تأثير خصائص التضاريس في التغطية النباتية لمنطقة بلاد زهران بجبال السروات: دراسة منهجية في الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية

د. سعد أبو راس الغامدي
قسم الجغرافيا ـ كلية العلوم الاجتماعية
جامعة أم القرى

ملخص البحث :

هدفت هذه الدراسة إلى تقصي دور خصائص التضاريس في التغطية النباتية من خلال الانتفاع بالتكامل بين تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. وقد طبقت هذه الدراسة على منطقة بلاد زهران في جنوب غرب المملكة العربية السعودية التي يشغل معظمها جبال السروات، والتي تتميز بتعقيد تضاريسها وتباين انحداراتها واتجاهات السفوح بها. وقد تبين من نتائج هذه الدراسة أن منسوب ارتفاع ١٨٠٠م فوق مستوى سطح البحر يبرز كحدٍ بين البيئات النباتية الغنية أعلاه، والفقيرة أدناه على امتداد جبال السروات. كما أمكن تمييز ثلاث مناطق حدية للنبات وفقاً لعامل الارتفاع ابتداء من القمم العالية وانتهاء بقواعد الجبال في سهول تهامة. وقد ظهر أن عامل الانحدار له تأثيره أيضا، وإن كان هذا التأثير ليس مستقلا كلية عن تأثير عامل الارتفاع. أما اتجاه المنحدرات فقد ظهر تأثيره في غلبة الغطاء النباتي على السفوح الشمالية مقارنة بالجنوبية، والشرقية مقارنة بالغربية. وقد خلصت الدراسة إلى أن المنحدرات المتوسطة الميل ذات الاتجاه الشمالي والتي يتراوح ارتفاعها بين ١٨٠٠م – ٢٢٠٠م فوق مستوى سطح البحر هي أكثر خصائص التضاريس ملاءمة لنمو النبات وتكاثره في جبال السروات.

بياض

مقدمة :

تشكل التضاريس دوراً مهماً، مباشراً وغير مباشر، في التأثير على مجموع الخصائص البيولوجية، ومن ثم الحياة النباتية. فخصائص السطح كالارتفاع altitude، وزاوية ميل المنحدر slope angle، واتجاه المنحدر slope aspect، تؤثر في نمو النبات بطريقة مباشرة من حيث استقبال الأشعة ودرجة تركيزها، وبطريقة غير مباشرة من خلال تأثير هذه العوامل مجتمعة في خصائص التربة كسماكة التربة ودرجة ثباتها، ومقدار المياه وحركتها فيها، وغناها بالمواد العضوية والعناصر المعدنية (Rezaei and Gilkes, 2005; Kostka, 1994).

فالارتفاع عامل مهم في البيئات المدارية لخفضه التبخر وزيادة فرصة التعرض لمواجهة الرياح الرطبة، خاصة وأنه مع زيادة الارتفاع يكون هناك فرصة جيدة لحدوث التكاثف. ففي دراسة للزهراني (٢٠٠٣م) على منطقة تقع جنوب الطائف في جبال السروات، تبين أن عامل الارتفاع يؤثر في الكساء الخضري من حيث الوفرة والسيادة والتنوع وطرز النمو. وهناك عدد من الدراسات القديمة والحديثة التي تعرضت للتنوع النباتي في جبال السروات ومحيطها تبعاً لعامل الارتفاع والتشكيلات الجيومورفولوجية. فقد ربط البارودي (٢٠٠٨م) بين الوحدات الجيومورفولوجية لأودية جنوب مدينة مكة المكرمة وبين التنوع النباتي. حيث وجد أن التغطية النباتية تكون أعظم في مناطق المدرجات النهرية مقارنة بالسهول الفيضية أو مجاري الأودية، وأن مجتمعات السَّمر *Acacia tortilis* هي السائدة في المدرجات النهرية بينما تطغى مجتمعات السَّلَم *Acacia ehrenbergiana* في السهول الفيضية ومجاري الأودية. وقد درس حجر والزهراني (Hajar and Al-Zahrani, 2002) تأثير عامل الارتفاع في توزيع النبات على طول طريق

الباحة- العقيق، فوجدا أن الحدود الدنيا لنبات العرعر هو عند ارتفاع ١٨٠٠م على المنحدرات الغربية للجبال، ودون ذلك الأكاسيات. وقد نسب النافع (٢٠٠٤م) إلى كونيق Konig تفصيلاً جيداً للتمنطق النباتي في جبال السروات، الذي صنف النطاقات النباتية على المنحدرات الغربية لجبال السروات وفقاً لعامل الارتفاع إلى ثمانية نطاقات، تبدأ من ارتفاع ٢٥٠م في سهول تهامة بغابات العِضَاة- البَلَسان *Acacia Commiphora*، وتنتهي صعوداً بغابات العَرعَر- العُتُم *Olea Juniperus* في الارتفاعات التي تتجاوز ٢٠٠٠م. كذلك فقد تقصى أبو الفتح (Abulfatih, 1992) حقلياً مئات من الأنواع النباتية في المنطقة الجنوبية الغربية من المملكة، وصنفها وفقاً لعامل الارتفاع إلى ستة نطاقات، تبدأ بالسهول الساحلية وتنتهي بالمرتفعات العالية بما في ذلك منحدرات ظل المطر rain-shadow slopes. وقد وجد عموماً أن النباتات المعتدلة أكثر شيوعاً في المرتفعات العالية، وأن النباتات المدارية وشبه المدارية ذات سيادة في السهول الساحلية وأقدام المرتفعات، بينما تتوزع النباتات الجافة وشبه الجافة في السهول الساحلية ومناطق ظل المطر. ويلاحظ أن التغطية النباتية لم تنل حظاً في هذه الدراسات المشار إليها آنفا، إذ كان التركيز على التنوع النباتي، ولم تدرس تحديداً تأثير عامل الانحدار أو اتجاه المنحدرات على التنوع النباتي والتغطية النباتية.

كذلك تؤثر درجة ميل المنحدر في استقرار التربة وثباتها وسماكتها، وفي درجة تركيز الأشعة التي تنعكس مباشرة على نمو النبات، فتعرية التربة على المنحدرات تزيد بزيادة الانحدار (Kapolka and Dollhopf, 2001). وقد وجد كاكيمبو وزملاؤه (Kakembo, et al., 2006) أن درجة الانحدار ذات تأثير واضح في خصائص التربة، ومن ثم نوع النبات، حيث توصلوا في دراسة لهم على منطقة

تقع في الرأس الشرقي من دولة جنوب أفريقيا أن السفوح الأشد انحداراً تكون أكثر عرضة من غيرها للتعرية، ومن ثم غزو فصائل أفقر من النبات. وإن كانت النتيجة الأخيرة تتعارض مع نتائج دراسة لجوناثان وزملائه (Jonathan, et al., 2006) حول تأثير العامل الطبوغرافي في تغير نوع من الحشائش، حيث تبين لهم أن ذلك النوع من الحشائش أكثر مقاومة لغزو الأنواع الأخرى على المنحدرات الشديدة بسبب فقر التربة الضحلة على المنحدرات الجبلية في عنصر الفوسفور. وقد أكد بوركي (Burke, 2002) أيضا تأثير انحدار السطح في نمو النبات، حيث ذكر أن تأثير درجة الانحدار طاغٍ في تشكيل التربة، حيث تقل العناصر الغذائية في التربة وتتعرض التربة للجرف مع زيادة الانحدار. بل إن طول المنحدر قد يكون له تأثيره الكبير في الحياة النباتية. ففي دراسة جيدة لنيكلاو وزملائه (Nicolau, et al., 2005) على مجموعة منحدرات يبلغ ميل كل منها ٢٠ درجة، وُجِد أن وفرة النبات وتنوعه تزيد مع زيادة طول المنحدر. ولعل هذا يعود إلى ما ذكره ويلكينسون وهمفريز (Wilkinson and Humpherys, 2006) من أن قصر المنحدر ينتج تربة ضحلة ومن ثم تستوطنه نباتات قصيرة الجذور.

وقد ظهر للباحث من مراجعته للدراسات السابقة المتعلقة بتأثير خصائص التضاريس في نمو النبات أن غالب هذه الدراسات يجمع على أن اتجاه المنحدرات ذو تأثير كبير في التباين النباتي من حيث النوع والوفرة، خاصة على المنحدرات الجبلية الوعرة. واتجاه المنحدرات له قيمته من حيث مواجهته لضوء الشمس وتركيز الإشعاع، والذي له دور مهم في نمو النبات وفي الحفاظ على رطوبة التربة (Bale, et al., 1998). بل إن هذا الدور يتحكم أيضاً في النمط السلوكي لنمو النبات والذي ينعكس على نوعه وتركيبه (Holland and Steyn, 1975). فالسفوح

الجنوبية في النصف الشمالي من الكرة الأرضية تتعرض للإشعاع الشمسي بمقدار ستة أضعاف أو أكثر من السفوح الشمالية، حتى وإن كانت المسافة الأفقية بين السفوح الشمالية والجنوبية لا تتعدى عدة أمتار (Sternberg and Shoshany, 2001). وهذا ما يؤثر في جميع العناصر البيولوجية، فتكون السفوح المتعرضة لساعات سطوع أكثر، أشد دفئاً ومن ثم أعظم جفافاً xeric environment (Auslander, et al, 2003). ولهذا فإن السفوح الشمالية في نصف الكرة الشمالي تكون أغنى بنباتاتها التي يغلب عليها الطابع الشجري، بينما تكون السفوح الجنوبية أفقر نباتاً والتي يغلب عليها النباتات الحولية قصيرة الأمد (Nevo, 1997). والعكس صحيح بالنسبة لما سبق في نصف الكرة الجنوبي (Armesto and Matinez, 1978; Badano, et al., 2005). وتفسير هذا بالنسبة لنصف الكرة الشمالي أن الشمس لا تكون متعامدة على أي منطقة تقع شمال مدار السرطان، ومن ثم فإن أشعة الشمس تكون أكثر تعامداً على السفوح الجنوبية مما يجعلها أفقر نباتاً من السفوح الشمالية. ويدعم هذا دراسة لرضائي وزملائه (Razaei, et al., 2006) على منطقة ذات مناخ شبه جاف تقع شمال مدينة طهران، حيث وجدوا أن السفوح الشمالية الأقل تعرضاً لأشعة الشمس المباشرة هي الأغنى بالنبات من السفوح الجنوبية. وقد وجد ستيرنبيرج وشوشاني (Sternberg and Shoshany, 2001) أن اتجاه المنحدرات له تأثير مهم على النبات، خاصة من حيث البنية والكثافة، وأن التغير الحاد في نوع النبات وكثافته قد يحدث عبر مسافة قليلة حين الانتقال من السفوح الشمالية إلى الجنوبية. بل إن اتجاه المنحدرات له تأثيره في نمو النبات من خلال تعامده أو موازاته لاتجاه الريح السائدة. ففي شمال بلجيكا، وجد أن الأشجار أكثر عرضة للدمار إذا كانت على

منحدر يوازي اتجاه الرياح السائدة ولا يتعامد عليها (Luyssaert, et al., 2001). بل إن اتجاه المنحدرات له دوره في مقاومة غزو الفصائل النباتية. فقد توصل جوناثان وزملاؤه (Jonathan, et al., 2006) إلى أن النبات على المنحدرات الجنوبية أكثر مقاومة لغزو الأنواع النباتية الأخرى نتيجة كثرة تعاقب دورات الجفاف وشدتها على المنحدرات الجنوبية مقارنة بالشمالية. غير أن بوركي (Burke, 2002) يخالف ما سبق ذكره حول تأثير اتجاه المنحدرات على نمو النبات، ففي دراسة له حول تأثير الخصائص الجيولوجية والطبوغرافية في تربة منطقة صحراوية في ناميبيا، توصل إلى أن اتجاه المنحدرات لا يؤثر في خصائص التربة، ومن ثم فإنه قليل التأثير في نمو النبات.

ويلاحظ على الدراسات السابقة استخدامها للوسائل التقليدية من جمع عينات عشوائية أو طبقية للتربة والنبات في مساحات صغيرة جدا، وفي بيئات طبيعية متباينة شمال وجنوب الكرة الأرضية، مما يجعل من تعميم نتائج هذه الدراسات على كل البيئات أمراً مشكوكاً فيه، خاصة لبيئات لم تختبر كثيرا كالأقاليم المدارية الجافة وشبه الجافة . هذا بالإضافة إلى تناقض نتائج بعض الدراسات خاصة فيما يتعلق بتأثير اتجاه المنحدرات على الحياة النباتية. كما أن تلك الدراسات السابقة طُبقت على مناطق بعيدة عن المدارين مما يخلق فرصة أكيدة للتباين في تركيز الإشعاع الشمسي بين السفوح الشمالية والجنوبية. فماذا إن كانت منطقة الدراسة قريبة جداً من أحد المدارين؟ كما يلاحظ على الدراسات السابقة أيضاً تبسيط فكرة اتجاه المنحدرات في مناطق الدراسة إلى شمالي وجنوبي فقط، مع أن تعدداً في الاتجاهات قد نجده يتمثل في كتلة جبلية واحدة ذات اتجاه عام شرقي مثلا. وغاب عن الدراسات السابقة الاستغلال الأمثل لنظم المعلومات الجغرافية

Geographic Information Systems في تفصيل اتجاهات السفوح إلى ستة عشر اتجاهاً أو أقل من ذلك أو أكثر، عوضاً عن الثنائية. كما استخدم المسح الحقلي بنظام العينات للنباتات من حيث النوع أو الكثافة عوضاً عن النظرة الإجمالية synoptic view للتغطية النباتية في منطقة ذات مساحة أكبر، والتي يمكن التوصل إليها من خلال تقنية الاستشعار عن بعد Remote Sensing.

ويعرف الاستشعار عن بعد على أنه جمع المعلومات الفوتوغرافية وغير الفوتوغرافية (الرقمية) عن الأهداف دون اتصال مباشر بها. ويدخل ضمن هذا التعريف الصور الجوية ومرئيات الأقمار الصناعية. وقد أثبتت تقنية الاستشعار جدواها في الدراسات النباتية بما لا يمكن حصره من دراسات. وتبرز المؤشرات الطيفية النباتية spectral vegetation indices كأحد الأساليب المهمة في معالجة بيانات المرئيات الفضائية لاستخلاص معلومات عن حالة النبات من حيث الخضرة والكثافة والمحتوى الرطوبي وغير ذلك من الخصائص. وقد تم تطوير عشرات من هذه المؤشرات، لعل أكثرها نفعاً في بيئات المناطق الجافة وشبه الجافة مؤشر optimized soil-adjusted vegetation index (OSAVI). ويتميز هذا المؤشر عن غيره من المؤشرات التي سبقته أنه أكثر فاعلية في تقليص تأثير سطوع التربة في المناطق ذات التغطية الجزئية للنبات (Rondeaux, et al., 1996)، كما هو حال البيئات النباتية في المملكة العربية السعودية. ويحسب هذا المؤشر عن طريق المعادلة الآتية:

$$OSAVI=(1+0.16)(NIR-R)/(NIR+R+0.16)$$

حيث تشير NIR إلى نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة، وتشير R إلى نطاق الأشعة الحمراء. والقيم الموجبة الناتجة عن حساب هذا المؤشر تدل على تغطية

نباتية جيدة وعلى غلبة الانعكاسات الصادرة من النبات على ما سواها. بينما تدل القيم السالبة للمؤشر على فقر النبات وأن الانعكاسات الصادرة من التربة هي المسيطرة على ما سواها من انعكاسات الأهداف الأخرى. ويتميز هذا المؤشر بديناميته مقارنة بالمؤشرات النباتية الطيفية الأخرى (Steven, 1998)، ففارق قيمة عشرية تنتج عن هذا المؤشر تعني فارقاً في غنى النبات، أي حالته من حيث الخضرة أو الكثافة.

أما نظم المعلومات الجغرافية فهي تقنية حاسوبية تتألف كمجموعةٍ من الأدوات الفاعلة لجمع وتخزين واسترجاع وعرض ومعالجة البيانات المكانية لهدف محدد (Burrough, 1987). وما يحسب لهذه التقنية أنها تستطيع توليد البيانات أو اشتقاقها، ودمجها، ومقارنتها، والربط بينها، واستنباط العلاقات المتبادلة عن طريق معادلات رياضية تنفذها بعض البرامج الحاسوبية التي تتعامل مع هذا النوع من النظم. فبرنامج ArcGIS مثلاً يحتوي على مجموعة أدوات تمكن من الربط الجغرافي بين بيانات متعددة المصدر والخصائص، كما يضم وظائف عديدة تمكن من حساب درجة ميل المنحدرات واتجاهاتها وتصنيفها على أساس وحدة الخلية pixel unit، وفي تمثيل التضاريس وتصنيفها، وفي العزل والدمج بين وحدات التضاريس وأي وحدات أخرى.

ويوفر التكامل بين هاتين التقنيتين أداة قوية فاعلة في تحليل البيانات المكانية. بالإضافة إلى أن هذا التكامل بين التقنيتين يهيئ قاعدة معلوماتية غنية تمكن من الوصول إلى نتائج واضحة ودقيقة عن وضع الظاهرة. فنظم المعلومات الجغرافية ذات منفعة كبيرة في تحليل خصائص التضاريس التي تتضمن الارتفاع والانحدار والاتجاه، وفي الربط بين نواتج هذا التحليل وأي بيانات أخرى كقيم مؤشر

OSAVI. كما أن لتقنية الاستشعار عن بعد منفعة مماثلة في تحليل خصائص النبات من حيث الكثافة والخضرة والنمو بشكل عام.

مشكلة الدراسة وأهدافها:

لاحظ الباحث في زياراته العديدة لمنطقتي الباحة وعسير أن هناك تبايناً واضحاً في تنوع ووفرة الغطاء النباتي بين السفوح المتقابلة على المنحدرات الجبلية في جنوب غرب المملكة العربية السعودية، مما يدعو إلى التساؤل إن كان ما ذُكر في نتائج الدراسات المشار إليها سابقاً - خاصة تأثير اتجاه المنحدرات- قد ينطبق على البيئة النباتية للمنحدرات الجبلية في منطقة جبال السروات، حتى وإن كان مصدر النتائج السابقة بيئات طبيعية مختلفة بعيدة عن المدارين في شمال الكرة الأرضية وجنوبها بعيداً عن المدارين. لذلك فإن هدف هذه الدراسة هو تحليل تأثير خصائص التضاريس في مقدار التغطية النباتية vegetation cover، في منطقة لا تبعد سوى ثلاث درجات جنوب مدار السرطان وتتصف بالتباين الشديد في الارتفاع وانحدارات السفوح. ومن هنا فإن هذه الدراسة لا تفحص التنوع النباتي، وإنما تبحث في وجود النبات ومقدار تغطيته لسطح التربة وفقاً للتغير في خصائص التضاريس. وتسعى هذه الدراسة أيضا للتحقق من التساؤل السابق بواسطة تطبيق أسلوب مختلف عما سبقه وذلك عن طريق الربط بين قيم مؤشر OSAVI وخصائص التضاريس، عوضاً عن الفحوص المعملية لخصائص التربة أو القياسات الحقلية للنبات، خاصة وأن هذا المؤشر لا يشترط معرفة مسبقة بحالة التربة (Steven, 1998). وبدلاً من الاكتفاء بعدد محدود من عينات التربة أو النبات في منطقة محدودة المساحة جدا، فإن الباحث يهدف إلى التحقق من تساؤل الدراسة في منطقة واسعة نسبياً على أساس وحدة الخلية لبيانات الأقمار

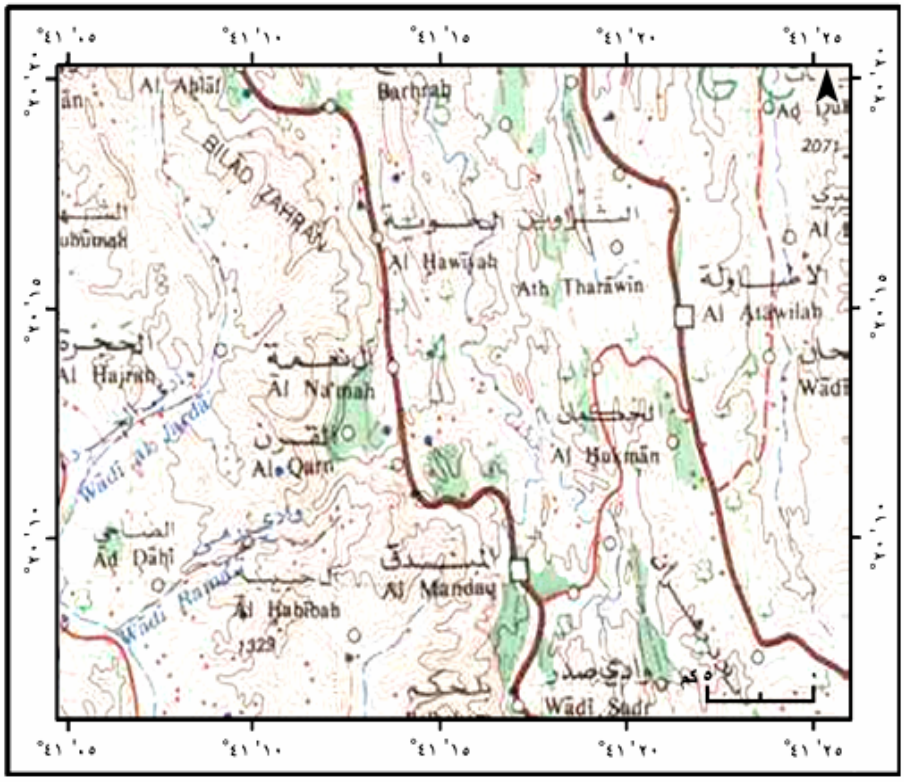
الصناعية، وذلك باستغلال الإمكانات العالية لتقنيتي نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.

منطقة الدراسة:

تمتد منطقة الدراسة بين دائرتي عرض ٠٦َ ٢٠ْ و ٢٠َ ٢٠ْ شمالا ، وخطي طول ٠٥َ ٤١ْ و ٢٦َ ٤١ْ شرقا. وهي بذلك تمتد على هيئة مستطيلٍ يبلغ طوله ٣٦,٥ كم، وعرضه ٢٥,٤ كم، وتغطي ما مساحته ٩٢٧ كم٢ تقريبا (شكل رقم ١). وتضم هذه المنطقة معظم سراة وتهامة بلاد زهران في محافظات القَرى والمندق وقُلوة، وهي تمثل الأقاليم الطبيعية في جنوب غرب المملكة العربية السعودية خير تمثيل. وتشتمل منطقة الدراسة على عشرات من المراكز الحضرية، أكبرها بلدتا المندق والقرن في محافظة المندق، وبلدة الأطاولة في محافظة القرى بسراة زهران، وبلدة الحجرة في تهامة زهران. وتتميز منطقة الدراسة بمدرجاتها الزراعية الخضراء على سفوح الجبال العالية وفي بطون الأودية، حيث تزرع الحبوب كالقمح والذرة الرفيعة والشامية والدخن والخضروات والفواكه، كما يزرع الموز والبن والليمون والنباتات العطرية في مناطق الأصدار[1] على سفوح المنحدرات الغربية المطلة على السهول. وتعد منطقة الجبال العالية مصيفاً مهماً حيث لا يتجاوز معدل درجة الحرارة صيفا ٢٤° مئوية في محطة المندق، كما أن منطقتي الحجرة والشعراء وما

(١) الأصدار أو الصُّدُر: هي جمع صدر، وهي لجزء من منحدرات الحافة الإنكسارية نحو الغرب، وهي همزة الوصل بين السراة في الأعلى وتهامة في الأسفل، ويتراوح ارتفاعها بين ٨٠٠م - ١٦٠٠م تقريباً فوق مستوى سطح البحر. وقد جاءت هذه التسمية من كون هذا الجزء يمثل صدر السفوح الشديدة الانحدار غرباً، بينما يمثل الشفا رأسها وتهامة أقدامها، وكأن ذلك استعارة لأقسام جسم الإنسان من رأس وصدر وقدمين.

يجاورهما تحت أقدام الجبال مشاتٍ متميزة إذ يبلغ متوسط درجة الحرارة في فصل الشتاء ٢٨° مئوية في محطة المخواة المماثلة في ظروفها المناخية والبيئية لمنطقة الحجرة.



شكل رقم (١) منطقة الدراسة التي تضم معظم بلاد زهران.

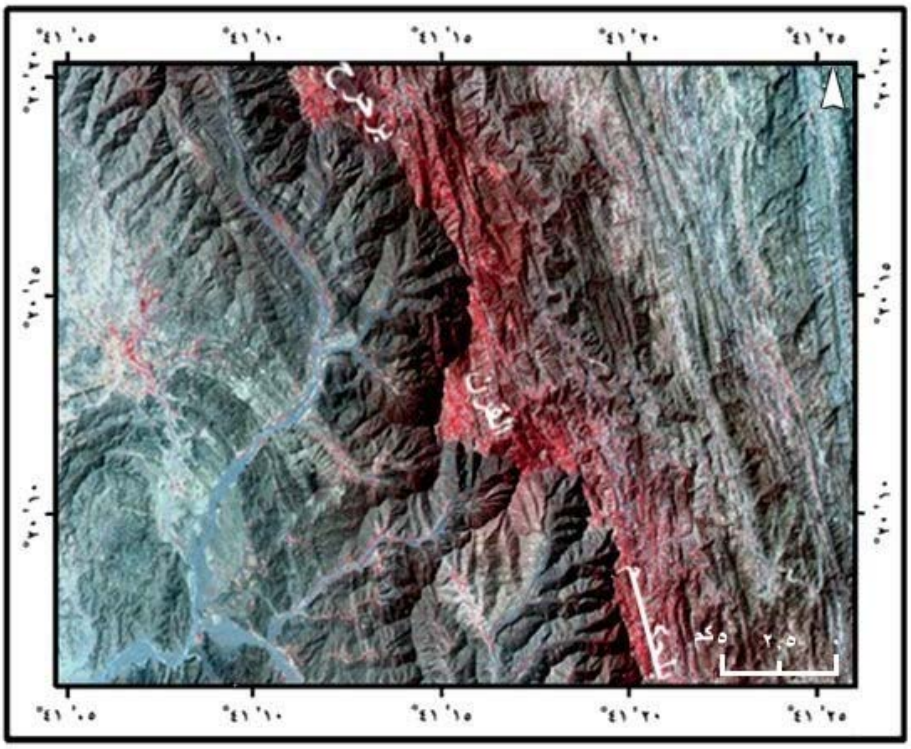
المصدر: خريطة مكة المكرمة الطبوغرافية (NF37-SE)، إدارة المساحة الجوية، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض، ١٩٩٠م.

وينتشر على قمم الجبال وسفوحها كثير من الأنواع النباتية الطبيعية المختلطة التي تمتد بشكل متصل تقريباً على هيئة غابات وأحراش من برحرح في الشمال حتى قرى بالحكم في الجنوب (شكل رقم ٢). وتستأثر بلاد زهران بنحو ٧٠٪ من أصل ٤٠ غابة كبيرة في منطقة الباحة (الغامدي، ٢٠٠٧م). وأشهر الغابات في تلك

الجهات: بَرَحرح وآل نِعمة وعَمْضان وجَنَبة والعرنين والعشباء والعيينة والكَحِلة والدُّحِيل وظهر الغدا وغيلان وغليل والخَلَب والأنصَب (للمثال: لوحة رقم ١). وأكثر النباتات الشجرية التي تؤلف تلك الغابات: العرعر *Juniperus procera* والزيتون البري (العتم) *Olea chrysophylla* والسدر *Zizyphus spina-christi* والسمر *Acacia tortilis* والسلم *Acacia ehrenbergiana* والطلح *Acacia gerrardii* والنِّيم *Azadirachta indica* والشَث *Dodonaea viscosa*، بالإضافة إلى شجيرات عديدة متنوعة مثل: الطُّبَّاق *Conyza stricta* والضُّرُم *Lavandula coronopifolia* والطَّرف *Averva javanica* والعَرفَج *Rhanterium epapposum* والسُّذَاب *Ruta chalapensis*.

اعتماداً على الخريطة الجيولوجية لمربع جبل إبراهيم، فإن منطقة الدراسة تتكون في معظمها من صخور تنتمي إلى مجموعتي الباحة وبيش، اللتان تمتدان في منطقة الدراسة على هيئة أشرطة عريضة متوازية من الشمال إلى الجنوب. ويمتد تشكيل الجوف الذي ينتمي إلى مجموعة بيش في شرق منطقة الدراسة، ويتوسطه وادي بيده، ويحده من الغرب صدع جبل شمرخ. ويتكون هذا التشكيل في معظمه من صخور بركانية متحولة. وتؤلف صخور مجموعة بيش أيضا معظم المنحدرات الغربية، غرب منطقة الدراسة باتجاه السهل، والتي تتألف من الشيست مع تداخلات من الصخور الجرانيتية. أما وسط منطقة الدراسة في سراة زهران فإن المنطقة تنتمي جيولوجياً إلى مجموعة الباحة، وتحديداً تشكيل الرس الذي يعد أحدث في تكوينه من مجموعة بيش، وهو يتألف في مجمله من صخور متحولة.

وتتموضع في بطون الأودية تكوينات رسوبية فيضية كأشرطة ضيقة متمعجة تبعاً لامتداد الأودية.



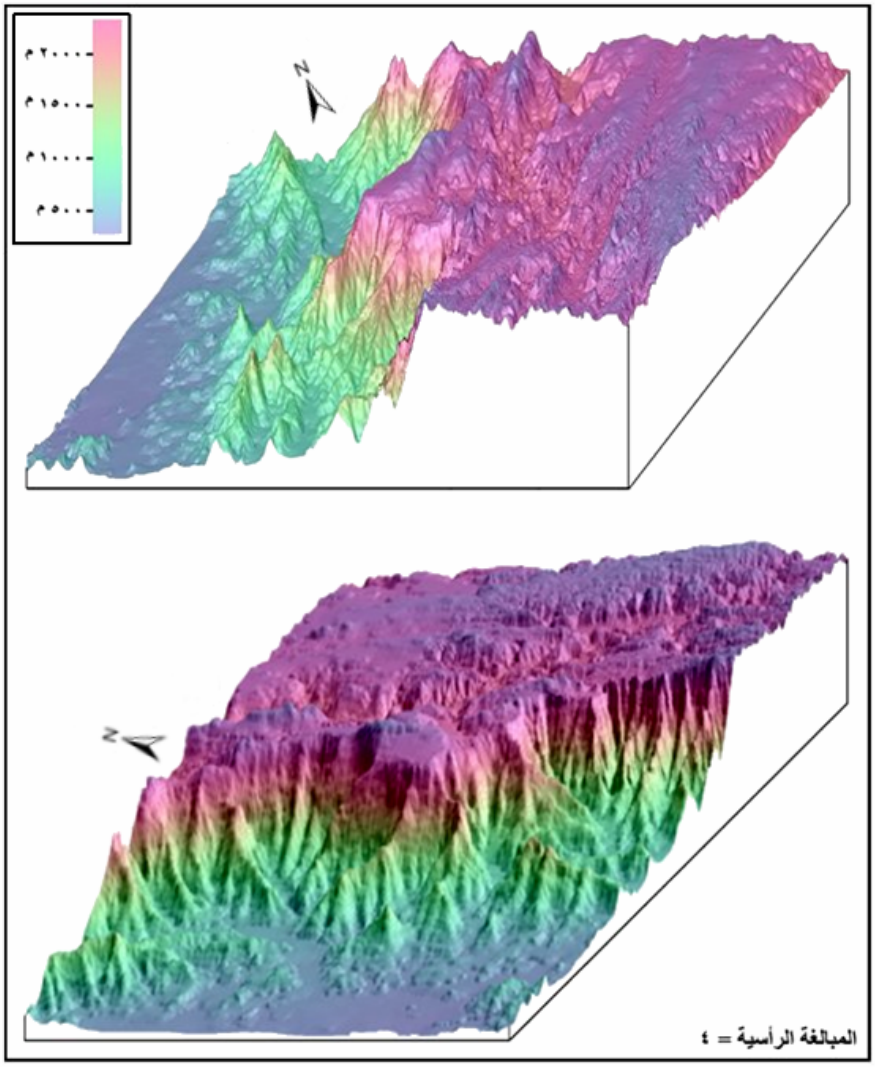
شكل رقم (٢) مرئية فضائية زائفة التلوين لبيانات Landsat-ETM (RGB=432). اللون الأحمر بدرجاته هو للنباتات الطبيعية والمحاصيل الزراعية.

لوحة رقم (١) جزء من غابة عمضان (الصورة العليا) في سراة زهران بالقرب من بلدة المندق حيث يتألف معظم الغطاء العلوي من أشجار الزيتون البري أو كما يسمى محليا (العتم). أما الصورة السفلى فهي لأحد السفوح الشرقية في منطقة برحرح حيث يتشكل الغطاء العلوي من أشجار العرعر مع غطاء سفلي فقير.

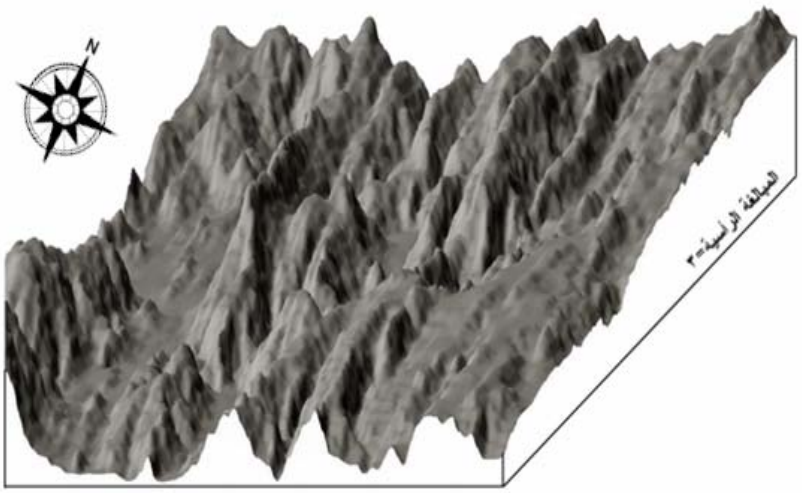
تنقسم منطقة الدراسة تضاريسياً إلى مظهرين رئيسين: الجبال العالية التي تعد جزءاً من نظام جبال السروات، والسهول التهامية في الغرب عند أقدام الجبال المنحدرة بشدة غربا (شكل رقم ٣). ومناطق الجبال بدورها تمتد على هيئة محدبين طوليين يفصل بينهما مقعر كبير غير منتظم. وعادة ما تسمى المرتفعات على يسار المقعر بالمرتفعات الغربية، والتي على يمينه بالمرتفعات الشرقية. وتتصف تضاريس منطقة الدراسة بشدة تعقيدها، حيث أثرت بها كثيراً الصدوع الطولية المتوازية التي اتخذتها الأودية مجاري لها، مما نتج عنه تتابع التحدب والتقعر من الأشفية غرباً باتجاه الشرق (شكل رقم ٤). ويبلغ متوسط ارتفاع منطقة الدراسة ١٣٧٨م فوق مستوى سطح البحر، حيث يتدرج السطح في الارتفاع من ٢٧٤م فوق مستوى سطح البحر في أقصى غرب المنطقة إلى ٢٣٣٦م فوق مستوى سطح البحر في شرقها. وتستأثر المرتفعات العالية التي يتراوح ارتفاعها بين ٢٠٠٠م إلى ٢٣٣٦م فوق مستوى سطح البحر بنسبة كبيرة من تضاريس المنطقة (٣٠٪)، وبنفس النسبة تلك التضاريس التي ينحصر ارتفاعها بين ١٠٠٠م – ٢٠٠٠م فوق مستوى سطح البحر، مما يعكس شدة تضرس المنطقة وارتفاع منسوبها العام فوق مستوى سطح البحر (شكل ٥).

ويؤثر امتداد التضاريس الشمالي الجنوبي في مجموع التساقط السنوي في منطقة الدراسة، حيث تتعامد الرياح الرطبة على المرتفعات الغربية وتسقط معظم حمولتها قبل أن تصل إلى المرتفعات الشرقية. فمعدل التساقط السنوي على محطة المندق يبلغ ٣٦٣ ملم، ويقل باتجاه الشرق حتى يصل إلى نحو ٢٥٠ ملم في المرتفعات الشرقية المحاذية لوادي بطحان شرقي منطقة الدراسة، ثم إلى ١٤٢ ملم في محطة العقيق التي تبعد نحو ٢٠ كم عن الحدود الشرقية لمنطقة الدراسة

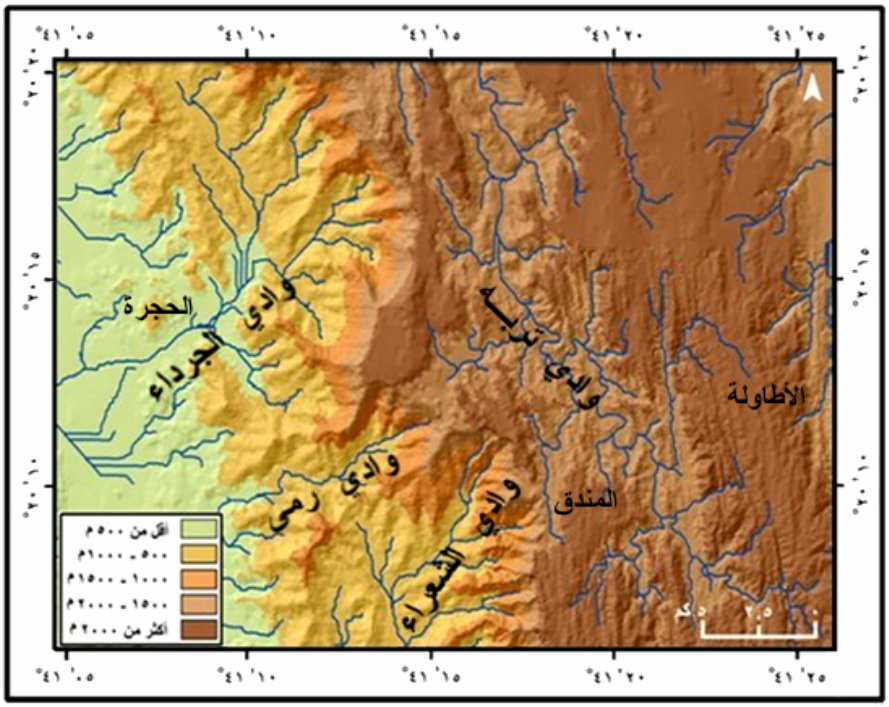
(الشهري، ٢٠٠٦م). ويوثر عامل الارتفاع أيضا في معدل التساقط السنوي، إذ يتناقص هذا المعدل من شفا زهران (تمثله مناخيا محطة المندق أيضا) باتجاه الغرب حتى يصل إلى نحو ١٥٠ ملم في سهول تهامة في منطقتي الحجرة والمخواة (وزارة المياه، ٢٠٠٥م).



شكل رقم (٣) تمثيل ثلاثي البعد لمنطقة الدراسة للناظر إليها من الجنوب الشرقي إلى الشمال الغربي في الأعلى، ومن الغرب باتجاه الشرق في الأسفل.



شكل رقم (٤) تمثيل ثلاثي البعد لجزء كبير من المرتفعات، الذي يضم معظم محافظة القرى بسراة زهران.



شكل رقم (٥) تضاريس منطقة الدراسة.

وتشكل المرتفعات العالية في بلاد زهران منابع مهمة لواديي تربه و بطحان- بيده اللذان يتجهان نحو الشمال والشمال الشرقي على المنحدرات الشرقية، بالإضافة إلى مجموعة من الروافد المهمة لوادي عليب المنحدر غرباً نحو البحر الأحمر، كأودية الجرداء ورمى والشعراء.

ويبلغ متوسط انحدار السطح في منطقة الدراسة ١٦° أو ٢٩٪ ، على أن بعض الجروف الصخرية على المنحدرات الغربية تسجل انحداراً يبلغ ٧٦°. ومعظم المنحدرات الشديدة هي للتضاريس التي يتراوح ارتفاعها بين ١٠٠٠م إلى ١٦٠٠م فوق مستوى سطح البحر، وهي لصدر الحافة الانكسارية باتجاه الغرب. وتشكل الانحدارات المتوسطة والشديدة (٥° - ٧٦°) ما نسبته ٧١٪ من منطقة الدراسة، حيث تتوزع معظم الانحدارات المتوسطة في مناطق المرتفعات العالية عموما، وتتركز الانحدارات الشديدة في الحافة الانكسارية باتجاه الغرب ابتداء من الشفا ونزولاً حتى قواعد الجبال في سهول تهامة. أما الانحدارات الخفيفة والمناطق المستوية فمعظمها يتوزع في المناطق السهلية، غرب منطقة الدراسة، وإن ضمت منطقة المرتفعات بعضاً منها خاصة في شمال شرق منطقة الدراسة.

منهج الدراسة:

اعتمدت هذه الدراسة كليةً على توظيف تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في منهج تكاملي لتحليل أثر خصائص التضاريس في التغطية النباتية لمنطقة بلاد زهران. وقد ارتكز التحليل على دراسة العلاقة بين قيم مؤشر OSAVI الذي تقدم شرحه، وبين خصائص التضاريس من مناسيب ارتفاع ودرجات انحدار واتجاه منحدرات، وذلك لكل خلية تمثلت في البيانات الرقمية لمنطقة الدراسة.

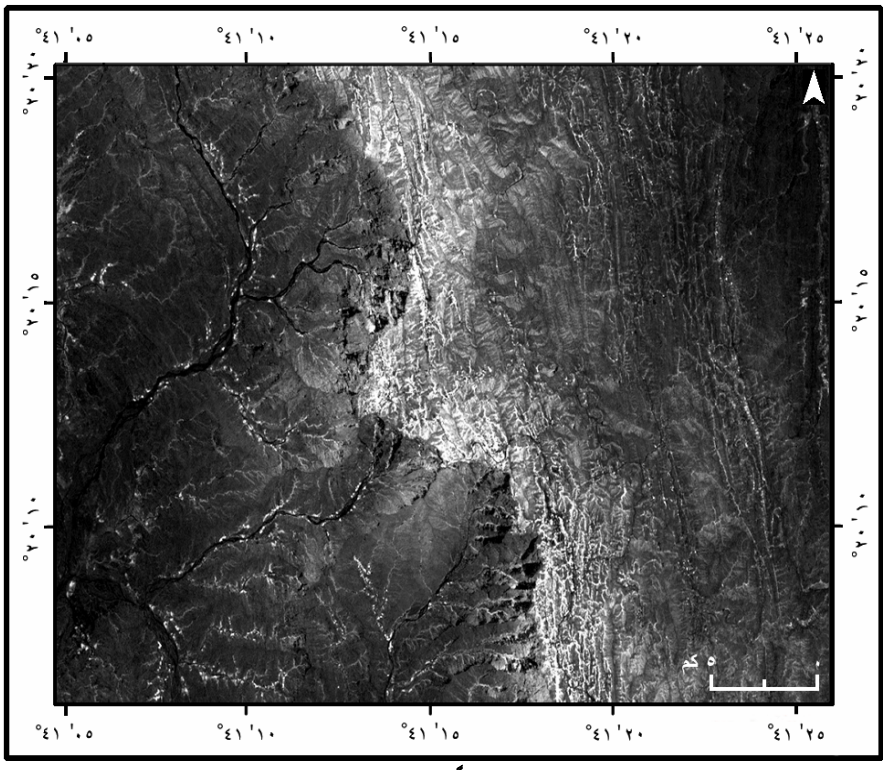
بيانات الدراسة وطرق معالجتها وتحليلها :

استخدم الباحث في هذه الدراسة مجموعة من البيانات، اشتملت على الخريطة الجيولوجية لمربع جبل ابراهيم (لوحة C ٢٠/٤١) بمقياس رسم ١ : ١٠٠٠٠٠ ، صادرة عن وزارة البترول والثروة المعدنية في عام ١٩٧١م. والخريطة الطبوغرافية لمكة المكرمة (لوحة رقم (NF37-SE) بمقياس رسم ١ : ٢٥٠٠٠٠، صادرة عن إدارة المساحة الجوية، وزارة البترول والثروة المعدنية، في عام ١٩٩٠ م. وقد استخدمت هذه الخريطة للتعرف على أسماء الحواضر والأودية في منطقة الدراسة بالإضافة إلى استخدامها كمرجع تصحيح هندسي للمرئيات الفضائية.

أما في تحليل العلاقة بين خصائص التضاريس والنبات فإن الباحث استخدم مرئيات فضائية ونماذج ارتفاعات رقمية. وما يلي مصادر هذين النوعين من البيانات بالإضافة إلى طرق معالجتهما وتحليهما.

١- بيانات اللاقط ETM المحمول على القمر الأمريكي Landsat-7 (مسار ١٦٨ وصف ٤٦)، وقد التقطت في شهر نوفمبر من عام ٢٠٠٧م. وتبلغ دقة التمييز المكانية spatial resolution لهذا اللاقط ٣٠ متراً في ستة من نطاقاته الثمانية: نطاق الأشعة الزرقاء- الخضراء (٠,٤٥- ٠,٥٢) ميكرومتر ، ونطاق الأشعة الخضراء (٠,٥٣ - ٠,٦١) ميكرومتر ، ونطاق الأشعة الحمراء (٠,٦٣ - ٠,٦٩) ميكرومتر، ونطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة (٠,٧٦ - ٠,٩٠) ميكرومتر، ونطاقان للأشعة تحت الحمراء المتوسطة (١,٥٥ - ١,٧٥ و ٢,٠٨ - ٢,٣٥) ميكرومتر. أما النطاقان الآخران فهما نطاق للأشعة تحت الحمراء البعيدة (١٠,٤ - ١٢,٥) ميكرومتر ودقة التمييز المكانية فيه ٦٠ مترا، والنطاق البانكروماتي (٠,٥٢ – ٠,٩٢) ميكرومتر، بدقة تمييز ١٥ مترا. وقد صححت هذه

المرئية هندسياً بتسجيلها إلى الخريطة الطبوغرافية للمنطقة، ثم اُقتطع منها نافذة تشتمل على منطقة الدراسة فقط (وهي موضحة في شكل رقم ٢). ومن بعدها طُبق على هذه المرئية معادلة OSAVI باستخدام برنامج ER Mapper والتي نتج عنها الشكل رقم (٦)، حيث تراوحت قيم المؤشر لمنطقة الدراسة بين ٠.٨١١ لأعلى قيمة و -٠.٥٩٩ لأقل قيمة. والأهداف الفاتحة اللون الأقرب للبياض في الشكل المشار إليه آنفاً هي لنباتات غنية من حيث الخضرة والكثافة، والعكس صحيح بالنسبة للأهداف الداكنة. ووفقاً لهذا المؤشر فإن نحو ١٨٧ كم^2 من منطقة الدراسة ذات غطاء نباتي جيد.

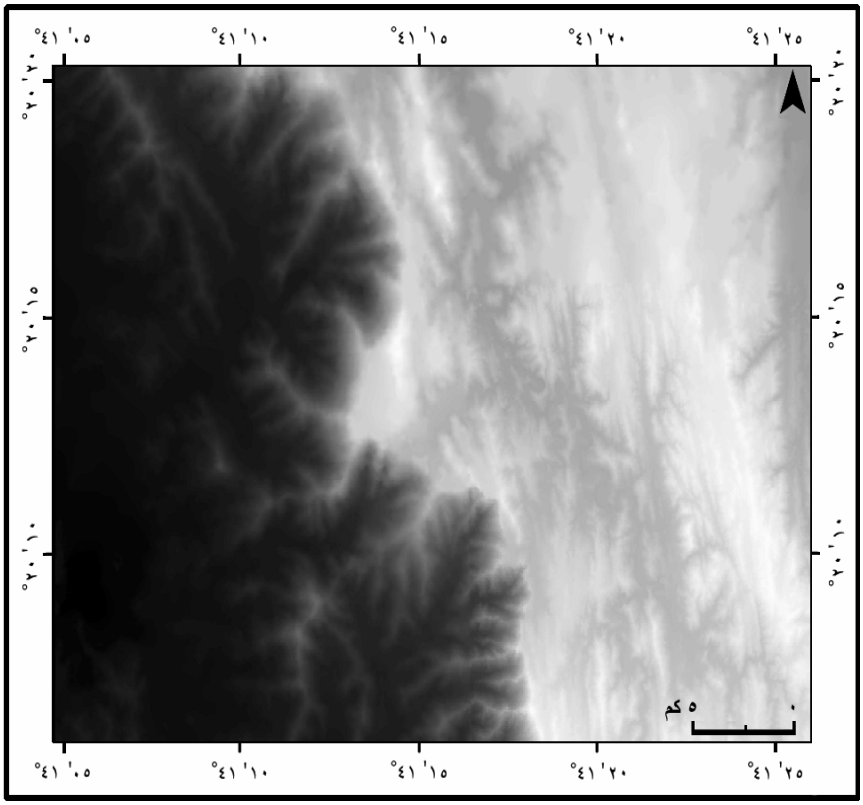


شكل رقم (٦) مرئية ETM مطبقاً عليها المؤشر الطيفي النباتي OSAVI.

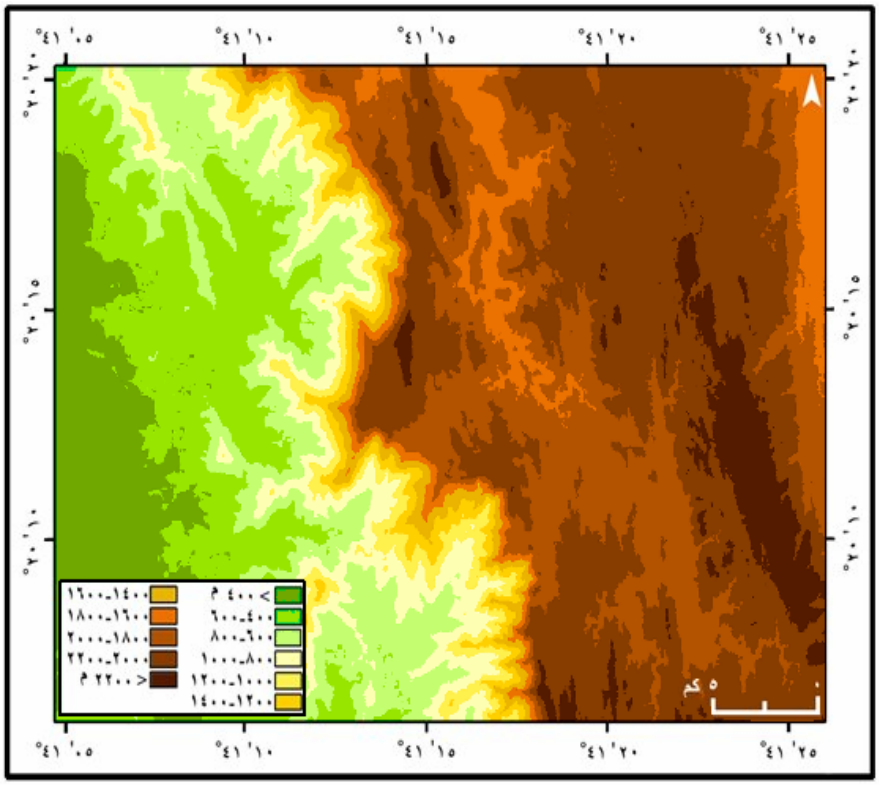
٢- بيانات نموذج ارتفاعٍ رقمي digital elevation model (DEM) بدقة تمييز ٣٠ م، وتغطي بياناته المنطقة التي تقع بين دائرتي عرض ٣٠ ° ١٩ ° و ٠٥ َ ٢١ ° ، وبين خطي طول ١٣ َ ٤٠ ° و ٥٥ َ ٤١ ° . وقد تم تسجيل النموذج إلى الخريطة الطبوغرافية، ثم اقتطع منه ما يمثل منطقة الدراسة فقط (شكل رقم ٧). وقد استخدم هذا النموذج في التمثيل الثلاثي البعد لتضاريس المنطقة باستخدام برنامج MicroDEM، بالإضافة إلى تصنيف فئات الارتفاع لتضاريس المنطقة، وحساب زوايا الانحدارات، واتجاهات المنحدرات عن طريق برنامج ArcGIS. حيث صنفت الارتفاعات في المنطقة إلى إحدى عشرة فئة، بمدى ٢٠٠م لكل فئة. كما صنفت الانحدارات إلى عدد من الفئات وفقاً لنظام تصنيف سيرد تفصيله لاحقا، باعتبار أن كل فئة لها خصائص انحدار تؤثر في استقرار التربة وغطاءات الأرض. كما استخدمت بيانات هذا النموذج في تصنيف اتجاه المنحدرات إلى ثمانية اتجاهات بمقدار ٤٥° لكل اتجاه.

وقد استخدم ArcGIS للربط بين الفئات التصنيفية ، كل على حدة ، وبين قيم مؤشر OSAVI تمهيداً لدراسة وتحليل العلاقات بين خصائص التضاريس وبين التغطية النباتية. وهي إجراءات مطولة قد تنجز بأكثر من طريقة وفقاً لوظائف كل برنامج وقناعة المستخدم. وكمثلٍ على ذلك من هذه الدراسة في معالجة علاقة مناسيب الارتفاع بالنبات، فقد تم تكوين ملف على برنامج ER Mapper يتألف من طبقتين هما طبقة مؤشر OSAVI، وطبقة DEM، وبعد التأكد من صحة الربط الجغرافي بين الطبقتين، جرى حساب معامل ارتباط بيرسون بين الطبقتين على أساس وحدة الخلية (٣٠م x ٣٠م)، حيث كان مجموع خلايا كل طبقة هو ١٠٣٠١١٢ خلية. بعد ذلك استخدم برنامج ArcGIS لتصنيف

الارتفاعات في منطقة الدراسة كما ذُكر سابقا إلى إحدى عشرة فئة كما هو مبين ذلك في شكل رقم (٨). ثم اُقتطع من طبقة OSAVI وفقاً لحدود كل فئة من فئات الارتفاع. وبذلك نتج إحدى عشرة طبقة جديدة، كل منها يحوي فقط بيانات OSAVI. ومن ثم استخرجت الاحصاءات الوصفية لكل طبقة. وأخيراً حُسب معامل الارتباط بين مراكز الفئات وبين الوسط الحسابي لقيم مؤشر OSAVI لجميع الطبقات. كما استخدمت عملية الدمج Combination لكل طبقة من طبقات الارتفاع الإحدى عشر مع الطبقات الأخرى الناتجة من معالجة الانحدارات أو الاتجاهات بغية الوصول إلى فهم أفضل للتأثير المتبادل بين خصائص التضاريس المختلفة على وجود النبات ووفرته.



شكل رقم (٧) بيانات نموذج الارتفاع الرقمي لمنطقة الدراسة. التدرج الرمادي الفاتح هو للمناطق العالية الارتفاع، والعكس من ذلك للتضاريس المنخفضة.



شكل رقم (٨) تمثيل تضاريس منطقة الدراسة بفاصل كنتوري قدره ٢٠٠م.

وبشكل عام فإن أسلوب هذه الدراسة قد ارتكز على دراسة العلاقة بين قيم منسوب الارتفاع وزوايا الانحدار واتجاه المنحدر من جهة وبين قيم OSAVI لكل خليةٍ في منطقة الدراسة. كذلك فإنه معلومٌ أن بعض الظاهرات عندما تصنف إلى فئات وفقاً لاجتماعها في خاصية محددة فإنها قد تخرج علاقة أوضح مع متغيرات أخرى. وهذا ما سعى إليه الباحث في خطوات تالية عن طريق تصنيف الارتفاعات والانحدارات واتجاه المنحدرات إلى فئات، ثم استخراج قيمة معامل الارتباط بين كل من هذه الفئات وبين قيمة الوسط الحسابي لمؤشر OSAVI لكل فئة من تلك

الفئات للوصول إلى فهم لطبيعة العلاقة بين وفرة النبات وبين خصائص التضاريس.

النتائج والمناقشة:

عملت هذه الدراسة على محاور عدة لإظهار أثر خصائص التضاريس في التغطية النباتية، وذلك من خلال تحليل علاقة الارتفاع، والانحدار، واتجاه التضاريس مع قيم مؤشر OSAVI باعتباره دالاً على وفرة النبات وغناه.

أولاً: العلاقة بين مؤشر OSAVI وعامل الارتفاع: حُسب معامل ارتباط بيرسون بين عامل الارتفاع و مؤشرOSAVI على مستوى الخلية فوجد أنه ٠.٦٠ ، وهو تعبير عن علاقة موجبة متوسطة. وكان متوقعاً أن تكون قيمة الارتباط الموجب أعلى بين المتغيرين، غير أن المرتفعات الشرقية - كما أسلف القول - تقع في ظل المرتفعات الغربية التي تستأثر بمعظم الأمطار. لذلك فإن ارتباط غنى النبات مع التدرج في الارتفاع في مناطق المرتفعات الشرقية غير ملموس، فأعظم تجمعات النبات في تلك المنطقة تتركز في بطون الأودية والواحات الزراعية، وهي لخلايا محدودة العدد بالنظر لمساحة المرتفعات الشرقية، وهو ما أثر بدرجة كبيرة في إضعاف قيمة الارتباط الموجب بين المتغيرين باعتبار المساحة الكبيرة للمرتفعات الشرقية في منطقة الدراسة. يضاف إلى ذلك أن وجود تجمعات نباتية غنية riparian vegetation في بطون الأودية المنحدرة غربا قد ساعد على الإخلال بزيادة وفرة النبات مع زيادة الارتفاع في منطقة الدراسة. ولإيضاح ذلك أكثر، فإننا نلاحظ تكرار مناسيب الارتفاع وتقاربها بين المرتفعات الغربية والشرقية بدءاً من خط ارتفاع ١٨٠٠م فوق مستوى سطح البحر، وما دون ذلك يقتصر فقط على المنحدرات الغربية ومناطق السهول (يمكن ملاحظة ذلك بالنظر إلى

شكل رقم ٨). لذلك فإن مشاركة الارتفاعات الشرقية الفقيرة نباتياً للمرتفعات الغربية في مستويات ارتفاع السطح يؤدي حتماً لإضعاف العلاقة بين زيادة الارتفاع والتغطية النباتية. وللتأكد من هذا فقد استبعد الباحث المرتفعات الشرقية ابتداء من وادي تربة باتجاه الشرق[١]، ثم حُسب معامل ارتباط بيرسون بين الارتفاع ومؤشر OSAVI فوُجد أن العلاقة قوية موجبة (٠,٩٣). وهذا يؤكد على أن التغطية النباتية ترتبط بزيادة الارتفاع في جبال السروات خاصة إذا لم يكن للعوامل الأخرى أي تأثير معاكس.

ويلخص جدول رقم (١) العلاقة بين التغطية النباتية وبين عامل الارتفاع تبعاً لفئات التضاريس. ويقصد بأقل قيمة وأعلى قيمة لمؤشر OSAVI الرقم القياسي الذي سجل لخلية ما باستخدام هذا المؤشر، ومن ثم فإن أقل قيمة وأعلى قيمة لا تعكسان سوى حالة التطرف في قيم المؤشر سلباً أو إيجابا، بينما يلخص الوسط الحسابي حالة الغطاء النباتي من حيث الكثافة والخضرة في فئة ارتفاع ما لجميع الخلايا السالبة والموجبة والتي تقع ضمن تلك الفئة.

ويتبين من جدول رقم (١) أن الارتفاعات التي تزيد عن ١٦٠٠م فوق مستوى سطح البحر تستأثر بنحو٥٠٪ من تضاريس منطقة الدراسة. وهناك وتيرة متسارعة في الارتفاع ابتداءً من ٦٠٠م وحتى ٢٢٠٠م فوق مستوى سطح البحر، بمعدل تصاعد مترٍ واحدٍ في كل ثلاثة أمتارٍ تقريبا في كثير من الجهات على امتداد الحافة الإنكسارية غربا .

(١) اُقتطع من مرئية لاندسات نافذة غير منتظمة على حدود السفوح الغربية لروافد وادي تربة، ومن ثم طُبق عليها مؤشر OSAVI. وعن طريق وظائف المحلل المكاني لبرنامج ArcGIS أُقتطع من شكل رقم (٧) جزء مناظر لما اقتطع من مرئية لاندسات.

جدول رقم (١) العلاقة بين مؤشر OSAVI وعامل الارتفاع.

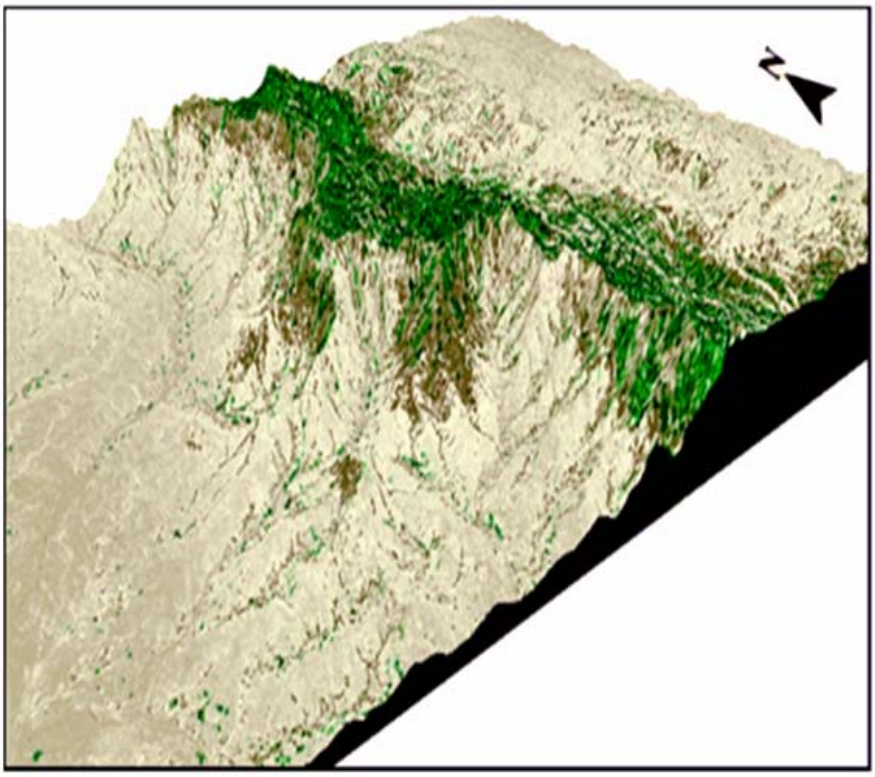
فئة الارتفاع	نسبة مساحة الفئة	قيمة مؤشر OSAVI		
		أقل قيمة	الوسط الحسابي	أعلى قيمة
٢٠٠ - ٣٩٩	١٠ ٪	- ٠,٢١٩	- ٠,٠١٣	٠,٢٠٨
٤٠٠ - ٥٩٩	١٤ ٪	- ٠,٢١٢	- ٠,٠١٤	٠,٣٢٧
٦٠٠ - ٧٩٩	١٠ ٪	- ٠,٢٣٢	- ٠,٠٠٧	٠,٣٣٩
٨٠٠ - ٩٩٩	٦ ٪	- ٠,٢٠٤	- ٠,٠٠٣	٠,٢٤١
١٠٠٠ - ١١٩٩	٤ ٪	- ٠,٢٢٠	- ٠,٠٠٣	٠,٢٤١
١٢٠٠ - ١٣٩٩	٣ ٪	- ٠,٢٧٢	- ٠,٠٠٢	٠,٢١٧
١٤٠٠ - ١٥٩٩	٢ ٪	- ٠,٢٣١	- ٠,٠٠٢	٠,٢٨٩
١٦٠٠ - ١٧٩٩	٥ ٪	- ٠,٢٧٨	- ٠,٠٠١	٠,٣٦١
١٨٠٠ - ١٩٩٩	١٦ ٪	- ٠,٢١٥	٠,٠	٠,٥٩٧
٢٠٠٠ - ٢١٩٩	٢٦ ٪	- ٠,١٩٥	- ٠,٠٠١	٠,٦٤٠
٢٢٠٠ - ٢٣٩٩	٤ ٪	- ٠,١٦٨	- ٠,٠٠١	٠,٥٠٣

ومن ثم فإن هذه المنطقة قد تكون مثالاً نموذجياً لتتبع تغير حالة التغطية النباتية مع التغير في الارتفاع. ومن المتوقع في بيئات المناطق الجافة وشبه الجافة أنه مع زيادة الارتفاع يعظم احتمال وجود قدر أكبر من الرطوبة، ومن ثم وفرة أكبر في النبات، وبالتالي قيماً موجبة لمؤشر OSAVI حتى وإن كانت قريبة من الصفر. ومع هذا فإنه يتبين من جدول رقم (١) أن بعض الخلايا ذات القيم الموجبة توجد

في كل فئة ارتفاع حتى في تلك التي تقل عن ٣٠٠م. ويعود وجود القيم الموجبة للمؤشر في الأجزاء الأقل ارتفاعا والمنحدرة غرباً إلى توفر قدر من الرطوبة في بطون الأودية مما مكن من قيام زراعة نشطة على مصاطب الأودية، وعلى بعض المدرجات الزراعية التي سويت على المنحدرات، بالإضافة إلى تجمعات نباتية طبيعية خاصة في ثنيات الأودية ومناطق التحام المجاري، ولكن هذا مقصور عموماً على خلايا محدودة متناثرة. أما في مناطق المرتفعات العالية، وتحديداً في الأجزاء التي يزيد ارتفاعها عن ١٨٠٠م فإن النباتات توجد على هيئة غطاءات ممتدة على الجزء الغربي من المرتفعات بفعل وفرة التساقط (شكل رقم ٩).

وتبعاً للقيمة الأعلى للمؤشر، فإن قيمة معامل ارتباط بيرسون بين هذه القيمة وبين عامل الارتفاع تبلغ ٠,٧٥، وهي علاقة موجبة قوية. ومن الشكل رقم (١٠) يظهر بوضوح أنه مع زيادة الارتفاع هناك انخفاض مطرد في القيم السالبة لمؤشر OSAVI، مما يعني الاتجاه نحو كثافة أعلى للنبات. كما يلاحظ من القيمة الأعلى للمؤشر تحديداً في جميع الفئات، أن خط ارتفاع ١٨٠٠ م يمثل حداً واضحاً للغنى في النبات، فمن هذا الخط وما يعلوه نجد أن متوسط القيم العليا للمؤشر تبلغ ٠,٥٨٠، بينما تبلغ دون هذه الخط ما متوسطه ٠,٢٧٨.

وتبدو العلاقة ضعيفة بين القيمة الأقل للمؤشر وبين عامل الارتفاع، إذ بلغت قيمة معامل الارتباط بين المتغيرين ٠,٢٠ . ويرجح أن يكون الظل المتشكل بفعل العامل الطبوغرافي له تأثيره في خفض القيم الانعكاسية في نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة، بالإضافة إلى الجروف الصخرية الخالية من التربة والتي يكون الفرق بها كبيراً في القيم الانعكاسية بين النطاقين.

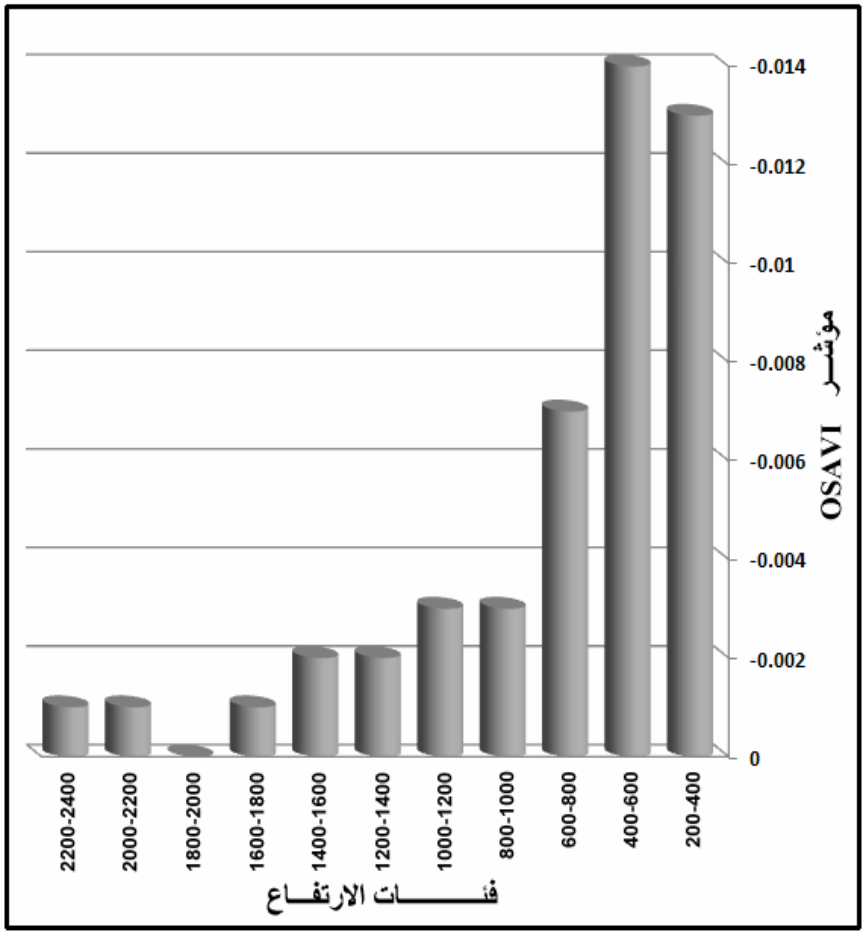


شكل رقم (٩) تمثيل ثلاثي البعد لمعظم منطقة الدراسة، حيث تنتشر الغطاءات النباتية الكثيفة (اللون الأخضر) على قمم وسفوح المرتفعات الغربية، بينما تبدو المرتفعات الشرقية وأقدام الجبال والسهول خالية تقريباً من النبات باستثناء بطون الأودية.

وكانت أدني قيمة للمؤشر (- ٠,٥٩٩) قد سجلت لخلية في مناطق الظلال، وهي لا تبعد سوى خلية واحدة عن خلية أخرى لنبات غني بلغت قيمة المؤشر فيها ٠,٤٦٦. ومن الملاحظ في جدول رقم (١) ذلك التقارب بين جميع الفئات في القيمة الأقل للمؤشر، وإن كانت الارتفاعات التي تزيد عن ٢٠٠٠م فوق مستوى سطح البحر تتميز بقيم سالبة أقل للمؤشر.

ويظهر جلياً أن العلاقة موجبة قوية بين عامل ارتفاع السطح وبين وفرة النبات، بدليل قيمة معامل الارتباط بين مراكز فئات الارتفاع وبين الوسط الحسابي لمؤشر OSAVI والتي بلغت ٠,٨٥. ويلخص الشكل رقم (١٠) العلاقة بين المتغيرين حيث يتبين أنه مع زيادة الارتفاع تقل القيم السالبة لمؤشر OSAVI عموما. ويتبين من قيمة الوسط الحسابي لجميع فئات الارتفاع أن النبات يتصف بفقره عموماً في منطقة الدراسة. وإن كان التفاوت في وفرة النبات وغناه واضحاً بين الفئات. ويمكن تصنيف فئات الإرتفاع وفقاً لقيم المؤشر إلى ثلاث مناطق حدية: المنطقة الأولى لمناسيب الارتفاع التي تقل عن ٨٠٠م فوق مستوى سطح البحر، وهي فقيرة جداً في النبات كماً ونوعا، ومعظم النباتات في هذه المنطقة قزمية جفافية يغلب على كثير منها الصفة الشوكية، والصبرية (شحمية) في بعضها، ومن أمثلة ذلك السمر *Acacia tortilis* والطرف *Averva javanica* والبشام (البلسان) . *Commiphora gileadensis* والعرفج *Rhanterium epapposum* والخروع *Ricinus communis*. وتتوافق المنطقة الثانية بدرجة كبيرة مع مناطق الأصدار، ويتراوح ارتفاع هذه المنطقة ما بين ٨٠٠م إلى ١٦٠٠م فوق مستوى سطح البحر. وهي تقع في مواجهة الرياح الرطبة التي قد تسقط بعض حمولتها على هذه الارتفاعات قبل أن تصل إلى الشفا وما يليه شرقا. وقد وجد الباحث أن نباتات هذه المنطقة تتدرج من أشجار في الأصدار العليا كالسدر *Zizyphus spina-christi* والطلح *Acacia gerrardii* والسلم *Acacia ehrenbergiana* والسمر *Acacia tortilis* والصندل ، إلى شجيرات قصيرة فقيرة من السمر *Acacia tortilis* توجد غالبا في الارتفاعات الأقل. أما المنطقة الثالثة فهي للارتفاعات ما بين ١٦٠٠م - ٢٤٠٠م فوق مستوى سطح

البحر. وتتصف هذه المنطقة بالتنوع الكبير في نباتاتها، حيث توجد الأشجار كالعرعر *Juniperus procera* والزيتون البري .



شكل رقم (١٠) العلاقة بين فئات الارتفاع ومؤشر OSAVI.

(العتم *Olea chrysophylla* والأثل *Tamarix aphylla* والصوم *Euphorbia Arabica* والسدر *Zizyphus spina-christi* والشث *Dodonaea viscosa* على الارتفاعات العالية، ودون ذلك الأكاسيات كأشجار السلم *Acacia ehrenbergiana* والسمر *Acacia tortilis*

والطلح *Acacia gerrardii*، وشجيرات أخرى كالضرم *Lavandula coronopifolia* والطباق *Conyza stricta*.

ثانياً: العلاقة بين مؤشر OSAVI وعامل الانحدار: باعتبار عوامل تكوين التربة وثباتها، ومقدار ماء التربة، وضعف تأثير الجريان السطحي في جرف التربة مع قلة الانحدار، فمن المتوقع زيادة فرص نمو النبات مع قلة الانحدار عندما تكون المتغيرات الأخرى ثابتة، خاصة الارتفاع والرطوبة ومواجهة الشمس.

وبحساب معامل ارتباط بيرسون بين درجات الانحدار وقيم مؤشر OSAVI على مستوى الخلية، فقد وُجد أن الارتباط يبلغ - ٠.١٢ وهي علاقة سالبة ضعيفة، وأقرب ما تكون إلى أن العلاقة غير ملموسة بين المتغيرين (عشوائية). ولعل السبب في هذا أن درجات الانحدار المنخفضة في منطقة الدراسة هي في منطقة السهول أو في أجزاء من المرتفعات الشرقية في شمالها الشرقي حيث يتصف النبات بفقره لقلة التساقط. مما يجعل العلاقة عشوائية بين وفرة النبات ودرجة الانحدار في هذه المناطق ذات الانحدارات الخفيفة. وفي منحدرات الحافة الانكسارية نحو الغرب، يتشكل السطح في معظمه من جروف صخرية مما يتعذر معه وجود تربة حقيقية، وإن وجدت فهي تربة ضحلة جداً على السفوح الأقل انحدارا، أو هشيم صخري خشن في مجاري بعض الروافد العليا للأودية. لهذا نجد أن النبات فقير جداً حتى وإن كانت فرص التساقط على هذه المنطقة أعظم مقارنة بالمرتفعات الشرقية أو بالأجزاء المنخفضة في سهول تهامة. ومن ثم فإنه من المتوقع أنه مع زيادة الانحدار تقل وفرة النبات في هذه الجهات، أي أن العلاقة سالبة قوية. أما المرتفعات الغربية المحصورة بين خط الشفا غرباً ووادي تربة شرقاً، فهي ذات انحدارات متوسطة في معظمها (١٠° – ٣٠°)، وهذا ما خلق فرصة جيدة لتكوين تربة أكثر

ثباتاً وسماكةً ونعومة، وبالتالي تميزت بكثافة النبات خاصة مع وفرة التساقط. ومما يدل على ذلك أن التجمعات النباتية الغنية توجد في هذه المنطقة في مناطق الانحدارات الجبلية الخفيفة إلى المتوسطة (٥° – ١٨°)، وأوضح مثال على ذلك منطقة برحرح التي تتصف بتحول التجمعات النباتية على سفوح الجبال إلى غابات. والأمر كذلك في المناطق الواقعة شمال وجنوب بلدة المندق، لهذا نجد أن العلاقة موجبة بين المتغيرين، أي زيادة التغطية النباتية مع زيادة الانحدار ما بين ٥° – ١٨° في هذه المنطقة. أما الأجزاء الشرقية من المرتفعات وهي الأكبر مساحة في المناطق الجبلية فيغلب عليها الانحدارات الخفيفة والمتوسطة، ومع هذا فهي أفقر المناطق الجبلية نباتاً لأسباب تقدم ذكرها، ومع زيادة الانحدار في هذا الجهات يزداد النبات فقراً، لذلك فإن العلاقة سالبة بين درجات الانحدار وبين قيم مؤشر OSAVI في المرتفعات الشرقية. لهذا إن نظرنا بصورة إجمالية إلى منطقة الدراسة مع تباين العلاقات بين المتغيرين وفقاً للخصائص المكانية المحلية الطبيعية، لوجدنا أن العلاقة العشوائية هي أفضل وصف لشرح العلاقة بين المتغيرين.

ورأى الباحث أن أمثل أسلوب لنمذجة العلاقة بين درجة الانحدار والتغطية النباتية هي عن طريق تصنيف الانحدارات إلى مجموعات عوضاً عن العمل على مستوى الخلية بسبب التنافر الشديد في الخصائص المكانية الطبيعية، ومن ثم الربط بين مراكز الفئات وبين الوسط الحسابي لقيمة مؤشر OSAVI لنفس الفئة، مع التركيز على نسب الخلايا النباتية الغنية (الموجبة) وخلافها (السالبة) في كل فئة. لهذا لجأ الباحث إلى تصنيف الانحدارات وفقاً لنظام تصنيف له علاقة بالتربة باعتبارها الوطن الذي يمنح مقومات الحياة الأساسية للنبات. وهناك العديد من أنظمة تصنيف المنحدرات كل منها صالح لغرض محدد. وقد استخدم الباحث نظام

تصنيف اقترحه يونج على أساس جيومورفولوجي (Young, 1972, p. 173) إلا أن له صلة وثيقة باستقرار التربة وتكوينها، حيث قسم هذا النظام زوايا الانحدار إلى سبع فئات هي:

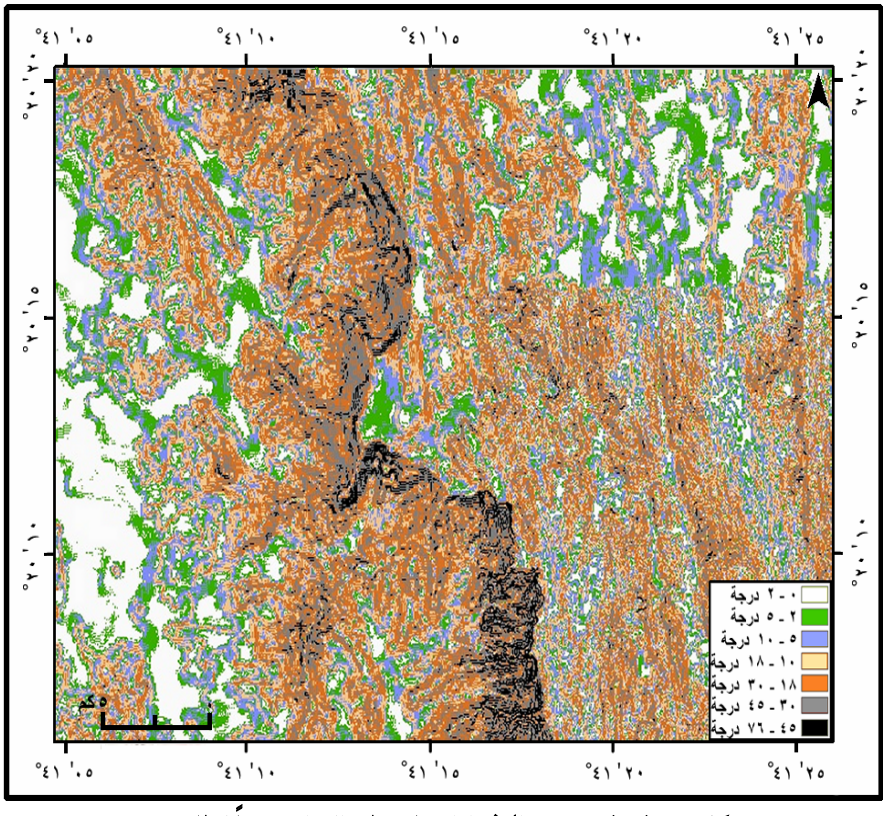
صفر - ٢°	للمناطق المنبسطة أو المستوية من الأرض.
أكثر من ٢° - ٥°	للمناطق ذات الانحدارات الخفيفة
أكثر من ٥° - ١٠°	انحدارات خفيفة إلى متوسطة
أكثر من ١٠° - ١٨°	انحدارات متوسطة إلى شديدة
أكثر من ١٨° - ٣٠°	انحدارات شديدة
أكثر من ٣٠° - ٤٥°	انحدارات شديدة جدا.
أكثر من ٤٥°	انحدارات جُرفية.

ومما دعم هذا اختيار هذا التصنيف في هذه الدراسة أنه يتضمن تفصيلاً أكبر لمناطق الانحدارات المتوسطة والشديدة وهي الغالبة في منطقة البحث، وإن كان مدى الفئة الجرفية واسعاً أكثر من غيرها.

وبتطبيق هذا التصنيف على منطقة الدراسة فقد نتج الشكل رقم (١١) والذي يتبين منه غلبة الانحدارات المتوسطة (٥° - ١٨°) في منطقة الدراسة، يليها الانحدارات الشديدة عموما (١٨° - ٧٦°) بفارق ضئيل. ويتبين من جدول رقم (٢) أن القيم السالبة لمؤشر OSAVI تتناقص إجمالاً باطراد مع زيادة الانحدار، أي أن اتجاه العلاقة موجبة بين درجة الانحدار والتغطية النباتية. وما يدعم هذه النتيجة أن نسبة عدد الخلايا الموجبة (نباتات غنية) تتزايد بثبات بزيادة الانحدار. وقد بلغ معامل الارتباط المحسوب بين مراكز الفئات وبين قيم الوسط الحسابي للمؤشر ٠.٨٩ ، وهو ارتباط موجب قوي ويتناقض مع قيمة معامل الارتباط

المحسوب على مستوى الخلية. وتبين أيضاً من الجدول أن فئة الانحدارات الشديدة عموما هي الأغنى بالنبات في منطقة الدراسة، وأفقرها هي فئة الانحدارات الخفيفة. وقد يفسر هذا بأن الانحدارات الأكبر في منطقة الدراسة تكون مرتبطة بالمرتفعات العالية حيث تكون الأمطار أكثر وفرة، مع غطاء من التربة يكفي لغرس النباتات جذورها فيها. وهذا يعني أيضا بأن عامل الانحدار ليس مستقلاً عن عامل الارتفاع.

ثالثاً: العلاقة بين مؤشر OSAVI وعامل اتجاه المنحدرات: صنفت بيانات نموذج الارتفاع الرقمي في البداية إلى اتجاهين فقط: شمالي وجنوبي، فبلغت نسبة المنحدرات الشمالية إجمالاً حوالي ٤٨٪ في منطقة الدراسة. وتبين أنها أغنى بالنبات من المنحدرات الجنوبية، حيث بلغ الوسط الحسابي لمؤشر OSAVI لهذه المنحدرات -٠,٠٢٤ ، مقارنة بقيمة -٠,٠٢٩ للمنحدرات الجنوبية.



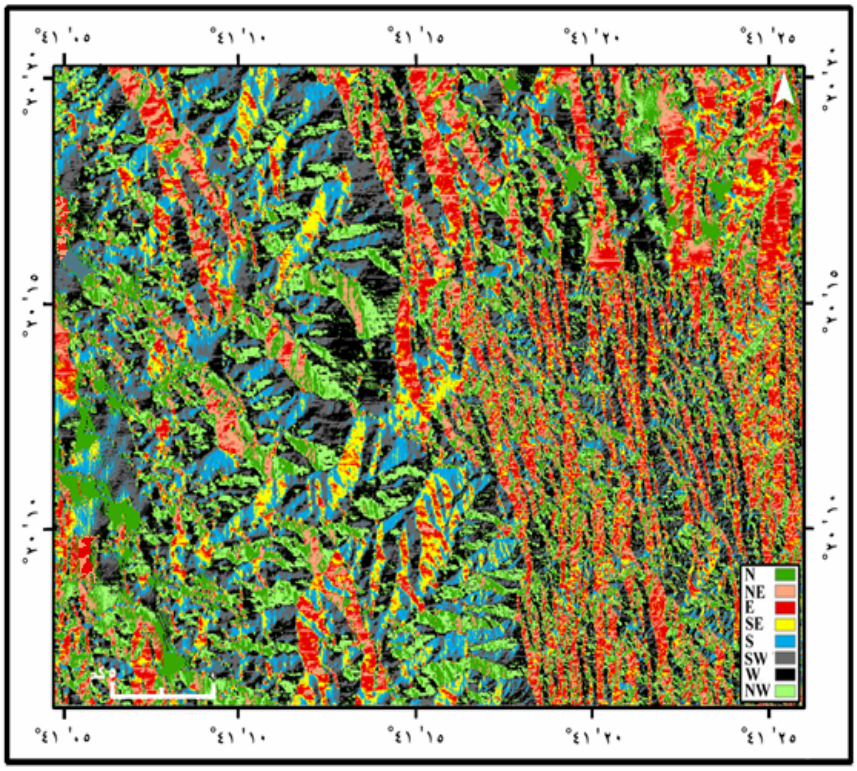
شكل رقم (١١) تصنيف الانحدارات في منطقة الدراسة وفقاً لنظام يونج.

جدول رقم (٢) العلاقة بين فئات الانحدار ومؤشر OSAVI.

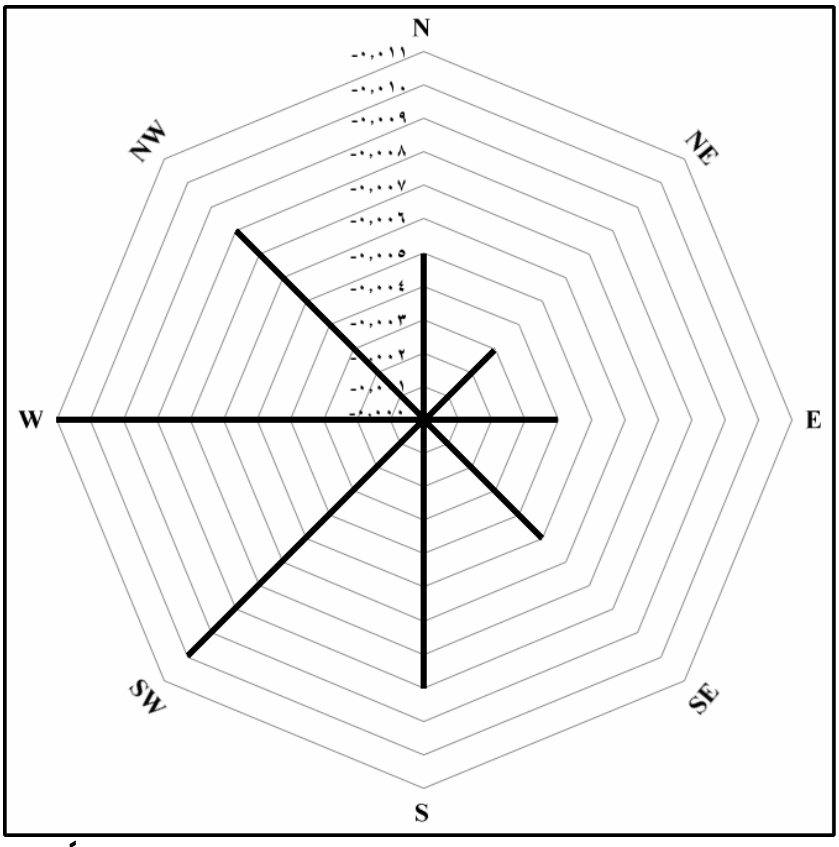
فئة الانحدار	نسبتها من المساحة لكلية	متوسط قيمة OSAVI	نسبة الخلايا الموجبة	نسبة الخلايا السالبة
٠ - ٢°	٠,١٥	- ٠,٠١٥	٪١٦	٪٨٤
أكثر من ٢° - ٥°	٠,١٤	- ٠,٠٠٨	٪١٦	٪٨٤
أكثر من ٥° - ١٠°	٠,١٥	- ٠,٠٠٨	٪١٧	٪٨٣
أكثر من ١٠° - ١٨°	٠,٢١	- ٠,٠١٠	٪٢١	٪٧٩
أكثر من ١٨° - ٣٠°	٠,٢٢	- ٠,٠٠٧	٪٢٤	٪٧٦
أكثر من ٣٠° - ٤٥°	٠,١١	- ٠,٠٠٢	٪٢٧	٪٧٣
أكثر من ٤٥° - ٧٦°	٠,٠٢	٠,٠	٪٢٦	٪٧٤

ثم صنفت بيانات النموذج الرقمي إلى اتجاهين فقط: شرقي وغربي، حيث كان نصيب المنحدرات الغربية ٦٢٪ من إجمالي المنحدرات. ومع هذا فإن المنحدرات الشرقية أوفر نباتاً من المنحدرات الغربية، فقيمة الوسط الحسابي لمؤشر OSAVI للمنحدرات الشرقية يبلغ -٠,٠٢٢ ، بينما كان -٠,٠٣١ للمنحدرات الغربية. ومن هنا يتبين غنى السفوح الشرقية والشمالية مقارنة بأضدادها. ولمقارنة أوسع، فقد صنفت المنحدرات إلى الاتجاهات الأربعة الأصلية بواقع ٩٠° لكل اتجاه، ونتج من هذا تساوي المنحدرات الشمالية والشرقية بقيمة -٠,٠١١ لمؤشر OSAVI، بينما كان الوسط الحسابي للمنحدرات الجنوبية -٠,٠١٣ ، و -٠,٠١٨ للمنحدرات

الغربية. ومن هذا يمكن الوصول إلى نتيجة أن المنحدرات الشرقية والشمالية هي الأوفر نباتا، وأن المنحدرات الغربية هي الأفقر. وللتأكد من ذلك بتفصيل أكبر، فقد عمد الباحث إلى تصنيف بيانات نموذج الارتفاع الرقمي إلى ثماني اتجاهات (الاتجاهات الأصلية والفرعية المعروفة) بمقدار ٤٥° لكل اتجاه بدءاً من الشمال، وسيراً باتجاه عقارب الساعة. ونتج من ذلك الشكل رقم (١٢) والذي يظهر فيه غلبة المنحدرات الغربية عموماً على الاتجاهات الأخرى للمنحدرات. ويلخص شكل رقم (١٣) الحالة النباتية على المنحدرات في منطقة الدراسة، وهو تحليل إحصائي نتج من دمج شكلي رقم (٦) و (١٢)، ثم اُستخرج الوسط الحسابي لمؤشر OSAVI لكل اتجاه. ومنه يتبين بوضوح أن المنحدرات الشرقية والشمالية هي الأوفر نباتاً، مع أفضلية للمنحدرات الشمالية الشرقية مقارنة ببقية المنحدرات. ومن الملاحظ أن المنحدرات الغربية هي الأقل وفرة في النبات وعلى نحو معاكس للمنحدرات الشرقية، وقد يعود هذا إلى أن معظم الانحدارات الغربية في منطقة الدراسة تتشكل في الحافة الانكسارية الشديدة الانحدار نحو سهول تهامة على النحو الظاهر في شكل رقم (١٢)، والتي تخلو منحدراتها من التربة، وهي في معظمها منكشفات صخرية مما لا يهيء البيئة الملائمة لنمو النبات حتى وإن كانت كمية التساقط وفيرة، علماً بأن التساقط على تلك المنحدرات ينتهي سريعاً إلى السهول التهامية. ويظهر أن الاتجاهين الشرقي والشمالي يؤثران في تناقص القيم السالبة لمؤشر OSAVI باتجاه الصفر، ويستدل على ذلك من قيمة المؤشر لاتجاهي الجنوب الشرقي والشمال الغربي. وتتفق هذه النتيجة مع القول السائد بأن المنحدرات الشمالية في نصف الكرة الشمالي أغنى بالنبات وفرة ونوعاً من المنحدرات الجنوبية لأسباب تقدم ذكرها.



شكل رقم (١٢) تصنيف اتجاهات المنحدرات في منطقة الدراسة.

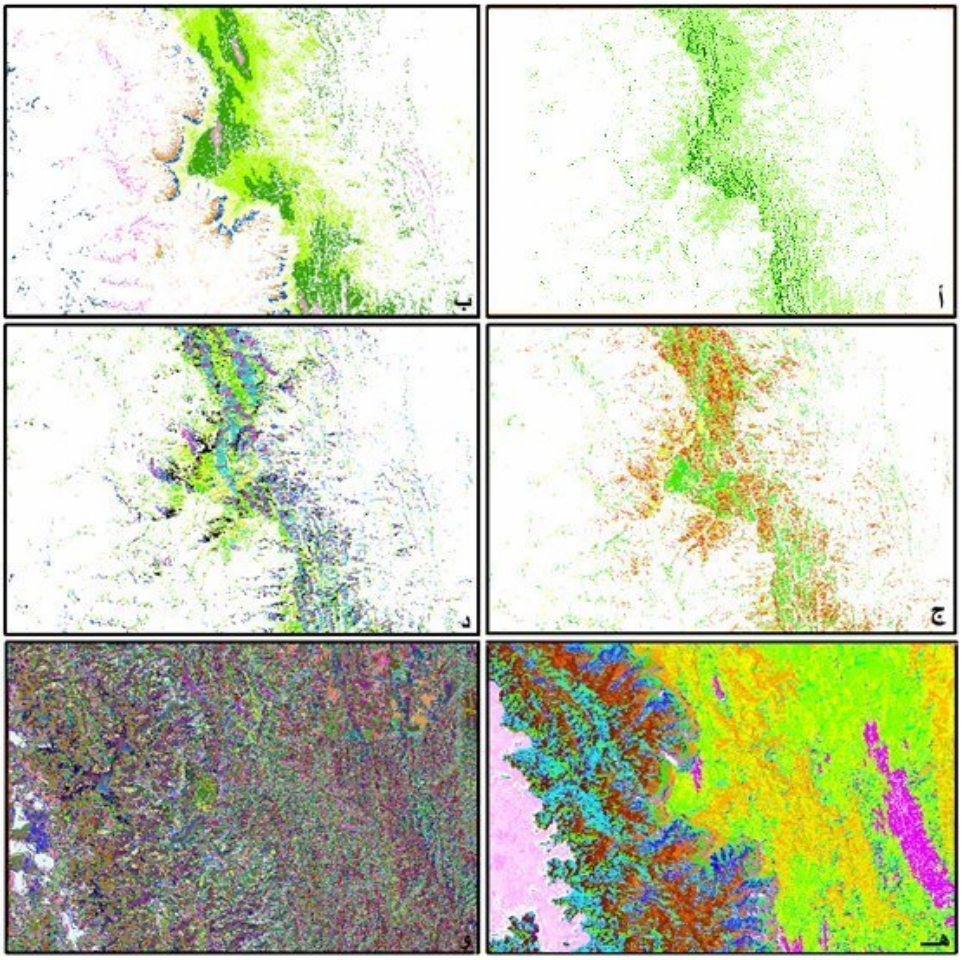


شكل رقم (١٣) العلاقة بين اتجاهات السفوح وقيم مؤشر OSAVI ، حيث يبدو جلياً أن السفوح الغربية ومن بعدها الجنوبية هي الأقل وفرة في الغطاء النباتي في منطقة الدراسة.

ومع ذلك فإن نتائج هذه الدراسة تظهر أن المنحدرات الشرقية تشارك المنحدرات الشمالية في ذلك التأثير.

التأثير المجتمع لخصائص التضاريس على نمو النبات: لاستكشاف النموذج التضاريسي الأكثر ملاءمة لنمو النبات في بلاد زهران كمنطقة ممثلة لجبال السروات في جنوب غرب المملكة، فإن الباحث رأى دمج العوامل التضاريسية الثلاثة مفردة ومجتمعة مع مؤشر OSAVI لمعرفة التطابق المكاني (المساحي) للنباتات الغنية مع

كل خاصية تضاريسية. وقد اختبر الباحث هذا ببساطة عن طريق عزل النباتات الغنية (ذات القيم الموجبة في طبقة OSAVI) ثم دمجها مع كل خاصية تضاريسية على حدة لمعرفة نسبة التوافق في التوزيع المكاني للنباتات الخضراء الكثيفة مع التوزيع المكاني للخصائص التضاريسية المتعددة. أي أن هذه الخطوة تحسب مساحة الغطاء النباتي الجيد الذي تزيد قيمة مؤشر OSAVI له عن صفر في كل فئة من الفئات المصنفة لكل عامل تضاريسي، ومن ثم عن طريق تحديد الفئات التي تحوي مساحات أكبر من الغطاء النباتي الجيد يتم تحديد الخصائص التضاريسية المشتركة معه في التوزيع المكاني. وكإجراء أولي فقد أُقصي من طبقة OSAVI جميع القيم التي تساوي صفراً أو تحوي قيماً سالبة، فلم يبق إلا القيم الموجبة للمؤشر (شكل رقم ١٤/أ)، ثم دُمجت كطبقة مع طبقات الارتفاعات (شكل رقم ١٤/ب)، والانحدارات (شكل رقم ١٤/جـ)، والاتجاهات الثمانية (شكل رقم ١٤/د)، لينتج عن ذلك الدمج بيانات فريدة مولدة، كما هو الحال في شكل رقم ١٤/ د الناتج من دمج خصائص التضاريس في طبقاتها الثلاثة مع بعض، أو في شكل رقم(١٤) والذي نتج من دمج الطبقات الأربع مع بعضها البعض لينتج ٢١١٥ فئة متميزة، كون كل منها تفاعل الطبقات الأربع. وفي مرحلة تالية صُنفت بيانات مؤشر OSAVI إلى خمس فئات بناء على حالة الغطاء النباتي cover condition[1]، ثلاث منها للفئات النباتية (للقيم التي تتراوح بين صفر - ٠,٨)، والتي كانت إحداها (٠,٤ — ٠,٨)) للغطاءات النباتية الغنية جداً، وهي



شكل رقم (١٤). سلسلة تحليل خصائص التضاريس ومساحة الغطاء النباتي منفردة ومجتمعة.

(أ) القيم الموجبة لمؤشر OSAVI مصنفة إلى ثلاث فئات، (ب) دمج المساحات الخضراء وفئات الارتفاع، (ج) دمج فئات الانحدار والمساحات الخضراء (د) دمج الاتجاهات الثمانية مع المساحات الخضراء، (و) دمج طبقات الارتفاع والانحدار والاتجاه (هـ) دمج الطبقات الأربعة جميعا.

لغطاءات علوية overstory من أشجار الزيتون البري *Olea chrysophylla* في الغالب والمختلط بالعرعر *Juniperus procera* في بعض المواقع، وغطاءات سفلية understory كثيفة خضراء تغطي معظم سطح التربة خاصة في الأجزاء

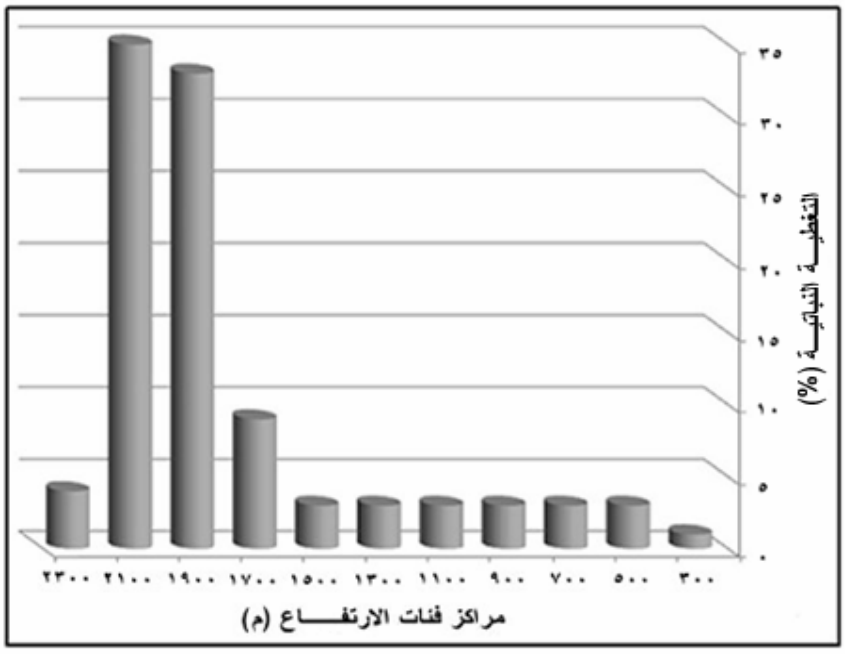
الدنيا من السفوح (انظر للمثال لوحة رقم ١). والفئة الثانية هي للغطاء النباتي الأقل كثافة من الفئة السابقة والتي تراوحت تغطيته للتربة بين ٦٠٪ - ٨٠٪ وهي لمجمل مساحة الغابات المتصلة في بلاد دوس بني فهم وبني حسن ابتداء من غابات برحرح شمالا إلى غابة الأنصب جنوبا، وتبلغ مساحة هذه الفئة نحو ١٤٦ كم^{٢}. والفئة الثالثة هي الغطاءات النباتية الفقيرة نسبيا والتي تقل تغطيتها لسطح التربة عن ٦٠٪، وهي تنتشر كغطاء شجري متبعثر مع غطاء فقير سفلي خاصة في بعض الأجزاء العليا من السفوح الشديدة الانحدار. والهدف من هذا التصنيف هو دمج طبقة OSAVI المصنفة مع بقية الطبقات المتعلقة بخصائص التضاريس للوصول إلى تفصيل أكبر حول تأثير الخصائص التضاريسية منفردة ومجتمعة على حالة النبات من حيث الكثافة وفقاً للتصنيف المشار إليه آنفا.

ومن دراسة الناتج عن دمج طبقة الارتفاع مع طبقة OSAVI، فإن هناك علاقة موجبة قوية بين زيادة مساحة الغطاء النباتي وزيادة الارتفاع باستثناء الارتفاعات المحصورة بين ٢٢٠٠م و ٢٣٣٦م، والتي يمكن تجاهلها لأنها لا تمثل سوى ٤٪ من مساحة منطقة الدراسة. وقد اتسمت الارتفاعات التي تقل عن ٦٠٠م بفقرها الشديد في المساحة الخضراء إذ لم تضم سوى ١٪ من إجمالي مساحة النبات في منطقة الدراسة. كذلك حوت الارتفاعات المحصورة بين ٦٠٠م و ١٦٠٠م فوق مستوى سطح البحر ما نسبته ١٨٪ فقط من مساحة الغطاء النباتي. وكانت أعظم مساحة للنبات، بما نسبته ٧٢٪ ، قد انحصرت بين ١٨٠٠م – ٢٣٣٦م فوق مستوى سطح البحر (شكل رقم ١٥). وفي هذا دليل واضح على التأثير الطاغي لعامل الارتفاع في التغطية النباتية. فقد تشكلت ثلاثة أرباع المساحات من النبات الغني في ارتفاع ينحصر مداه في ٥٠٠م تقريباً أو ما يعادل

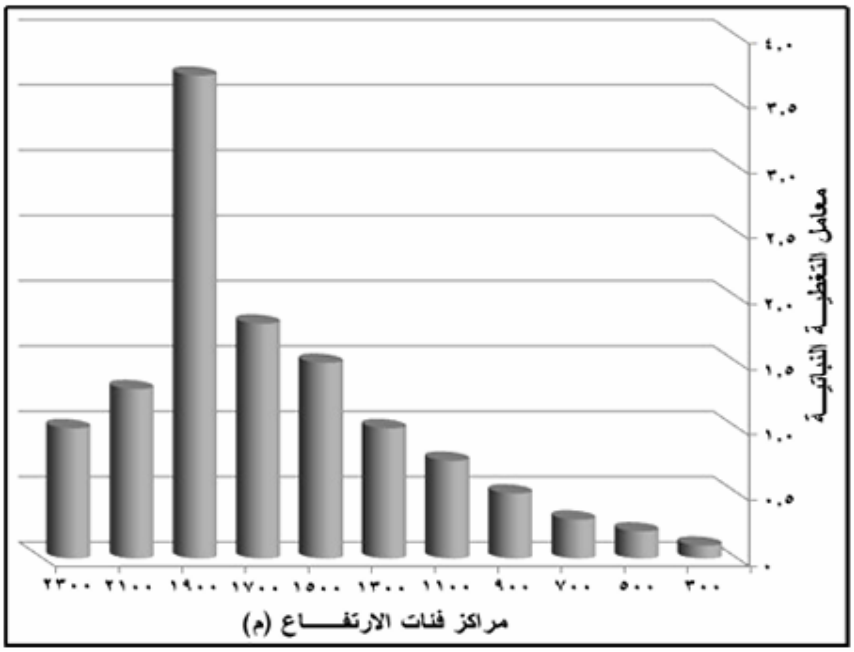
٢٦٪ فقط من مدى الارتفاع في منطقة الدراسة. بل أن ٦٦٪ من المساحات الخضراء انحصرت بين ارتفاعي ١٨٠٠م و ٢٢٠٠م فوق مستوى سطح البحر، أي في مدى ارتفاع قدره ٤٠٠م فقط. وقد تعزى المساحات الكبيرة للغطاء النباتي التي يتفق توزيعها مع بعض الفئات التضاريسية إلى عامل الامتداد المساحي لتلك الفئات التضاريسية أصلا، فقد تعظم مساحة النبات بزيادة مساحة الفئة. وللتأكد من ذلك، فقد حُسب محتوى كل فئة ارتفاع من خلايا المساحات الخضراء، ثم حولت إلى نسب مئوية، وبعدها قُسِّمت هذه النسب على نظيراتها في (نسبة مساحة الفئة) الواردة في جدول رقم (١)، ليتكون لدينا ما تسهم فيه بالفعل كل فئة ارتفاع فيما يتعلق بنمو النبات (شكل رقم ١٦)، وهو ما يمكن تسميته بمعامل التغطية النباتية لتقدير تركز أو انتشار النبات في إقليم ما. ويلاحظ من ذلك الشكل أن معامل التغطية النباتية يزيد بزيادة الارتفاع ابتداءً من ٢٧٣م وحتى ٢٠٠٠م فوق مستوى سطح البحر، حيث تنخفض قيمة المعامل بعد ذلك في الارتفاعات التي تتراوح بين ٢٠٠٠م و ٢٣٣٦م فوق مستوى سطح البحر. وقد سبق وأن أوردنا أن تلك الارتفاعات العالية جداً مشتركة بين المرتفعات الشرقية القاحلة والمرتفعات الغربية الغنية بالنبات، مما يجعل قيمة هذا المعامل تنخفض في هذه المناسيب العالية من الارتفاعات، بالإضافة إلى أن الارتفاعات المحصورة بين ٨٠٠م إلى ٢٠٠٠م فوق مستوى سطح البحر ذات مساحات صغيرة جدا لامتدادها العرضي الضئيل، ولذلك نرى أن معامل التغطية النباتية يسجل قيماً عالية لهذه الارتفاعات مقارنة مع الارتفاعات ذات المساحات الكبيرة التي تزيد في ارتفاعها عن ٢٠٠٠م فوق مستوى سطح البحر. وتظهر الارتفاعات المحصورة بين ١٨٠٠م – ٢٠٠٠م فوق مستوى سطح البحر كأكثر مستويات الارتفاع في جبال السروات

بيئةً ملائمةً لنمو النبات، مما يدعو إلى التحقق من الخصائص التضاريسية الأخرى التي تشترك مع هذه الفئة في مساحتها البالغة ١٦٪ من مساحة منطقة الدراسة.

أما بالنسبة لعامل الانحدار، فقد اتضح تأثيره في التوزيع المكاني للمساحات الخضراء من خلال استئثار الانحدارات المحصورة بين ١٠° - ٣٠° بنحو نصف مساحة النبات. ولم تضم المناطق المستوية والجرفية إلا على ما نسبته ١٠٪ فقط من تلك المساحة. ويتوزع ثلثي المساحات النباتية على المنحدرات التي يتراوح ميلها



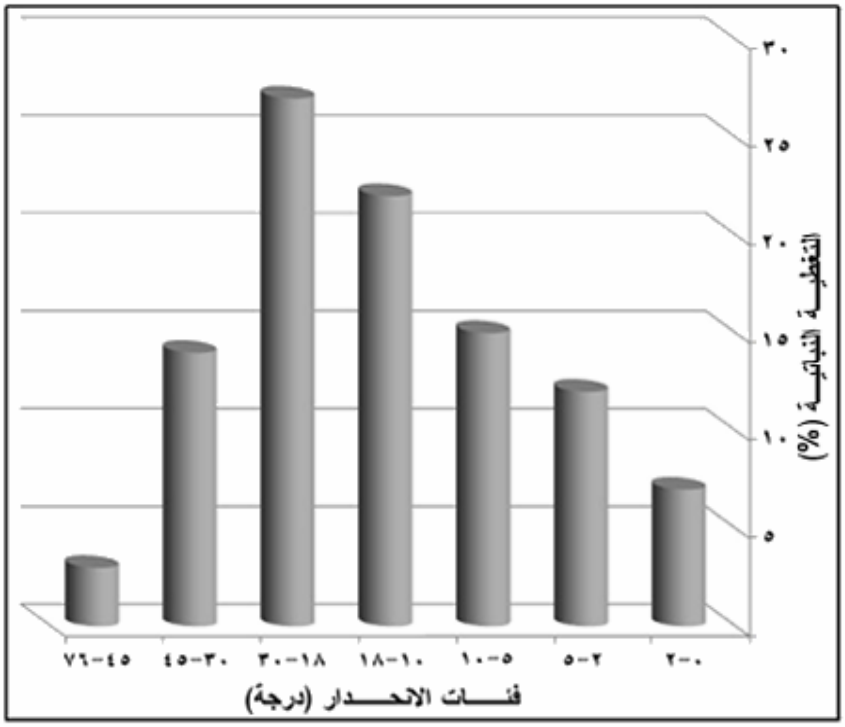
شكل رقم (١٥) مساحات النبات الخضراء موزعة على فئات الارتفاع.



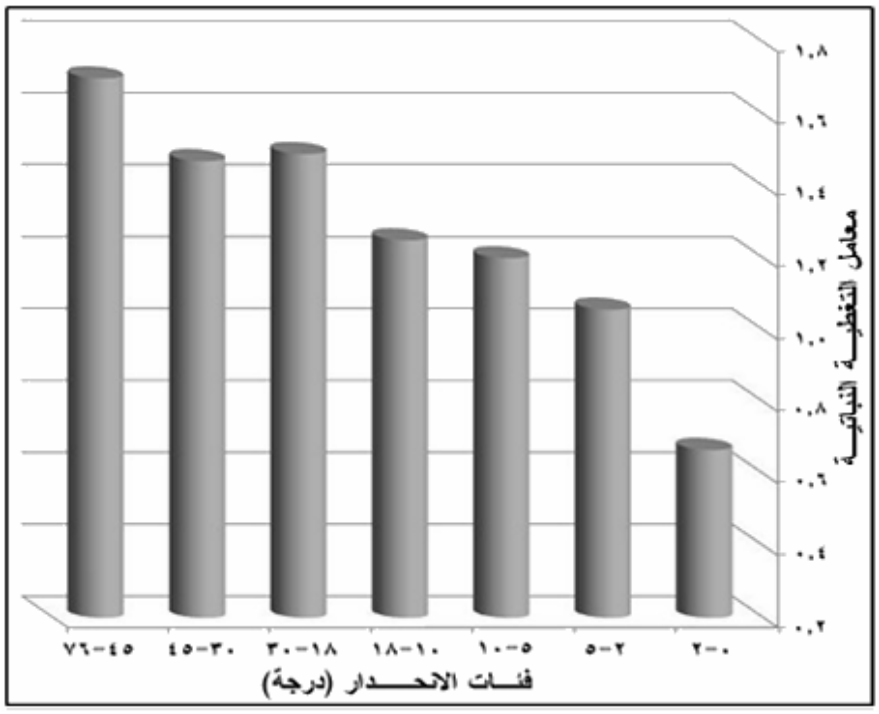
شكل رقم (١٦) معامل التغطية النباتية لجميع فئات الارتفاع في منطقة الدراسة.

بين ٥° - ٣٠°، وهذا يحدد بدرجة كبيرة المناطق الملائمة لنمو النبات عموماً في جبال السروات اعتماداً على عامل الانحدار فقط. ويلاحظ في شكل رقم (١٧) أن التغطية النباتية تزيد بزيادة الانحدار ابتداءً من صفر وحتى ٣٠°، عندها تأخذ بالنقصان مع زيادة الانحدار. وكأن هذا يشير إلى عدم تأثر التغطية النباتية بميل المنحدر حتى يصل إلى العتبة المحددة بميل ٣٠°. ومن المتوقع أن شدة الانحدار بعد هذه العتبة يساعد على عدم استقرار التربة وسهولة حركتها على المنحدرات أو جرفها مما يعيق نمو النبات وتكاثره بدرجة كبيرة. وقد لوحظ وجود مثل هذه العتبة وإن اختلفت قيمتها في دراسة أخرى تعلقت بتأثير ميل المنحدر على تعرية التربة (Kapolka and Dollhopf, 2001). وبحساب معامل التغطية النباتية لفئات الانحدار أيضا، فقد تبين أن هناك تركزاً في توزيع النبات مع زيادة الانحدار، كما

يتبين ذلك بوضوح من معامل التغطية النباتية في شكل رقم (١٨). ومع هذا فإنه ينبغي عند فحص هذا الشكل أن نضع في الاعتبار دور مساحة كل فئة من فئات الانحدار في حساب معامل التغطية النباتية، وأن نعود إلى شكل رقم (١١)، والذي نتبين منه أن فئات الانحدارات الخفيفة- المتوسطة (٥°- ١٨°) يتركز توزيعها في مناطق ظل المطر الواسعة المساحة على المنحدرات الشرقية لجبال السروات، بينما تتركز الانحدارات الشديدة- الجرفية في مناطق الأشفية ومحيطها والحافة الانكسارية ذات المساحات الصغيرة بحكم الامتداد العرضي الضيق، مما ينتج عنه قيماً أعلى لمعامل التغطية النباتية في مناطق المنحدرات الشديدة بالنظر إلى عامل المساحة. وبشكل عام فإنه يمكن القول بأن فئات الانحدارات المحصورة بين ٥° - ١٨° هي الأغنى بالنبات في مرتفعات جبال السروات بدليل أنها تسهم بنسبة ٣٦٪ من مجموع مساحة الغطاءات النباتية في منطقة الدراسة، يليها فئة الانحدارات الشديدة بنسبة ٢٧٪ من مساحة الغطاء النباتي، وأن الأفقر هي لفئة الانحدارت الجرفية ثم فئة الانحدارات المستوية والخفيفة. وهذا يؤكد على أن تأثير عامل الانحدار في نمو النبات في هذه المنطقة ليس مستقلاً عن عامل الارتفاع.



شكل رقم (١٧) التغطية النباتية وفقاً لفئات الانحدار.

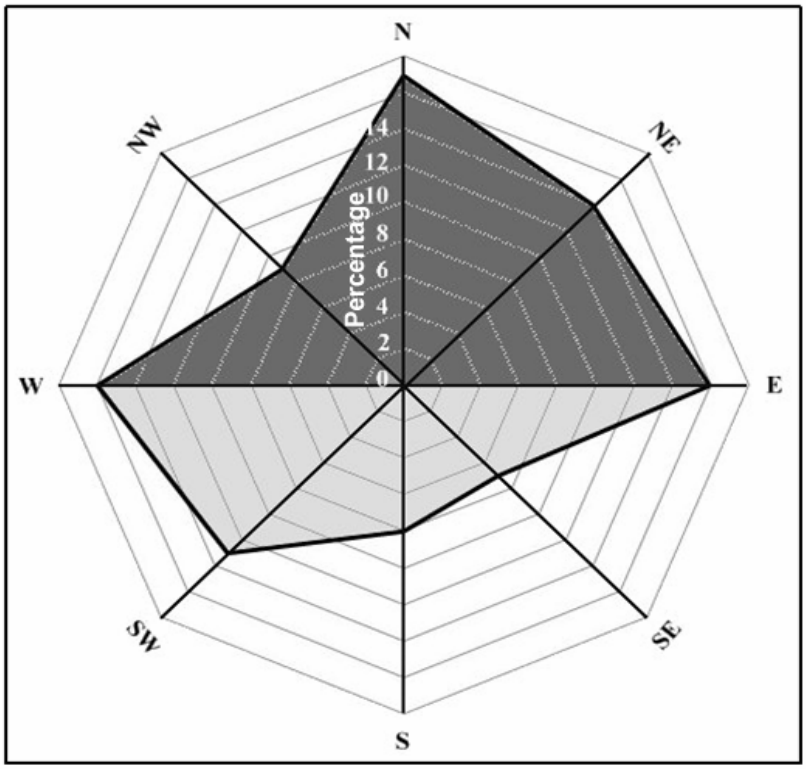


شكل رقم (١٨) معامل التغطية النباتية لفئات الانحدار.

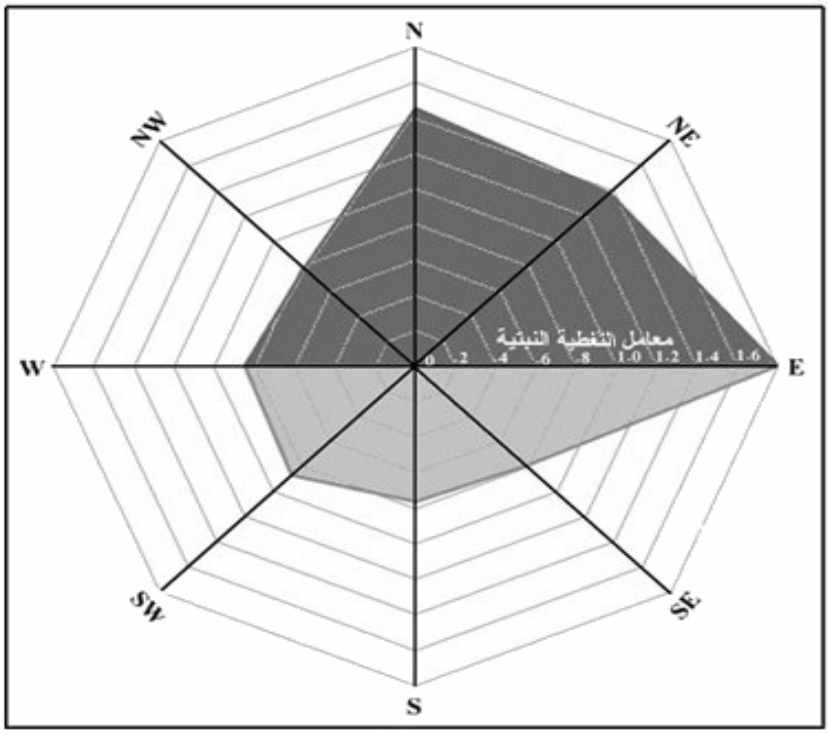
وفيما يتعلق بتوزيع التغطية النباتية على اتجاهات المنحدرات، فإن أقل اتجاهات السفوح احتواء على المساحات الخضراء كانت للجهات الجنوبية الشرقية بما نسبته ٧٪ ، يليها الجنوبية بما نسبته ٨٪ . وكانت القاعدة المستخلصة هي أنه كلما ابتعدنا عن الجهات الجنوبية زادت حصة الجهة من الغطاء النباتي (شكل رقم ١٩). وبالنظر إلى الاتجاه الثنائي للمنحدرات ما بين شمالي وجنوبي فقط، فقد تبين أن ٦١٪ من المساحات الخضراء يتفق توزيعها مع الاتجاه الشمالي للمنحدرات، وإن كانت المنحدرات الشمالية الشرقية أكبر مساحة في النبات من الجهات الشمالية الغربية كما يتبين ذلك بوضوح من خلال الشكل المشار إليه آنفا. ويتبين من النظر إلى شكل رقم (٢٠) أن معامل التغطية النباتية للجهات الشمالية والشرقية أعلى

بكثير من نظيراتها الجنوبية والغربية. ويلحظ أن تركيز المساحات الخضراء على السفوح الشرقية أكبر منها على السفوح الشمالية. وأقل قيمة لمعامل التغطية النباتية سجلت للسفوح الجنوبية المواجهة أكثر من غيرها لتركز الاشعاع الشمسي، يليها الغربية بفارق ضئيل. وبشكل عام فإن المنحدرات ذات الاتجاه الشمالي تتركز فيها المساحات الخضراء بمقدار أربعة أضعاف ما هو على المنحدرات الجنوبية، وهذا فرق كبير.

وبدمج الطبقات الأربع مع بعضها البعض لعموم منطقة الدراسة فقد ظهر أن النباتات الخضراء (الفئة الأولى في بيانات OSAVI المصنفة) تتركز بنسبة عالية مع الاتجاه الشمالي للمنحدرات ذات الميول المتوسطة إلى الشديدة في الارتفاعات المحصورة بين ١٨٠٠م - ٢٢٠٠م. كما تبين أن النباتات المتوسطة الغنى والفقيرة تميل إلى التركز على الانحدارات المتوسطة الميل التي تتراوح ارتفاعاتها بين ١٦٠٠م- ١٨٠٠م، بينما تكون النباتات أكثر كثافة وخضرة على المنحدرات الخفيفة إلى المتوسطة ذات الاتجاه الشمالي والشرقي في مناطق الارتفاعات التي تزيد عن ٢٠٠٠م. وقد لوحظ أن قيم مؤشر OSAVI المحصورة بين صفر و ٠,٢ (الفئة الثالثة في بيانات OSAVI المصنفة) لا تتأثر كثيراً بعامل الانحدار، إذ توزعت بنسب قريبة من بعض (١٢,٢٪- ١٥,٨٪) في جميع فئات الانحدار.



شكل رقم (١٩) العلاقة بين التغطية النباتية واتجاه المنحدرات.



شكل رقم (٢٠) معامل التغطية النباتية وفقاً لاتجاهات المنحدرات.

وبناء على ما سبق فإنه يمكن الوصول إلى تعميم ملخصه أن الارتفاع، يليه اتجاهات السفوح هما الأكثر تأثيراً في وجود النباتات وتغطيتها بجبال السروات بحكم تركز التغطية النباتية الجيدة في ارتفاعات محددة واتجاهات واضحة للمنحدارت. كذلك فإن الاتجاهات الشمالية ذات الانحدارات المتوسطة إلى الشديدة (١٠° - ٣٠°) التي يتراوح ارتفاعها بين ١٨٠٠م - ٢٢٠٠م هي الأكثر ملاءمة لنمو النبات على امتداد جبال السروات في جنوب غرب المملكة العربية السعودية. ويمكن الاستفادة من هذا التعميم في قيام الأنشطة الزراعية، وحصر المتنزهات الطبيعية على سفوح جبال السروات، وفي التشجير الذي تمارسه البلديات، وكذلك في نظم الأحمية وإدارة المراعي، والنزل السياحية وغير ذلك مما يتصل بإدارة الموارد الطبيعية.

الخاتمة :

عنيت هذه الدراسة بفحص العلاقة بين خصائص متعددة للتضاريس وبين التغطية النباتية في منطقة بلاد زهران الواقعة في جبال السروات، جنوب غرب المملكة العربية السعودية، وذلك باتباع منهج تقني في الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. وقد تم التركيز في هذه الدراسة على ثلاث خصائص تضاريسية، هي: الارتفاع، وزاوية ميل المنحدرات، واتجاه المنحدرات. وقد اتضح أن التغطية النباتية بمنطقة الدارسة تزيد بزيادة الارتفاع على الرغم من امتداد التضاريس الشمالي الجنوبي الذي كون منطقة ظل مطر في مساحة واسعة شرق منطقة الدراسة، والتي تتميز بارتفاعها ومع ذلك فقر نباتها. كما تبين أن منسوب ارتفاع ١٨٠٠م على امتداد الحافة الانكسارية يمكن أن يعد خطاً واضحاً للفصل بين غنى النبات وفقره كما ونوعاً. واتضح من هذه الدراسة أيضا أن التغطية النباتية تكون أكبر مع زيادة الانحدار وحتى ٣٠ درجة، بعدها تبدأ التغطية النباتية تقل مع زيادة الانحدار. كما ظهر من خلال هذه الدراسة أن المنحدرات الجنوبية بشكل عام أفقر نباتاً من المنحدرات الشمالية وهذا ما يتفق مع نتائج بعض الدراسات السابقة التي طبقت في بيئات متعددة من الكرة الأرضية. ومع هذا فإن التفصيل في ذلك يظهر أن المنحدرات الشرقية أكبر تغطية في النبات من المنحدرات الشمالية، وأن الأفقر نباتا هي المنحدرات الجنوبية، يليها الغربية. وظهر من هذه الدراسة أيضا أن عامل الارتفاع يليه عامل اتجاه السفوح هما الأكثر تأثيراً في نمو النباتات وتكاثرها في جبال السروات. وقد تبين أن أكثر خصائص التضاريس ملاءمة لنمو النباتات وتكاثرها في جبال السروات هي لتلك المنحدرات المتوسطة إلى الشديدة الميل ذات الاتجاه الشمالي التي يتراوح ارتفاعها ما بين ١٨٠٠م - ٢٢٠٠م فوق مستوى

سطح البحر. وبالإضافة إلى ما سبق فإن التحقق من تأثير خصائص التضاريس في النبات قد أمكن على مستويات عدة ابتداء من مساحة الخلية وانتهاء بمساحة منطقة الدراسة إجمالا.

* * *

فهرس المراجع :

- البارودي، محمد (٢٠٠٨م). **أثر الوحدة الجيومورفولوجية على خصائص النبات الطبيعي الشجري في البيئة الجافة (دراسة حالة لأودية جنوب مدينة مكة المكرمة)**. مجلة جامعة أم القرى للعلوم التربوية والاجتماعية والإنسانية، ٢٠(١): ٣٨٥- ٤٣٣.
- الزهراني، حسن (٢٠٠٣م). **دراسة على الغطاء النباتي والنظام لجبال بني سعد، جنوب مدينة الطائف**. مجلة جامعة أم القرى للعلوم التطبيقية والطبية والهندسية، ١٥(١): ٩- ٢١.
- الشهري، نورة سعد (٢٠٠٦م). **الخصائص المناخية لمنطقة الباحة الإدارية**. رسالة ماجستير غير منشورة مقدمة إلى قسم الجغرافيا بجامعة أم القرى، مكة المكرمة.
- الغامدي، عبدالرحمن (٢٠٠٧م). **تأثير حرائق الغابات على التنوع الشجري في غابات منطقة الباحة.** رسالة ماجستير غير منشورة مقدمة إلى قسم التنوع الأحيائي بجامعة الملك سعود، الرياض.
- النافع، عبداللطيف (٢٠٠٤م). **الجغرافيا النباتية للملكة العربية السعودية**. مطابع نجوم المعارف، الرياض.
- وزارة المياه (٢٠٠٥م). **معلومات الأمطار الشهرية في المملكة العربيةالسعودية**، الرياض.

Abulfatih, H. (1992). Vegetation zonation along an altitudinal gradient between sea level and 3000 meters in Southwestern Saudi Arabia. *J. of King Saud Univ., Science, 4(1): 57-97.*

Armesto, J. and J. Martinez (1978). Relations between vegetation structure and slope aspect in the Mediterranean Region of Chile. *The Journal of Ecology, 66(3): 881-889.*

Auslander, M., E. Nevo, and M. Inbar (2003). The effects of slope orientation on plant growth, developmental instability and susceptibility to herbivores. *Journal of Arid Environments 55: 405–416.*

Badano, B., L. Cavieres, M. Molina-Montenegro and C. Quiroz (2005). Slope aspect influences plant association patterns in the

Mediterranean matorral of central Chile. *Journal of Arid Environments,* 62(1): 93-108.

Bale, C., J. Williams and J. Charley (1998). The impact of aspect on forest structure and floristics in some Eastern Australian site. *Forest Ecology and Management, 110: 363-377.*

Burke , A. (2002). Properties of soil pockets on arid Nama Karoo

inselbergs–the effect of geology and derived landforms. *Journal of Arid Environments* , 50: 219–234

Burrough, A. (1987). Principles of geographic information systems for land resources assessment. Clarendon Press, Oxford, UK.

Greenwood, W. (1975). *Geology of the Jabal Ibrahim Quadrangle*, Sheet 20/41 C, Ministry of Petroleum and Mineral Resources, KSA.

Holland, P. and D. Steyn (1975). Vegetational response to latitudinal Variations in slope angle and aspect. *Jouranal of Biogeography, 2:179-183.*

Kakembo, V., K. Rowntree and A. Palmer (2006). Topographic controls on the invasion of *Pteronia incana* (Blue bush) onto hillslopes in Ngqushwa (formerly Peddie) district, Eastern Cape, South Africa**.** *CATENA, 70(2): 185-199.*

Kapolka N. and D. Dollhopf (2001). Effect of slope gradient and plant growth on soil loss on reconstructed steep slopes. International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment, Vol 15(2): 86-99.

Kostka, Z. (1994). Study of Soil Moisture Spatial Distribution in Mountain Catchment Using GIS. *EGIS : 1042-1048.*

Jonathan, B., M. Hill, R. Baxter, B. Huntley (2006). Influence of slope and aspect on long-term vegetation change in British chalk grasslands. *Journal of Ecology*, 94 (2). 355-368.

Luyssaert S., J. Mertens, P. Vervaeke, B. de Vos, and N. Lust (2001). Preliminary results of afforestation of brackish sludge mounds. *Ecological Engineering 16 (2001) 567–572*

Nevo, E., (1997). Evolution in action across phylogeny caused by

microclimatic stresses at ''Evolution Canyon''. *Theoretical Population Biology 52, 231–243.*

Nicolau, j., M. Moreno and T. Espigares (2005). Ecohydrology of rilled slopes derived from opencast mining reclamation in a semiarid area. *Geophysical Research Abstracts, Vol. 7: 1-8.*

Rezaei, S. and R. Gilkes (2005). The effects of landscape attributes and plant community on soil physical properties in rangelands. *Geoderma, Volume 125: 145-154*

Rezaei, S., H. Arzani, and D. Tongway (2006). Assessing rangeland capability in Iran using landscape function indices based on soil surface attributes. *Journal of Arid Environments: 65 (2006) 460–473*

Rondeaux, G., M. Steven, and F. Baret (1996). Optimization of soil-adjusted vegetation indices" . *Remote Sensing of Environment,* 55, 95-107.

Steven, M. (1998). The sensitivity of OSAVI vegetation index to observational parameters". *Remote Sensing of Environment, 63*: *49-60.*

Sternberg, M. and M. Shoshany (2001). Influence of slope aspect on Mediterranean woody formations: Comparison of a semiarid and an arid sites. *Ecological Research, 16(2): 335-345.*

USDA-SCS (1985). National Engineering Handbook, Section 4. U.S. Government Printing Office. Washington, D.C.

Wilkinson, M. and M. Humphreys (2006). Slope aspect, slope length and slope inclination controls of shallow soils vegetated by sclerophyllous heath : links to long-term landscape evolution. *Geomorphology 76(3-4): 347-362.*

* * *