407.
- McKee, T.B., N.J. Doesken and J. Kleist, 1993: The relationship of drought frequency and duration to time scale. In: Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim, California,17–22 January 1993. Boston, American Meteorological Society, 179–184.
- De Martonne, E. (1926). Aréismeet indice artidite. Comptes Rendus de L'Acad Sci, Paris, 182,1395–1398.

