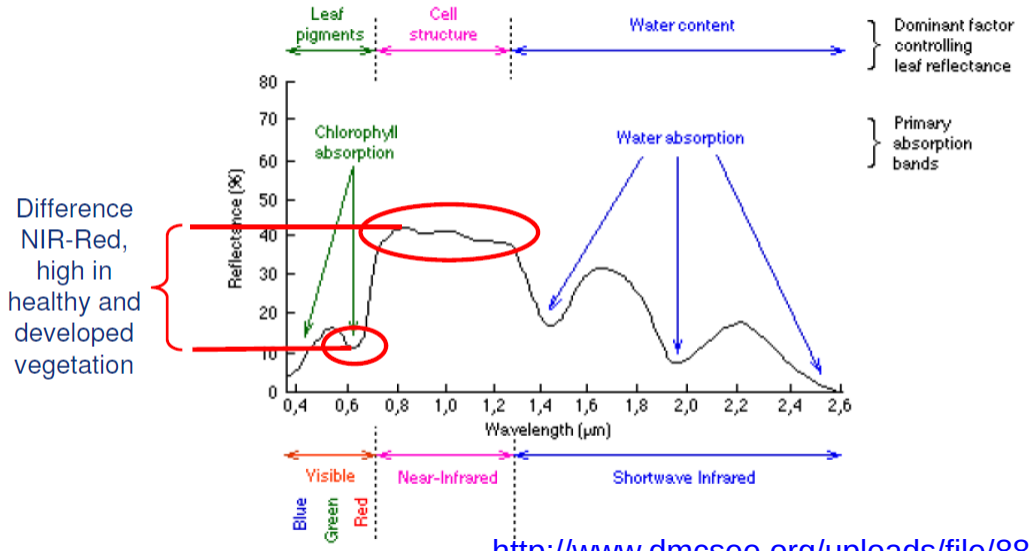
المؤشرات

- غالبا تتكون مؤشرات الاستشعار عن بعد من معادلات رياضية بسيطة تستخدم بعض نطاقات صور الاستشعار عن بعد وذلك للاستدلال على حالة أو ظاهرة معينة، مثل المعادن Minerals والنباتات vegetation أو الجفاف Drought.
- تبنى مؤشرات الاستشعار وفقا لحقائق علمية تتعلق بخصائص أطياف المواد، فعلى سبيل المثال، النبات السليم healthy يمتص معظم الأشعة الحمراء (0,6-0,7 مايكرومتر)، في حين يعكس النبات حوالي 50% من الأشعة تحت الحمراء القريبة NIR (0,7-1,3 مايكرومتر).
- وفقا لهذه الحقيقة قدمت العديد من المعادلات التي تستخدم نطاقات الأشعة الحمراء والأشعة تحت الحمراء القريبة لدراسة النبات وتسمى مؤشرات النبات vegetation indices.



http://www.dmcsee.org/uploads/file/88_remote_sensing_for_drought_monitoring_s_rossi.pdf

مؤشرات المعادن

- قدم **Rockwell (2013)** العديد من مؤشرات المعادن هي:

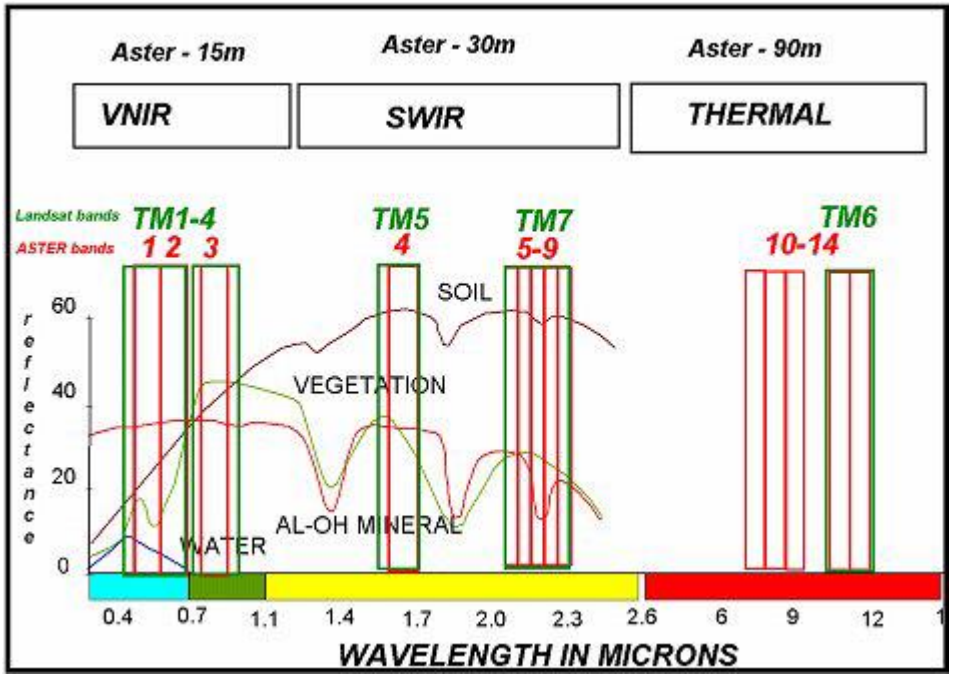
Ferric iron 1 “redness” index = (TM 3/TM1)
Ferric iron index = (TM 3/TM1) × ((TM3+TM5)/TM4)
Ferrous iron – coarse-grained ferric iron – fire ash index = (TM**2**+TM**5**)/(TM**3**+TM**4**)
clay-sulfate-mica-marble index = (TM**5**/TM**7**) **–** (TM**4**/TM**3**)

- ورد ضمن المؤشرات في برنامج معالجة صور الاستشعار عن بعد **ERDAS IMAGINE** عدد من مؤشرات المعادن هي:

Iron Oxide = TM 3/1
Clay Minerals = TM 5/7
Ferrous Minerals = TM 5/4
Mineral Composite = TM 5/7, 5/4, 3/1

- ذكر العديد من مؤشرات المعادن في كتيب ارشادي الكتروني يتعلق بمعالجة مؤشرات المعادن باستخدام صور جهاز الاستشعار عن بعد المسمى استر The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER).
- استر ASTER جهاز استشعار عن بعد يصور في 15 نطاق تشابه نطاقات الأشعة المستخدمة في جهاز الماسح الموضوعي TM.

Band	Label	Wavelength (µm)	Resolution (m)	Nadir or Backward	Description
B1	VNIR_Band1	0.520–0.600	15	Nadir	Visible green/yellow
B2	VNIR_Band2	0.630–0.690	15	Nadir	Visible red
B3	VNIR_Band3N	0.760–0.860	15	Nadir	Near infrared
B4	VNIR_Band3B	0.760–0.860	15	Backward	
B5	SWIR_Band4	1.600–1.700	30	Nadir	Short-wave infrared
B6	SWIR_Band5	2.145–2.185	30	Nadir	
B7	SWIR_Band6	2.185–2.225	30	Nadir	
B8	SWIR_Band7	2.235–2.285	30	Nadir	
B9	SWIR_Band8	2.295–2.365	30	Nadir	
B10	SWIR_Band9	2.360–2.430	30	Nadir	
B11	TIR_Band10	8.125–8.475	90	Nadir	Long-wave infrared or thermal IR
B12	TIR_Band11	8.475–8.825	90	Nadir	
B13	TIR_Band12	8.925–9.275	90	Nadir	
B14	TIR_Band13	10.250–10.950	90	Nadir	
B15	TIR_Band14	10.950–11.650	90	Nadir	



مصدر الشكل: http://www.ga.gov.au/image_cache/GA7833.pdf

- مؤشرات المعادن الواردة في الكتيب الارشادي الاكتروني الذي يتعلق بمعالجة بمؤشرات المعادن لنطاقات صور جهاز الاستشعار عن بعد المسمى استر ASTER

Feature	Band or Ratio	Comments	Reference
Iron			
Ferric iron, Fe^{3+}	2/1		Rowan; CSIRO
Ferrous iron, Fe^{2+}	5/3 + 1/2		Rowan
Laterite	4/5		Bierwith
Gossan	4/2		Volesky
Ferrous silicates (biot, chl, amph)	5/4	Fe oxide Cu-Au alteration	CSIRO
Ferric oxides	4/3	Can be ambiguous*	CSIRO
Carbonates / Mafic Minerals			
Carbonate / chlorite / epidote	(7+9)/8		Rowan
Epidote / chlorite / amphibole	(6+9)/(7+8)	Endoskarn	CSIRO
Amphibole / MgOH	(6+9)/8	Can be either MgOH or carbonate*	Hewson
Amphibole	6/8		Bierwith
Dolomite	(6+8)/7		Rowan, USGS
Carbonate	13/14	Exoskarn (cal/dolom)	Bierwith, Nimoyima, CSIRO
Silicates			
Sericite / muscovite / illite / smectite	(5+7)/6	Phyllic alteration	Rowan (USGS); Hewson (CSIRO)
Alunite / kaolinite / pyrophyllite	(4+6)/5		Rowan (USGS)
Phengitic	5/6		Hewson
Muscovite	7/6		Hewson
Kaolinite	7/5	Approximate only*	Hewson
Clay	$(5\times7)/6^2$		Bierwith
Alteration	4/5		Volesky
Host rock	5/6		Volesky
Silica			
Quartz rich rocks	14/12		Rowan
Silica	(11x11)/10/12		Bierwith
Basic degree index (gnt, cpx, epi, chl)	12/13	Exoskarn (gnt, px)	Bierwith, CSIRO
SiO2	13/12	Same as 14/12	Palomera
SiO_2	12/13		Nimoyima
Siliceous rocks	(11x11)/(10x12)		Nimoyima
Silica	11/10		CSIRO
Silica	11/12		CSIRO
Silica	13/10		CSIRO
Other			
Vegetation	3/2		
NDVI	(3-2)/(3+2)	Normalised difference vegetation index	

مصدر http://www.ga.gov.au/image_cache/GA7833.pdf

مؤشرات النبات

يوجد العديد من مؤشرات النبات vegetation indices ومن بينها ما يلي:

- **مؤشر النسبة للنبات Ratio Vegetation Index (RVI) ويعبر عنه رياضيا بالمعادلة التالية:**

مؤشر النسبة للنبات RVI =
نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة NIR ÷ نطاق الأشعة الحمراء Red

- **مؤشر الفرق للنبات Difference Vegetation Index (DVI) ويعبر عنه رياضيا بالمعادلة التالية:**

مؤشر الفرق للنبات DVI =
نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة NIR - نطاق الأشعة الحمراء Red

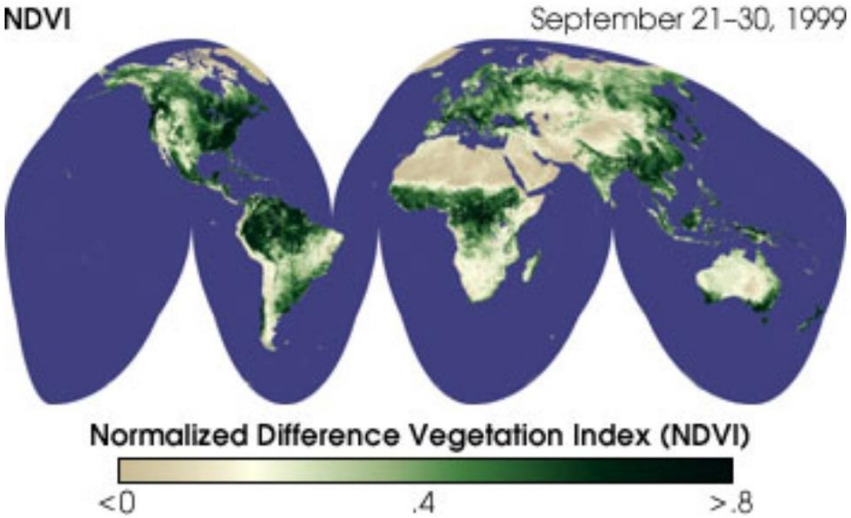
- **مؤشر الفرق المعدل للنبات Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) : ويعبر عنه رياضيا بالمعادلة التالية:**

مؤشر الفرق المعدل للنبات NDVI =

$$\frac{\text{نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة NIR - نطاق الأشعة الحمراء Red}}{\text{نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة NIR + نطاق الأشعة الحمراء Red}}$$

- **مؤشر التحويل للنبات Transformed Vegetation Index (TVI) ويعبر عنه رياضيا بالمعادلة التالية:**

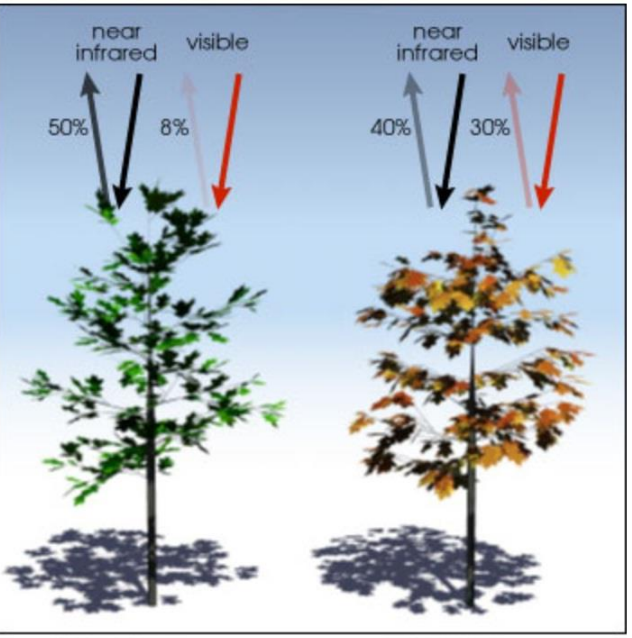
$$\text{مؤشر التحويل للنبات TVI} = \left(٠,٥ + \frac{\text{نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة - نطاق الأشعة الحمراء}}{\text{نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة + نطاق الأشعة الحمراء}} \right)^{٠,٥}$$



http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/

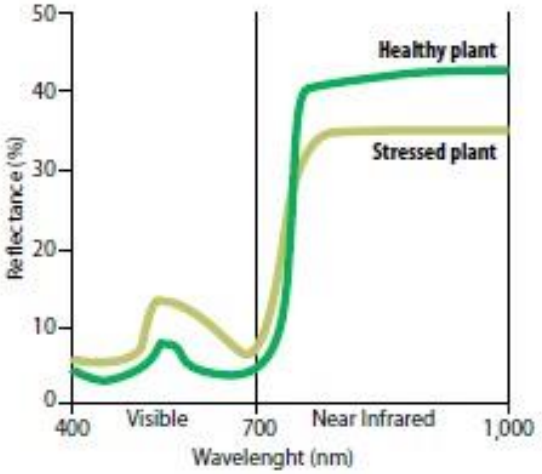
مؤشر الفرق المعدل للنبات **NDVI** =

$$\frac{\text{نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة NIR - نطاق الأشعة الحمراء Red}}{\text{نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة NIR + نطاق الأشعة الحمراء Red}}$$



$$\frac{(0.50 - 0.08)}{(0.50 + 0.08)} = 0.72 \qquad \frac{(0.4 - 0.30)}{(0.4 + 0.30)} = 0.14$$

http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php



http://www.plantstress.com/methods/Greenseeker.PDF

مؤشرات الجفاف Drought

- يعرف الجفاف بأبسط معانيه بأنه فترة من الزمن يكون الطقس فيها جاف dry بشكل غير عادي ينتج عنه نقص في المياه وتغيرات في حالة الغطاء النباتي. ويقسم الجفاف إلى عدة أنواع منها الجفاف الميترولوجي Meteorological drought (نقص في الأمطار عن المعدل\المتوسط average) والجفاف الهيدرولوجي Hydrological drought (نقص في الموارد المائية السطحية أو الجوفية) والجفاف الزراعي Agricultural drought (نقص في مياه التربة يؤثر على المحاصيل).
- تستخدم بيانات صور الاستشعار عن بعد لتحديد حالات الجفاف من خلال مؤشرات أعدت لهذا الغرض، ومنها:

1) مؤشر الفرق المعدل للنبات Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) والمذكورة معادلته أعلاه.
2) مؤشر حالة النبات vegetation conditions Index (VCI)
3) مؤشر الجفاف المتعامد Perpendicular drought index (PDI)
4) مؤشر الجفاف المتعامد المعدل Modified Perpendicular drought index (MPDI)
5) مؤشر الجفاف بالأشعة المرئية وتحت الحمراء القصيرة visible and shortwave infrared drought index (VSDI)

انحراف مؤشر الفرق المعدل للنبات DEVNDVI

- في الحقيقة مؤشر الفرق المعدل للنبات NDVI لا يعبر مباشرة عن درجة الجفاف. ولكن يمكن تحديد الجفاف أو عدمه من انحراف deviation المؤشر الشهري NDVIi عن معدله NDVImean لفترة طويلة نسبيا، وذلك وفقا للمعادلة التالية:

$$DEVNDVI = NDVIi - NDVImean,m$$

حيث أن DEVNDVI هو انحراف مؤشر الفرق المعدل للنبات الشهري
و NDVIi هو مؤشر الفرق المعدل للنبات للشهر i.
وNDVI mean,m هو معدل (متوسط) مؤشر الفرق المعدل للنبات للشهر نفسه لفترة طويلة نسبيا.

- عندما تكون قيمة انحراف مؤشر الفرق المعدل للنبات الشهرية سلبية، فإنها تشير إلى أن حالة وصحة الغطاء النباتي في وضع ادنى من الوضع العادي وهذا بدوره يشير إلى وجود حالة جفاف. وكلما تزداد سلبية قيم الانحراف فإن ذلك يدل على زيادة شدة الجفاف.

مؤشر حالة النبات (VCI)

- قدم Kogan (1995, 1997) هذا المؤشر ليظهر مدى قرب مؤشر الفرق المعدل للنبات NDVI لشهر ما من أدنى قيمة له في الشهر نفسه يتم حسبها من خلال سلسلة صور استشعار عن بعد طويلة نسبيا. ويحسب مؤشر حالة النبات (VCI) بالمعادلة التالية:

$$VCI_i = \left(\frac{NDVI_i - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right) \times 100$$

حيث أن: VCI_i هو مؤشر حالة النبات لأحد أشهر السنة (الشهر i)، و $NDVI_i$ هو مؤشر الفرق المعدل للنبات لذلك الشهر i، و $NDVI_{max}$ و $NDVI_{min}$ هما أعلى وأدنى قيمة لمؤشر الفرق المعدل للنبات لذلك الشهر في فترة زمنية طويلة نسبيا (٢٠ سنة).

- تتأثر صحة وسلامة النباتات بالجفاف، وعليه فإن مؤشر حالة النبات (VCI) خلال الأشهر شديدة الجفاف يكون صفر أو قريب منه. وعندما يكون النبات في حالة عادية تكون قيمة المؤشر 0.5 (50%). أما في الظروف المثلى للنبات فإن المؤشر يكون قريبا من ١ (100%).

قيمة مؤشر حالة الجفاف (VCI)	أقل من 10	10- 20	20- 30	30- 40	40- 50	أكثر من 60
حالة الجفاف	متطرف	حاد	متوسط	معتدل	عادي	رطب
Drought Conditions	Extreme	Severe	Moderate	Mild	Normal	Wet
المصدر:	http://jdesert.ut.ac.ir/pdf_36279_99339f33d174ec649cf697e1437fe3f5.html					

مؤشر الجفاف المتعامد (PDI)

- طور غلام وآخرون (Ghulam et al., 2007) مؤشر الجفاف المتعامد (PDI) باستخدام صور الاستشعار عن بعد في موجات الأشعة الحمراء والأشعة تحت الحمراء القريبة.
- من الشكل يتبين أن مؤشر الجفاف المتعامد (PDI) عبارة عن خط يمتد من المنطقة المغطاة جزئيا بالنبات على خط AD ويكون موازيا لخط التربة BC (Soil line) ومتعامدا مع خط L.
- خط AD في الشكل يبين التغير في الغطاء النباتي، حيث أن نقط A تمثل غطاء نباتي كامل Full cover، بينما تمثل نقطة E غطاء نباتي جزئي Partial cover، وتمثل نقطة D انعدام للغطاء النباتي (تربة عارية) Bare soil.
- خط L عبارة عن خط يمر بنقطة الأصل coordinate origin (تقاطع محاور الإحداثيات) ومتعامد مع خط التربة.
- خط BC (خط التربة Soil line) في الشكل يبين تدرج التغير في رطوبة التربة soil moisture، حيث أن نقطة B تمثل السطح الرطبة Wet surface، بينما نقطة C تمثل السطح شديد الجاف extremely drought surface.

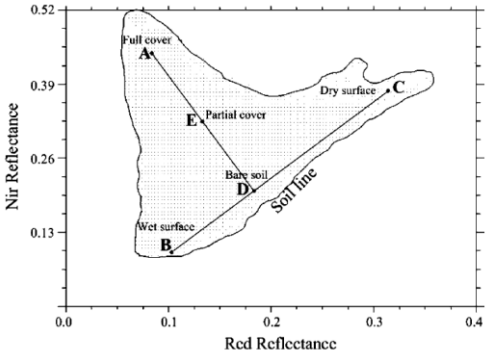


Fig. 2 Construction of NIR–Red spectral space using ETM+ data

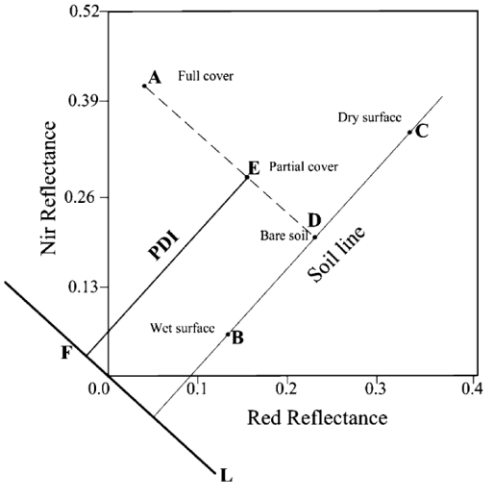


Fig. 3 Sketch map of PDI

- يحسب مؤشر الجفاف العمودي (PDI) بالمعادلة التالية:

$$\mathrm{PDI} = \frac{1}{\sqrt{M^2+1}}\left(R_{\mathrm{red}} + M R_{\mathrm{NIR}}\right).$$

حيث أن: R_{red} هو بيانات صورة الاستشعار عن بعد في موجات الأشعة الحمراء، و R_{Nir} هو بيانات صورة الاستشعار عن بعد في موجات الأشعة تحت الحمراء القريبة، و M هو انحدار خط التربة في العلاقة بين بيانات صورتي الأشعة الحمراء والأشعة تحت الحمراء القريبة كما في الشكل.

- غلام وآخرون (Ghulam et al., 2007) في منطقة دراستهم حددوا قيمة M (انحدار خط التربة slope of the soil line) ووجدوا انها تساوي M = 1.40426. وبتعويض قيمة M في المعادلة تكون الصيغة النهائية للمعادلة في منطقتهم كما يلي:

$$\mathrm{PDI} = \frac{1}{\sqrt{1.4042^2+1}}\left(R_{\mathrm{red}} + 1.40426 R_{\mathrm{NIR}}\right).$$

- قيم مؤشر الجفاف المتعامد PDI تتراوح بين الصفر (0) والواحد (1)، فالقيم القريبة من الصفر تدل على أن المنطقة رطبة جدا بينما القيم القريبة من الواحد تدل على أن المنطقة جافة جدا. ويبين الجدول التالي حالات الجفاف وفقا لهذا المؤشر:

قيمة مؤشر الجفاف المتعامد (PDI)	أقل من 0.3	0.3- 0.5	أكثر من 0.5
حالة الجفاف Drought Conditions	عادي Normal	متوسط Moderate	حاد Severe
المصدر:	http://www.emetsoc.org/fileadmin/ems/dokumente/annual_meetings/2009/AW12_EMS2009-19.pdf		

مؤشر الجفاف بالأشعة المرئية وتحت الحمراء القصيرة (VSDI)

- قدم Zhang, et al. (2013) مؤشر الجفاف بالأشعة المرئية وتحت الحمراء القصيرة visible and shortwave infrared drought index (VSDI) حيث استخدم بيانات نطاقات الأشعة المرئية وتحت الحمراء القصيرة (1.3-2.5 مايكرومتر µm) لجهاز الاستشعار عن بعد Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS).
- تم التحقق من صحة المؤشر باستخدام بيانات حقلية في 49 محطة.
- يرى مقدمو هذا المؤشر أنه مناسب لمراقبة الجفاف أثناء موسم نمو النبات.

- يحسب مؤشر الجفاف بالأشعة المرئية وتحت الحمراء القصيرة (VSDI) بالمعادلة التالية:

$$VSDI = 1 - [(\rho SWIR - \rho blue) + (\rho red - \rho blue)]$$

حيث أن: $\rho SWIR$ هو انعكاس الأشعة تحت الحمراء القصيرة و$\rho blue$ هو انعكاس الأشعة الزرقاء وρred هو انعكاس الأشعة الحمراء.

- ويبين الجدول التالي حالات الجفاف وفقا لمؤشر الجفاف بالأشعة المرئية وتحت الحمراء القصيرة VSDI:

مؤشر الجفاف بالأشعة المرئية وتحت الحمراء القصيرة VSDI	أكثر من 0.75	0.75 -0.71	0.71-0.68	0.68-0.64	0.64-0.61	أقل من 0.61
حالة الجفاف Drought Conditions	عادي Normal	أقل من عادي Abnormally	متوسط Moderate	حاد Severe	متطرف Extreme	استثنائي Exceptional
المصدر:	http://hydro.ou.edu/files/publications/2013/VSDI%20a%20visible%20and%20shortwave%20infrared%20drought%20index%20for%20monitoring%20soil%20and%20vegetation%20moisture%20based%20on%20optical%20remote%20sensing.pdf					

Table 4. Drought classification scheme of FWI and VSDI.

Drought type	FWI range	VSDI range
Normal	$FWI \geq 0.7$	$VSDI \geq 0.75$
D0, Abnormally dry	$0.6 \leq FWI < 0.7$	$0.71 \leq VSDI < 0.75$
D1, Moderate drought	$0.5 \leq FWI < 0.6$	$0.68 \leq VSDI < 0.71$
D2, Severe drought	$0.4 \leq FWI < 0.5$	$0.64 \leq VSDI < 0.68$
D3, Extreme drought	$0.3 \leq FWI < 0.4$	$0.61 \leq VSDI < 0.64$
D4, Exceptional drought	$FWI < 0.3$	$VSDI < 0.61$