

استخدام تحليل المكونات الأساسية ولغة البرمجة R في دراسة تغيرات قيم NDVI للغطاء الغابي في منطقة عفرين بسورية

محمد حمزة استانبولي⁽¹⁾ ومصطفى نور استانبولي^{(1)(2)*}

(1) قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الهندسة الزراعية، جامعة حلب، سورية.

(2) قسم الهندسة البيئية، كلية الموارد الطبيعية، جامعة طهران، إيران.

(* للمراسلة: م. مصطفى نور استانبولي (steevanur@yahoo.com))

الملخص

أجري هذا البث بهدف تحليل تغيرات الغطاء النباتي في منطقة عفرين في سورية باستخدام مؤشر الاختلاف النباتي القياسي (NDVI). بالاعتماد على تقنيات الاستشعار عن بعد واستخدام لغة البرمجة R لتحليل المكونات الأساسية (PCA). تم تحليل التغيرات في قيم NDVI المستخرجة من صور القمر الصناعي لاندسات، لسنوات الدراسة ودراسة العلاقة بينها وبين المناطق المدروسة. أظهرت النتائج ارتباطاً واضحاً بين مقدار التغيرات في قيم NDVI حسب المناطق وسنوات الدراسة. التغيرات في منطقة كوي لم تكن على ارتباط بسنوات الدراسة وهي تعود لسنوات سابقة للعام 2010. بالنسبة للأعوام 2010 و 2011 فكانت التغيرات في الغطاء النباتي فيها راجع للتغير في المنطقتين (راجو وكوران) أي أنه في هاتين المنطقتين قد لوحظ معظم التغيرات خلال هاتين السنتين. بالنسبة لمنطقة الباسوطة فكانت التغيرات فيها تعود إلى العام 2010. أما بالنسبة للعام 2016 فلم يكن مرتبطاً بأي تغير محدد لمنطقة معينة وتوزع على كامل منطقة الدراسة. بالنسبة لمنطقة قاسمي فتوزع التغير في الغطاء النباتي فيها بشكل رئيسي على الأعوام 2013-2014-2015. منطقة بلبل كان فيها التغير مرتبطاً بالعامين 2014 و 2015. إن التنبؤ بحالة الغطاء الغابي في منطقة جبل حلب أظهر احتمالين وهما إما البقاء على هذه الحالة وهذه التغطية حتى عشر سنوات مقبلة أو وهي أسوأ سيناريو فقدان كامل التغطية الغابية حتى العام 2020. بينت هذه الدراسة أن استخدام المؤشر النباتي NDVI، يُعد طريقة فعالة في مراقبة وإدارة الأغذية النباتية وجمع الطرق الحديثة في تحليل الصور الفضائية مع الطرق الحديثة الإحصائية هو أداة فعالة لفهم وتفسير التغيرات الحاصلة على الأغذية الحراجية المستهدفة من الدراسة. هذا البحث أظهر بشكل واضح كيف يمكن دمج عامل الزمن مع عامل المكان لتفسير التغيرات في التغطية الغابية باستخدام طرق حديثة.

الكلمات المفتاحية: استشعار عن بعد، تحليل المكونات الأساسية، سورية، مؤشر تباين التغطية النباتية الموحد.

المقدمة:

منذ بدء وجود الإنسان، كان بقاءه مرتبطاً بالطبيعة وما تقدم له من موارد لحفظ حياته. مع تنامي المجتمعات البشرية سرعان ما تحول هذا الارتباط الحيائي إلى نقطة الانحدار بالنسبة لقدرة التجدد والبقاء، لكن ليس البقاء للبشر بل للطبيعة نفسها. منذ الثورة الصناعية تسارعت التعديلات البشرية بشكل كبير على الموارد الطبيعية ومنها الغابات. رافق التسارع في التنمية البشرية، الانفجار الكبير في تطور العلوم المختلفة. ساهم تطور العلوم في جعل بعض الأمور المنهكة والمتطلبة لجهد ومال وقوى عاملة، أسهل وأيسر. من هذه العلوم، علوم الاستشعار عن بعد واستخدام بيانات تحليل صور الأقمار الصناعية في مختلف العلوم الأخرى. كان لعلوم البيئة وخاصة الجزء المتعلق بالموارد الطبيعية نصيب كبير من الفوائد التي قدمتها صور الأقمار الصناعية وما يلحق بها من تقنيات الاستشعار عن بعد. استعملت الأقمار الصناعية في دراسة الأغذية النباتية، خاصة الغابية منها، منذ السنوات الأولى لعلوم الاستشعار عن بعد (Aronoff, 2012).

أُجريت العديد من الأبحاث والدراسات المتعلقة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في مجال مراقبة التغيرات في التغطية النباتية. من المؤشرات المستخدمة في دراسة التغطية النباتية، مؤشر التباين في التغطية النباتية الموحد (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI). إذ أستخدم المؤشر النباتي (NDVI) في دراسة ومراقبة التغيرات في التغطية النباتية في العديد من المناطق الجغرافية حول العالم. حيث أستخدم الـ (NDVI) في تتبع العناصر المغذية في التربة ومراقبة الغطاء النباتي لأحد المساقط المائية في البيرو خلال الفترة 1987-2018 (Lizaga et al., 2019). أيضاً في الولايات المتحدة الأمريكية، قام (Morawitz et al., 2006) باستخدام (NDVI) لدراسة التغطية الحراجية في منطقة بدغت سوند خلال الفترة 1986-1999. وفي دراسة أُجريت ضمن إيران، تمت مراقبة ودراسة تغييرات الغطاء النباتي باستخدام صور القمر الصناعي لاندسات بين الأعوام 1997 إلى 2001، حيث أستخدم (NDVI) للدلالة على تناقص التغطية الغابية على حساب تزايد التغطية الرعوية (Ahmadi and Nusrath, 2012). من الدراسات الأخرى التي استخدمت تقنيات الاستشعار عن بعد وخاصة الـ (NDVI)، دراسة تم إجراؤها في بنغلادش، لتقدير التعديلات على الموارد الطبيعية وخاصة الحراجية في منطقة تلال بندريان، وتم اكتشاف أن المنطقة تعاني من تراجع كبير في التغطية الحراجية وتحتاج إلى حماية (Nath, 2014).

بيّنت إحدى الدراسات على أنواع محلية في الهند، أن الأغذية النباتية تعاني من تناقص في قيمة التغطية النباتية، حيث أرجع هذا التناقص إلى أسباب طبيعية مثل الانجراف أو إلى أسباب بشرية مثل الرعي وقطع الأشجار والحرائق المفتعلة (Meera et al., 2015). أُجريت دراسة مشابهة في بنغلادش لمعرفة تأثير عمليات القطع في غابات الفصيلة (Moracea) وذلك باستخدام المؤشر النباتي NDVI (حسن، 2000) حيث لوحظ تراجع كبير في مساحة هذه الغابات.

في دراسة على غابات المانجروف و غابات المطاط في اندونيسيا تم مقارنة قيم مؤشر التغطية النباتية، والنتيجة كانت بأن الغطاء الحراجي في تراجع ومؤشر الاختلاف النباتي (NDVI) قد انخفض بشكل ملحوظ من 0.74 في عام 2005 إلى 0.46 في عام 2015 (Zaitunah et al., 2018).

بالإضافة إلى ما سبق؛ إن التطور في هذا العلم رافقه التطور في العلوم المتشابهة معه مثل علوم الإحصاء والتحليل الإحصائي وعلوم البرمجة المستخدمة في البرامج الإحصائية. في هذا المجال، استخدمت العديد من تقنيات التحليل الحديثة مثل؛ تحليل المكونات الأساسية (PCA, Principal component Analysis) في تحليل البيانات الناتجة من صور الأقمار الصناعية.

استخدمت طريقة تحليل المكونات الأساسية في تحليل المؤشر (NDVI) من قبل (Lasaponara, 2006)، في هذا البحث تم دراسة تغيرات التغطية النباتية لجزيرة سيسلي الإيطالية بين الأعوام (1999-2002)، وكانت نتيجة البحث أن طريقة تحليل المكونات

الأساسية هي طريقة يمكن أن تؤمن معلومات مهمة لمتخذي القرار وواضعي السياسات فيما يتعلق بإدارة الموارد الطبيعية خاصة في مجال الغابات والأراضي الزراعية وحماية التنوع الحيوي.

بهدف إيجاد طريقة قليلة الجهد والتكلفة وسريعة لمراقبة الأغشية الغابية، قام (Lanorte *et al.*, 2015) باستخدام (NDVI) لدراسة الشذوذ في الغطاء النباتي لمنطقة (Basilicata) في إيطاليا، اعتمدت الدراسة على صور القمر الصناعي لاندسات (TM) لمدة زمنية بين (1985-2011) وطريقة تحليل المكونات الأساسية (PCA)؛ وبينت النتائج أن هذا المؤشر وهذه الطريقة هي مفيدة جداً وطريقة واعدة خاصة في مجال الدراسات الأولية للمناطق الغابية قبل الدراسة الحقلية، لكون صور الأقمار الصناعية قادرة على تغطية مساحات كبيرة قد لا تسمح ظروف المنطقة والخصائص الجغرافية بدراستها حقلياً، هذا بالإضافة إلى أن هذه الدراسة هي نواة يتم منها تحديد المناطق الشاذة والأغشية التي يجب النزول إليها حقلياً توفيراً للجهد والمال.

تمتلك سورية عديد من الأغشية الغابية التي تعتبر من أقدم الأنواع النباتية في العالم (Nahal, 2002). من الضروري المحافظة على المساحات القليلة التي تشكلها هذه الأغشية بالنسبة لمساحة سورية وعلى الأنواع النباتية التي تحتويها وعلى المجتمعات الغابية الطبيعية الموجودة فيها والعمل على زيادة المساحات المشجرة بدلاً من الأسف على فقدان هذه الغابات. أدى التدهور الحاد والكبير الذي أصاب هذه الغابات في ظل الأزمة إلى خسارة كبيرة في مساحة ونوعية الأغشية النباتية الموجودة في سورية (خوري وثابت، 2016). خلال الآونة الأخيرة تعرضت العديد من المناطق الحرجية الجغرافية للتدهور وتقلص مساحاتها بفعل التعديلات على الحراج (حرائق، كسر أراضي، ... الخ) ومن هذه المناطق منطقة عفرين وخاصة منطقة جبل حلب. نظراً لصعوبة الوصول إلى هذه المناطق في الوقت الراهن، فإن استخدام صور الأقمار الصناعية المتعددة القنوات وذات الدقة المكانية العالية، لمراقبه وتحديد حجم التعديلات الموجودة والحاصلة على الغطاء النباتي الطبيعي الموجود فيها، يعد هاماً جداً. إذ تسمح هذه الصور بإعداد خرائط ذات دقة عالية (1/10000) دون اللجوء إلى إجراء عمل ميداني طويل ومكلف، من خلال إجراء تحليل طيفي يُساعدنا في كشف التغيرات والاختلافات الموجودة في الأغشية النباتية في المنطقة المدروسة وبالتالي يسمح بمتابعة مراقبة تطور الغابات (INSA, 2015).

بالنسبة لاستعمال تقنيات الاستشعار عن بعد في سورية؛ فقد استخدم (حسن، 2000)، تقنيات الاستشعار عن بعد لكشف التلوث والتغير في الغطاء النباتي في منطقة حوض الأعوج جنوب غرب سورية. إذ اعتمدت طريقة التصنيف المراقب لوضع خارطة للغطاء النباتي، بالإضافة لوضع مخططات للتجمعات السكانية وشبكات المياه كما استخدمت (اسماعيل، 2014) المؤشر النباتي NDVI لدراسة تأثير التغيرات المناخية في مجموعات السنديان شبه العذري في محافظة اللاذقية. كما أنه تم دراسة قيم المؤشر NDVI من أجل الوقوف على التغيرات الديناميكية للمجموعات الحرجية للأرز اللبناني في سورية بين الأعوام 1984 و 2014، حيث أظهرت النتائج تزايداً معنوياً في قيم NDVI خلال سنوات الدراسة مما عني وضعاً صحياً للأرز اللبناني في منطقة الدراسة (ابراهيم، 2017).

تكمن أهمية هذا البحث بالدور الذي يمكن أن تلعبه التقانات الحديثة مثل الاستشعار عن بعد في دراسة الواقع الراهن للغابات ومراقبه التغيرات الحاصلة لها خلال فترات زمنية متباعدة. فقد سمح تطور هذه التقانات بالوصول إلى معلومات جديدة ودقيقة من خلال استخدام تطبيقات جديدة قادرة على حل الكثير من المشاكل وخلق قاعدة بيانات أكثر تفصيلاً. لذلك تبرز أهمية اختبار إمكانية تطبيق هذه التقنيات الحديثة في غاباتنا وبالتالي الاستفادة منها بأقصى ما يمكن في إدارة مواردنا الحرجية وخاصة تلك التي لا نستطيع الوصول إليها في الوقت الحالي. بالإضافة إلى تزويدنا بقاعدة بيانات حديثة لمنطقة الدراسة والتي تساهم في تقييم جيد لأنماط الأغشية الحرجية الموجودة في هذه المنطقة من خلال متابعة تطورها بإجراء تحليل زمني متعاقب لعدة صور فضائية بدقة مكانية وطيفية عالية.

يهدف البحث بشكل رئيسي إلى دراسة التغيرات في الغطاء الغابي عبر مؤشر NDVI لسلسلة من السنوات ولعدد من المواقع لربط التغير الزمني بالتغير المكاني والوقوف على الواقع الراهن للغطاء الغابي في منطقة عفرين (منطقة جبل حلب)، ومراقبة تغيراته خلال

الفترة الممتدة بين 2010 و 2016 وذلك باستخدام مؤشر الاختلاف النباتي القياسي (NDVI) المحسوب من صور الأقمار الصناعية. واستبيان إمكانية استخدام التقنيات الحديثة في لغات البرمجة كلغة البرمجة (R) والتحليل للمكونات الأساسية (PCA) في تحسين عملية تفسير النتائج المتحصل عليها من صور الأقمار الصناعية فيما يخص مؤشر التغطية النباتية.

مواد البحث وطرائقه:

1- موقع الدراسة:

تقع منطقة الدراسة في الجمهورية العربية السورية (SAR)، المنطقة الشمالية الغربية لمحافظة حلب بين خطي عرض ($36^{\circ}31'$ - $36^{\circ}23'$) شمالاً وخطي طول ($36^{\circ}51'$ - $36^{\circ}40'$) شرقاً (الأشكال 1 و 2). يتراوح ارتفاع هذه المنطقة بين 231 - 750 م عن سطح البحر، يتراوح معدل الهطل المطري السنوي لهذه المنطقة بين 465-646 مم، تتميز هذه المنطقة بطبوغرافيه جبليه هضابيه وتلال وأراضي متموجة وشبه سهليه تتخللها الوديان والمسيلات المائية وتكون شديده الانحدار في المناطق المرتفعة ويقل انحدارها باتجاه المناطق الشبه سهليه (عبد السلام، 1989؛ قمري، 2007). أما الترب فهي متنوعة فنجد مجموعة الترب الغدقة المستنقعية في وادي العمق إضافة لوجود مجموعة ترب البحر المتوسط الحمراء في المرتفعات والتلال إضافة إلى التنوع الناجم عن الصخور الأم التي تقدم لنا الترب المتشكلة من الصخور الاندفاعية -البركانية وتربة الراندين واللبتوزول وغيرها، والتي تعتبر باختلافها تربه خصبة بصورة عامة (غزال، 1994).

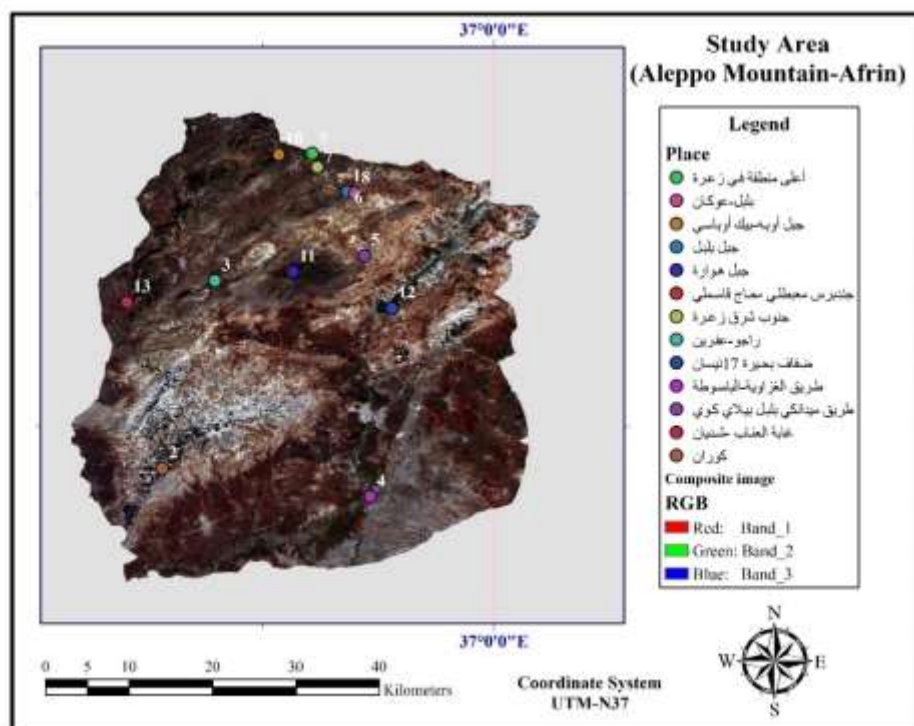


الشكل (1) منطقة الدراسة وحدودها، من محافظة حلب، الجمهورية العربية السورية

الصنوبر البروتي *Pinus brutia* والسنديان العادي *Quercus calliprinos*، يمثلان أكثر الأنواع انتشاراً في منطقة عفرين (منطقة جبل حلب).

صور الأقمار الصناعية:

أُستخدمت صور القمر الصناعي لاندسات (5,8) بدقة مكانية 30 م للأعوام بين 2010 و 2016 باستثناء 2012 (لكون الصور لهذه السنة عانت من خطأ كان سببه خلل في القمر الصناعي Landsat 7 الذي كان يقوم بالمسح في العام المذكور)(الجدول 1). وكانت معظم الصور في فصل الربيع. يمتلك القمر الصناعي لاندسات 5 مستشعر من النوع Thematic Mapper (TM)، أما بالنسبة للقمر الصناعي لاندسات 8 فله مستشعرين؛ الأول من النوع (OLI) Land Imager Operational والثاني من النوع Thermal Infrared Sensor (TIRS)، سيتم استخدام القناتين الحمراء وتحت الحمراء القريبة في هذه الدراسة (الجدول 1). إن اعتماد مؤشر NDVI هو كافي لتجنب الأخطاء الناتجة عن الاختلاف في الانعكاسات الناجمة عن التباين في التضاريس (Aronoff, 2012).



الشكل 2: خارطة تبين توزع مناطق الدراسة وتقسيماتها ضمن منطقة عفرين، جبل حلب

جدول (1) نوع الصور المستخدمة في الدراسة

سنة الدراسة	القمر الصناعي (Landsat)	أقصى تغطية للغيوم %
2010	لانداست 5	<10
2011	لانداست 5	<10
2013	لانداست 8	0
2014	لانداست 8	0
2015	لانداست 8	0
2016	لانداست 8	0

3- تحضير قالب (MASK) لمنطقة الدراسة:

أُستخدمت نقاط GPS لتحديد مواقع انتشار السنديان العادي والصنوبر البروتي في منطقة الدراسة (قريد، 2010). حُددت هذه المناطق على صور من Google Earth، وبعد إجراء المطابقات اللازمة، أقتطعت هذه المناطق وفق الانتشار لكل نوع من الأنواع الغابية المدروسة المنتشرة في منطقة عفرين، حيث أن هذه الأنواع هي الممثلة للأغطية الغابية في منطقة الدراسة والمناطق الفرعية (الشكل 2). أُجريت عمليات المطابقة بين المناطق المقتطعة (الشكل 2) من Google Earth ونفس المناطق على صور لانداست المستخدمة وفق برنامج ال Arc GIS 10.3. تم عمل ماسك لمناطق تواجد كل من السنديان العادي والصنوبر البروتي على جميع صور لانداست 5 و 8 للأعوام 2010، 2011، 2013، 2014، 2015 و 2016 والتي سيتم حساب قيم المؤشر NDVI لها، حيث يساعد هذا الماسك في استبعاد جميع البيانات التي لا تتعلق بمناطق الدراسة وبالتالي استبعاد كل المناطق التي لا يوجد فيها الأنواع المدروسة

حيث استخدمت خرائط توزع الأنواع المدروسة في منطقة جبل حلب كقالب على الصور الفضائية Landsat خلال الفترة المدروسة (2010-2016).

4- حساب مؤشر الاختلاف النباتي NDVI:

أُستخدِمت قيم انعكاس الأشعة في كل من القناتين الحمراء (R) وتحت الحمراء القريبة (NIR) في حساب مؤشر الاختلاف النباتي (NDVI-Normalized difference vegetation index) لكل من السنديان العادي والصنوبر البروتي خلال الفترة الممتدة من 2010 حتى 2016، باستخدام العلاقة التالية (Rouse *et al.*, 1974):

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

حيث إن:

NDVI : مؤشر الاختلاف النباتي

NIR: الانعكاس في القناة تحت الحمراء القريبة

R: الانعكاس في القناة الحمراء

تتراوح قيم مؤشر الاختلاف النباتي بين (1-) و (1+)، تُشير القيم القريبة من الـ 1 إلى أن الغطاء النباتي بأفضل حالاته، أما القيم القريبة من 0 فتُشير إلى عدم وجود غطاء نباتي أو إلى وجود تربة عارية. أُستخرجت قيم هذا المؤشر لكامل منطقة الدراسة (عفرين) وتم ترتيبها حسب المناطق المدروسة (الشكل 2) ليتم في المرحلة التالية أخذ متوالماتوسطات للأغطية الغابية بناء على الاختلاف في متغيرات الزمان والمكان، وتم تجهيزها ضمن بيئة برنامج مايكروسوفت أكسل (Microsoft Excel) تمهيداً لتحليلها احصائياً باستخدام تحليل المكونات الأساسية (PCA) ضمن بيئة لغة البرمجة (R).

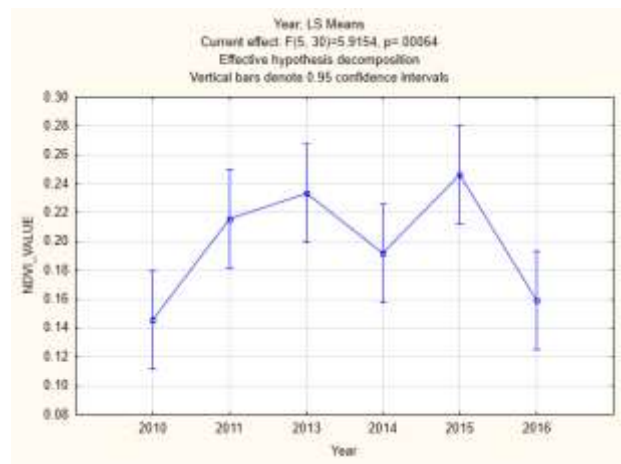
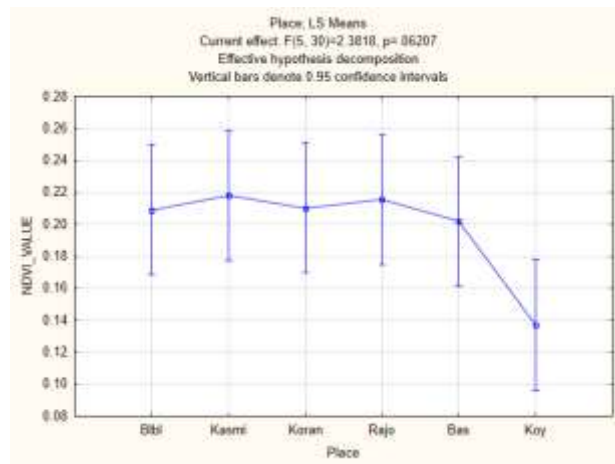
5- استخدام لغة البرمجة R و تطبيق تحليل المكونات الأساسية PCA :

تم استخدام لغة البرمجة R وهي لغة برمجة مفتوحة المصدر، أي يستطيع المبرمج أو المستخدم الكتابة وإجراء التعديلات فيها بحرية مطلقة ويمكن استخدامها لإجراء الاختبارات الاحصائية والتحليل المرتبطة وذلك باستحضار الحزم المتعلقة بنوع الاختبار أو التحليل الهدف. لهذا البحث تم استخدام عدد واسع من الحزم لإظهار نتائج التحليل بشكل أكثر قابلية للتفسير والفهم من قبل الباحث. بالنسبة لتحليل المكونات الأساسية (PCA, Principle Component Analyses)؛ لأول مرة تم وضع قيم المتغير NDVI بعد استخراجها لجميع بكسلات منطقة الدراسة والمرتبطة بالسنوات المدروسة بين 2010 و 2016 ليتم تحليلها واستخلاص المعلومات عن التباينات ومنشأها وتلخيص النتائج في مكونتين أساسيتين اثنتين فقط (هذا هو مبدأ تحليل المكونات الأساسية) تمتلكان أكبر كمية من المعلومات المرتبطة بالتباينات في تغير مؤشر التغطية النباتية ضمن السنوات المدروسة وتحليل السنوات وارتباطها من حيث التغيرات. ثم في الخطوة التالية تم إضافة عامل للتصنيف بناء على المناطق المدروسة ليتم عرض التغيرات خلال السنوات وإرجاع هذه التغيرات بناء على المنطقة والسنة.

النتائج والمناقشة:

1- نتائج التحليل الاحصائي لاختبارات التباين:

تم اجراء اختبار (Shapiro-Wilk) للتأكد من التوزيع الطبيعي للبيانات وقد امتلكت البيانات المستخدمة التوزيع الطبيعي وذلك بين سنوات الدراسة لجميع المناطق وبين المناطق لجميع سنوات الدراسة ($p > 0.05$). في المرحلة التالية تم اجراء تحليل التباين (ANOVA, Analysis of Variance) لقيم (NDVI) لجميع سنوات الدراسة (2016-2015-2014-2013-2011-2010) ولجميع المناطق خلال سنوات الدراسة (الشكل 3).



الشكل 3: نتائج التحليل الاحصائي لاختبارات التباين، حيث في الشكل على اليمين هو لقيم المؤشر كمتوسط (NDVI) بين

سنوات الدراسة لجميع المناطق، وعلى اليسار قيم المؤشر كمتوسط لمناطق الدراسة لجميع السنوات.

إن قيمة (NDVI) لمنطقة جبل حلب قد تباينت بين سنوات الدراسة بشكل معنوي ($p < 0.05$) أي أنه بين سنوات الدراسة (2010-2011-2013-2014-2015-2016) هناك على الأقل أحد الأزواج هو يمتلك تباين معنوي. لمعرفة أي من أزواج المقارنة يمتلك تباين معنوي أجري اختبار (Tukey HSD) على مستوى معنوية (0.05). كانت النتائج كما هو موضح في الجدول (2).

من الجدول يظهر بأنه بين الأزواج (2010-2013، 2010-2015، 2013-2015، 2016-2013، 2016-2015) يوجد فروق معنوية بين المتوسطات لقيم (NDVI)، هذا يعني أن بين باقي السنوات لم يكن هناك تغيير معنوي في قيم التغطية النباتية وذلك إما لأن التغطية النباتية لم تتغير أو لأن التغطية عادت لما كانت عليه. هذه النتائج كانت ذات تذبذب للتغطية وهذا يسبب إرباكاً عند قراءتها وتشويشاً في تفسيرها.

قد تم بالمثل اختبار التباين بين متوسطات قيم (NDVI) بين مناطق الدراسة وكانت نتيجة الاختبار عدم وجود فروق معنوية بين المناطق لقيم (NDVI) كمتوسط لجميع سنوات الدراسة ($p > 0.05$) هذا يعني أن جميع التغيرات لجميع مناطق الدراسة خلال سنوات الدراسة واحدة واحصائياً لا تمتلك أي تفاوت بين بعضها.

لا تفسر هذه النتائج التذبذب في قيم المؤشر عبر سنوات الدراسة، مما يوجب إجراء اختبار تقاطع بين سنوات الدراسة ومناطق الدراسة لتصبح عوامل التحليل (سنة * منطقة). كانت نتيجة التحليل الاحصائي (Two way Analysis of Variance, 2way ANOVA) بأنه يوجد اختلاف معنوي في قيم (NDVI) لجميع أزواج المقارنة (سنة * منطقة × سنة منطقة) ($p < 0.05$). واختبار Tukey لمقارنة

الأزواج أظهر أن جميع الأزواج تمتلك فروق معنوية بين بعضها وهذا يعني أنها تختلف عن بعضها من حيث تباين التغيرات في (NDVI) إذ ($p < 0.05$) لجميع الأزواج.

الجدول 2: نتائج اختبار (Tukey HSD) بين أزواج السنوات لمعرفة أي منها تمتلك فرق معنوي عن الآخر، بالنسبة للمتغير (NDVI)

	Year	2010	2011	2013	2014	2015	2016
1	2010		0.060222	0.009463	0.380655	0.002307	0.992333
2	2011	0.060222		0.970040	0.918801	0.770893	0.192177
3	2013	0.009463	0.970040		0.505684	0.993573	0.037952
4	2014	0.380655	0.918801	0.505684		0.222361	0.724920
5	2015	0.002307	0.770893	0.993573	0.222361		0.009987
6	2016	0.992333	0.192177	0.037952	0.724920	0.009987	

من هذه النتائج سوياً يمكن الاستنتاج بأن تغيرات الغطاء النباتي لجبل حلب (عفرين) لم تكن بشكل واحد في جميع سنوات الدراسة وفي مختلف مناطق المدروسة. هذا يعني أن الاختلافات في التغطية الغابية اختلفت من منطقة لأخرى ومن سنة لأخرى وهي الهدف من هذه الدراسة كون المناطق المختارة هي مناطق حراجية وهذا ما يفسر التذبذب في مقادير (NDVI). هنا يجب دراسة الارتباطات بين المناطق والسنوات المدروسة وبين قيم مؤشر التباين النباتي القياسي. كأفضل طريقة لدراسة هذه الارتباطات هي بدراستها بواسطة تحليل احصائي يلخصها بشكل قابل للتفسير وواضح وهنا يأتي دور تحليل المكونات الأساسية (PCA).

2- نتائج تحليل المكونات الأساسية PCA لتغيرات NDVI لسنوات الدراسة بناء على المناطق المدروسة (في منطقة عفرين):

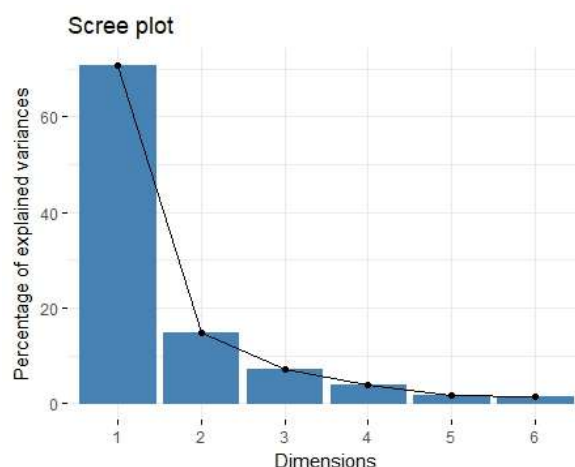
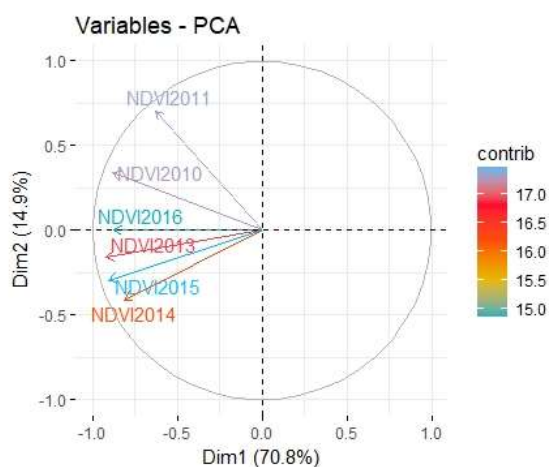
بالنسبة لنتائج تحليل التباين في تغييرات قيم مؤشر التغطية النباتية NDVI لسنوات الدراسة بين 2010 و 2016؛ أظهر تحليل المركبات الأصلية للمؤلفتين الأولى والثانية قدرة على تلخيص البيانات واحتواء معلومات بقيم مجموعها للمؤلفتين الأولى والثانية بما يعادل 86% من التباينات الكلية لجميع البيانات وتم الحصول على النتائج باستخدام لغة البرمجة R (الجدول 3 والشكل 4). إن القيم للمؤلفات الأولى والثانية هي كافية للتأكد من أن الاختبار يمكن استخدامه في بحثنا هذا كونها جمعت تقريباً 86% من معلومات التباين في تغيرات مؤشر التغطية النباتية بين السنوات 2010-2016. في المرحلة التالية تم إجراء عملية رسم لنتائج المؤلفات وعرض الرابطة بين سنوات الدراسة (2010-2011-2013-2014-2015-2016) ومدى تقارب السنوات من بعضها كما في الشكل (4).

من الشكل 5 يمكن الاستنتاج بأن السنوات 2010 و 2011 كانت قريبة لبعضها من حيث التباينات في مقدار التغير لمؤشر التغطية النباتية، حيث كانت هذه السنتين على جهة واحدة من دائرة الارتباط. كانت السنوات 2013-2014-2015 على جهة واحدة أيضاً مما يدل على الارتباط في تباينات مقدار تغير مؤشر التغطية النباتية بين هذه السنوات.

عند تطبيق دائرة الارتباط بين السنوات وتوزيع المشاهدات لتغيرات مؤشر التغطية النباتية، كما في الشكل 5، يظهر تماماً مكان التغيرات التي حدثت وارتباطها بالسنوات. بعبارة أخرى أبسط؛ يمكن إرجاع التغيرات أثناء السنوات إلى المناطق التي حدث فيها هذا التغير. عند إرجاع التغيرات للمنطقة والسنة يمكن تحديد وتفسير أسباب التذبذب (التغير الآتي) لقيم التغطية النباتية عند تحليل التباين (ANOVA).

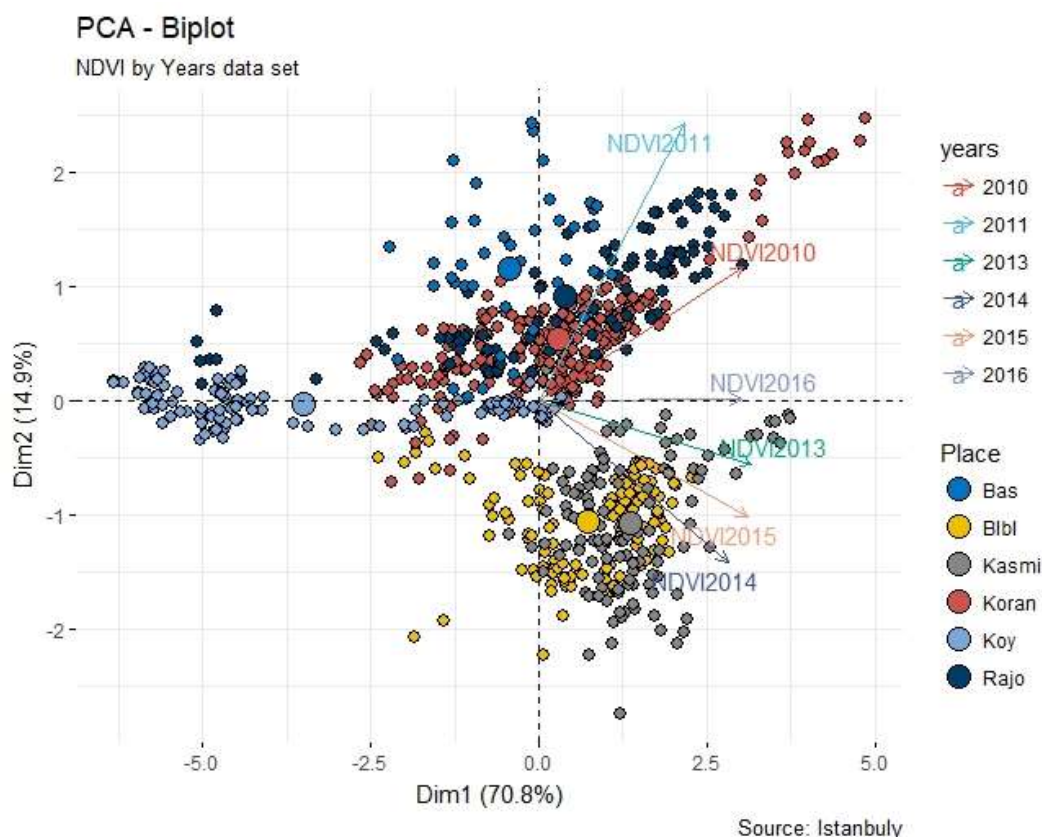
الجدول 3. نتائج تحليل المكونات الأساسية لسنوات الدراسة

نسبة التباين المتراكم	نسبة التباين	Eigen قيمة	
70.83674	70.836740	4.2502044	المكونة 1
85.70891	14.872165	0.8923299	المكونة 2
92.93249	7.223585	0.4334151	المكونة 3
96.79493	3.862443	0.2317466	المكونة 4
98.57751	1.782572	0.1069543	المكونة 5
100.00000	1.422495	0.0853497	المكونة 6



الشكل 4، نتائج تحليل المكونات الأساسية لمتغيرات سنوات الدراسة بين 2010-2016 وارتباط التغيرات بين السنوات من الشكل رقم 5، يمكن الاستنتاج وبسهولة أن: التغيرات في منطقة كوي لم تكن على ارتباط بسنوات الدراسة وهذا يعني أنه لم يتم أي تغير فيها في سنوات الدراسة والتغطية النباتية الضعيفة فيها تعود لسنوات سابقة للعام 2010. بالنسبة للأعوام 2010 و 2011 فكانت التغيرات في الغطاء النباتي فيها راجع للتغير في المنطقتين (راجو وكوران) أي أنه في هاتين المنطقتين قد تمت معظم التغيرات خلال هاتين السنتين. بالنسبة لمنطقة الباسوطة فكانت التغيرات فيها تعود إلى العام 2010. أما بالنسبة للعام 2016 فلم يكن مرتبطاً بأي

تغيير محدد لمنطقة معينة وتوزع على كامل منطقة الدراسة. بالنسبة لمنطقة قاسمي فتوزع التغير في الغطاء النباتي فيها بشكل رئيسي على الأعوام 2013-2014-2015. منطقة بلبل كان فيها التغير مرتبط بالعامين 2014 و 2015. هذه النتائج مفيدة جداً في حالات الحل والفصل لمشاكل تحديد السنوات التي تم فيها التغير في الغطاء الحراجي لمنطقة ما، فمثلاً إن التغير في منطقة كوي لم يكن ضمن سنوات الدراسة وهذا يعني أنه ليس هناك ربط بين الأوضاع التي عاشتها المنطقة خلال الأعوام 2010 وما تلاها بالمستوى المنخفض للغطاية النباتية الضعيفة التي تمتلكها المنطقة، وقد يرجع السبب مثلاً لتعدييات سابقة. أما بالنسبة للباسوطة فالتغيرات كانت مرتبطة بالعام 2010 وهذا يعني أنه هناك سبب ما خلال العام 2010 قد أدى لهذا التغير. هذه الأداة التي يقدمها تحليل المكونات الأساسية (PCA) هامة جداً وفعالة خاصة في حالات التعدييات والقضاء الحراجي وأداة لإدارة مناسبة للمنطقة.



الشكل 5، إرجاع التغيرات في مؤشر التغطية النباتية لمناطق الدراسة في سنوات الدراسة والرموز مفسرة في

الملحق رقم 1

الملحق رقم 1: تفسير رموز ودليل الشكل رقم 5

منطقة الباسوطة	Bas
منطقة بلبل	Blbl
منطقة حاج قاسمي	Kasmi
منطقة كوران	Koran
منطقة كوي	Koy

منطقة راجو	Rajo
------------	------

الاستنتاجات:

استخدام طرق التحليل الاحصائي كطريقة تحليل المكونات الأساسية (PCA) في تحليل الصور الفضائية وطرق البرمجة (R Programming language) هي مفيدة جداً في فهم وتفسير النتائج المتحصل عليها من الاستشعار عن بعد. تبين من هذه الدراسة أن المؤشر النباتي (NDVI) أداة فعالة في مراقبة التغطية الحراجية، وبالتالي يوصى باستخدامه كوسيلة من وسائل الإدارة الفعالة لهذه الأغصنة والتي تُساعد الحراجيين على اتخاذ القرار المتعلق بحماية وإدارة هذه المناطق. إن دمج أحدث تقنيات الاستشعار عن بعد مثل الصور الفضائية للقمر الصناعي Landsat مع أحدث طرق التحليل الاحصائي وأحدث بيانات العمل الحاسوبية هو طريقة تجعل مراقبة الأغصنة الغابية أسهل ويعطي دليلاً على نوع التغير الحاصل في الأغصنة الغابية كما تم توضيحه في هذا البحث من تركيب التغيرات ضمن سنوات متعددة (عامل الزمن) مع التغيرات ضمن مناطق مختلفة (عامل المكان) وبهذه الطريقة يمكن الاستفادة من هذه الدراسة كأساس لبناء نموذج رياضي لتقدير التغطية النباتية وبالتالي توفير الوقت والجهد وتفعيل المراقبة للأغصنة الحراجية والمحافظة عليها. الطريقة المذكورة في هذا البحث تمكن المراقب من امتلاك نظرة مكانية وزمانية في نفس الوقت وتسمح له بإرجاع التغيرات من قبل أحد العاملين المذكورين بالإعتماد على الآخر.

المراجع

- إسماعيل، فاطمة (2014). دراسة تأثير التغيرات المناخية على مجموعات السنديان شبه العزري في محافظة اللاذقية. رسالة ماجستير. قسم الحراج والبيئة، كلية الزراعة، جامعة تشرين، سورية. 55 صفحة.
- ابراهيم، عبيد أحمد (2017). دراسة ديناميكية المجموعات الحرجية الطبيعية للأرز اللبناني في سورية. *Cedrus libani* A. Richard. مجلة العلوم الهندسية وتكنولوجيا المعلومات. العدد الثالث. المجلد الأول.
- حسن، صبا (2000). رصد التلوث المائي ودراسة الغطاء النباتي والشبكة المائية في حوض الأعوج باستخدام تقانات الاستشعار عن بعد. رسالة ماجستير غير منشورة. جامعة دمشق، سورية. 300 صفحة.
- خوري، وديع وثابت، علي (2016). تغيرات الأغصنة الأرضية وتطور الغطاء (2007-2014) على السفح الشرقي لسلسلة الجبال الساحلية المطلّة على الغاب في سورية. مجلة بحوث جامعة حلب، 116-17.
- عبد السلام، عادل (1989). الأقاليم الجغرافية السورية. الطبعة الأولى. مديرية الكتب الجامعية، جامعة دمشق. مطبعة الاتحاد، دمشق، سورية. 544 صفحة.
- علي، حسان (2014). تقدير المخزون الخشبي للصنوبر البروتي في منطقة القدموس -محافظة طرطوس باستخدام الصور الفضائية. رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة تشرين. 77 صفحة.

غزال، عبد الله (1994). البلوط الرومي *Quercus aegilops L.* في سورية بيئته الذاتية والاجتماعية النباتية – وحداته التصنيفية تحت النوعية وأهميته الغذائية كشجرة مثمرة. رسالة ماجستير. قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الزراعة، جامعة حلب، سورية. 200 صفحة.

قريد، باسل (2010). دراسة الأنواع الحراجية والشجيرية المنتشرة طبيعياً في جبل حلب واعداد قاعدة بيانات رقمية لها. رسالة ماجستير. قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الزراعة، جامعة حلب، سورية. 284 صفحة.

قمري، يحيى (2007). دراسة تصنيفية لأنواع الفصيلة السحلبية وتحديد بيئتها الذاتية في شمال غرب سورية. رسالة ماجستير. قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الزراعة، جامعة حلب، سورية. 260 صفحة.

Aronoff, S. (2012). "Remote Sensing for GIS Managers (2nd ed.)", (A. Darvishsefat; M. Bavaghar; and M. Pourrahmati, Trans), University of Tehran Press, Tehran, Iran. Pp 720.

Ahmadi, H.; and A. Nusrath, (2012). "Vegetation change Detection of Neka river in Iran by using remote sensing and GIS". Journal of geography and Geology. 2 (1). pp. 58-67.

INSA (2015). Très haute esolution spatiale (image satellite) et les SIG. Bibliographie. Ecole d'Ingénieurs en Agriculture (Normandie). 12 pp.

Lanorte A.; T.Manzi; G. Nolè; R. Lasaponara (2015). On the Use of the Principal Component Analysis (PCA) for Evaluating Vegetation Anomalies from LANDSAT-TM NDVI Temporal Series in the Basilicata Region (Italy). In: Gervasi O. et al. (eds) Computational Science and Its Applications -- ICCSA 2015. ICCSA 2015. Lecture Notes in Computer Science, vol 9158. Springer, Cham

Lizaga, I.; G. Leticia; Q. Laura; D. Gerd; and N. Ana, (2019). NDVI, 137Cs and nutrients for tracking soil and vegetation development on glacial landforms in the Lake Parón Catchment (Cordillera Blanca, Perú). Science of The Total Environment. Volume 651, Part 1. pages 250-260,

Meera, G.; S. Parthiban; and A. Nagaraj Thummalu Christy. (2015). Ndv: Vegetation change detection using remote sensing and GIS – A case study of Vellore District. 3rd International Conference on Recent Trends in Computing 2015. (ICRTC-2015).

Morawitz, D.F. (2006). Using NDVI to assess vegetative land cover change in central Puget Sound. Environmental monitoring and assessment. 114 (1-3): p. 85-106.

Nahal, I. (2002). Dendrology. University of Aleppo Press. Aleppo, Syria. Pp 630.

Nath, B. (2014). Quantitative Assessment of Forest Cover Change of a Part of Bandarban Hill Tracts Using NDVI Techniques. Journal of Geosciences and Geomatics. Vol. 2, No. 1, 21-27.

Lasaponara, R. (2006). On the use of principal component analysis (PCA) for evaluating interannual vegetation anomalies from SPOT/VEGETATION NDVI temporal series. Ecological Modelling. Volume 194, Issue 4, Pages 429-434. ISSN 0304-3800. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.10.035>.

Rouse, J.W.; R. Haas; JA. Schell; and DW. Deering, (1974). Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. Scientific and Technical Office. In Proceedings of the third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. pp.309-317, Washington: NASA.

Zaitunah, A.; A.G. Samsuri; and R. A. Safitri, (2018). Normalized difference vegetation index (NDVI) analysis for land cover types using Landsat 8 OLI in besitang watershed, Indonesia. IOP Conf.

Series: Earth and Environmental Science. 126 (2018) 012112, doi:10.1088/1755-1315/126/1/012112.

Use of Principal Components Analysis and R Programming Language to Study Changes in NDVI Values for Forestry Cover in Afrin, Syria

Mohamad Hamza Istanbuly⁽¹⁾ and Mustafa Nur Istanbuly^{*(1)(2)}

(1). Department of Renewable Natural Resources and Ecology, Faculty of Agriculture Engineering, University of Aleppo, Aleppo, Syria.

(2) Department of Environmental Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran.

(*Corresponding author: Mustafa Nur Istanbuly, steevanur@yahoo.com.).

Received: 13/05/2019

Accepted: 07/06/2019

Abstract

The development of remote sensing techniques was accompanied by an evolution in statistical analysis techniques and software used to improve analysis of remote sensing data such as NDVI values. The objective of this study was to analyze the changes in vegetation cover in the Afrin region, Syria, using the NDVI, the R programming language and analysis of the Principal Component Analysis (PCA). The changes in the NDVI values extracted from Landsat satellite images were analyzed for the years of study and the relationship between them and the studied areas. The results showed a clear correlation between the amount of changes in Normalized Difference Vegetation index values by regions and years of study. The changes in the Koy area were not related to the years of study and are from prior years of 2010. For 2010 and 2011, changes in vegetation cover were due to change in the regions (Rajo and Koran), meaning that in these two regions most changes were observed during these two years. For the Basouta region, the changes were in 2010. As for the year 2016, it was not associated with any specific change for a given region and distributed throughout the study area. For kasimli, the change in vegetation is mainly distributed over the years 2013-2014-2015. Belbbol region where change was related to 2014 and 2015. The prediction of the case of forest cover in the Afrin area showed two possibilities: either to remain in this condition and this coverage for the next 10 years or the worst case scenario for the total loss of forest coverage until 2020. The study showed that the use of NDVI is an effective method of monitoring and management Forestry coverings and the merge of novel methods in the analysis of satellite images with modern statistical methods is an effective tool for understanding and interpreting changes in the target forest coverings of the study. This paper showed clearly how it can to merge Time factor with spatial factor to explain forestry covers changing using new methods.

Keyword: Normalized Difference Vegetation Index, Principal component analysis, Remote sensing, Syria.