جامعة المنوفية
مركز البحوث الجغرافية
والكارتوجرافية
بمدينة السادات

مجلة مركز البحوث الجغرافية
والكارتوجرافية

العدد الثاني

التحليل المورفومتري لمنحدرات الكثبان الطولية في منخفض وادي الريان

دراسة جيومورفولوجية

دكتور
عواد حامد موسى
مدرس الجغرافيا الطبيعية
كلية الآداب جامعة المنوفية

٢٠٠٤

المحتويات

الموضوع	الصفحة
مقدمة	٩٥
أهداف الدراسة	٩٨
طريقة الدراسة ونظام الرياح بالمنطقة	٩٨
تحليل أبعاد الكثبان	١٠٤
الخصائص الكمية لقطاع المنحدرات	١٠٥
تحليل زوايا الانحدار	١٠٨
تحليل أشكال المنحدرات والعوامل المؤثرة فيها	١١٩
الخلاصة	١٢٥
المراجع	١٢٨

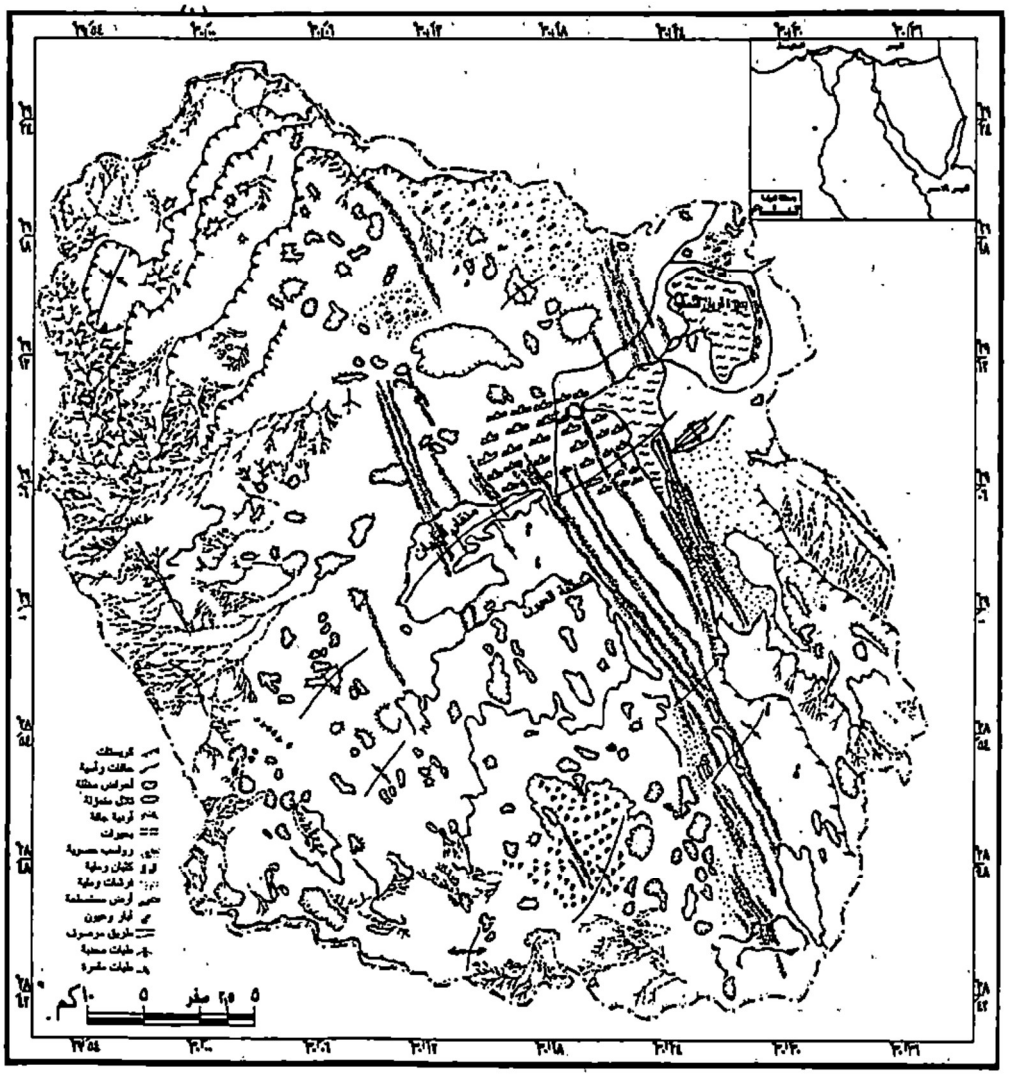
مقدمة:

يعد منخفض وادي الريان أحد منخفضات الصحراء الغربية القريبة من وادي النيل فيقع إلى الجنوب والجنوب الغربي مباشرة من منخفض الفيوم، ويحده من الشرق وادي النيل في محافظتي بني سويف والمنيا ومنخفض الفيوم، ومن الغرب طريق القاهرة الواحات البحرية، ويحده من الجنوب امتداد الهضبة الجيرية الميوسينية.

ويقع بين دائرتي عرض ٤٢َ- ٢٨ْو٢٨َ-٢٩ْشمالاً وبين خطي طول ٤٨َ-٢٩ْو٤٥َ-٣٠ْ شرقاً، ويشغل المنخفض مساحة تقدر بحوالي ٥٠٤٠ كيلومتراً مربعاً، ويصل أعمق جزء في المنخفض إلى ٦٤متراً تحت مستوى سطح البحر، وبذلك يعد منخفض وادي الريان ثاني أعمق منخفضات الصحراء الغربية بعد منخفض القطارة شكل(١)(عبد الباقي، ١٩٩٣، ص١).

وتعتبر الكثبان الطولية في منخفض وادي الريان من أوضح أشكال السطح، حيث تغطي مساحة تقدر بحوالي ٤٣١كم٢ أي ما يمثل حوالي ٨,٦% من مساحة المنخفض، وبالرغم من سيادة هذا النوع من الكثبان في الصحراء الغربية، حيث أنه يمثل أكثر أنواع الكثبان الرملية انتشاراً فيها، إلا أن معظم الدراسات التي تناولت الكثبان الرملية في مصر ركزت على الكثبان الهلالية في منخفضات الصحراء الغربية.

وتنتشر الكثبان الطولية في الجزء الأوسط من منخفض وادي الريان وتمتد من الشمال والشمال الغربي صوب الجنوب والجنوب الشرقي لمسافة ٨٤كيلومتر، وتتوزع في نطاقين هما: **نطاق القاع**، ويعتبر هذا النطاق هو التجمع الرئيسي في المنخفض ويمتد إلى الغرب من بحيرات المنخفض في اتجاه الجنوب والجنوب الشرقي، ويغطي مساحة تقدر بحوالي ٣٢٦كم٢ (٧٦% من المساحة المغطاة بالكثبان)، وهذا النطاق عبارة عن كثبان طولية بسيطة متوازية تفصل بينها مسافات تصلح للسير عبرها، ويتسم هذا النطاق بوجود النباك الرملية به خاصة بالقرب من البحيرات. أما **النطاق الثاني** فهو نطاق الحواف المنفردة، وهو عبارة عن كثبان طولية منفردة تأخذ نفس اتجاه النطاق الأول وتغطي مساحة تقدر بحوالي ١٠٥كم٢ (٢٤% من المساحة المغطاة بالرمال) وترتبط الكثبان الطولية في



المصدر / جمال عبد الباقى ، ١٩٩٣ .

شكل رقم (١) موقع منخفض وادى الريان .

هذا النطاق بظاهرات تضاريسية أخرى مثل التلال والحافات والتي ترتبط بها الكثبان الطولية الصاعدة والهابطة.

وعلى الرغم من أن الكثبان الطولية من أبسط أنواع الكثبان الرملية إلا أنها تختلف عن بقية أنواع الكثبان من حيث الشكل والحركة والامتداد الطولي الذي يفوق عرضه والحافات المتوازية والمسافات البينية المتساوية تقريباً بين الكثبان بعضها البعض والدوامات الحلزونية من أهم الخصائص المورفولوجية التي تميزها عن غيرها(lancaster , 1982) نقلا عن (علي، ١٩٩٩، ص٣٣٥).

وتتكون الكثبان الطولية من جانبين ينحدران في اتجاهين متضادين أحدهما مواجه للرياح، والآخر في ظل الرياح ويلتقيان في حافة قد تكون حادة أحيانا أو محدبه في أحيان أخرى، ويطلق على هذه الحافة خط القمم حيث تمتد القمم على طولها ويفصل بينها أجزاء منخفضة تسمى السروجsaddles (Tsoar, 1978 p.26).

وقد يتكون من أكثر من حافة تتسم بأنها تتباعد عن بعضها البعض بمسافات متماثلة تقريباً، وتمثل أعداد الحافات أحد مقاييس تصنيف الكثبان بين كثبان طولية بسيطة ومركبة ومعقده، كما يستخدم بجانب عدد الحافات وجود الأشكال الرملية الأخرى المتراكمة على الكثيب مثل الكثبان الهلالية والنجمية ويستخدم أيضا ارتفاع القمم وطول وعرض الكثيب في التصنيف، وتتباعد الكثبان بمسافات متساوية تقريباً وقد أطلق عليها تعبير أراضي ما بين الكثبان الطولية أو طول الموجه، وبتطبيق هذه المقاييس على الكثبان الطولية في منخفض وادي الريان يتبين أنها من الكثبان الطولية البسيطة حيث تتسم بأنها ذات حافة واحدة، تفصل بينها مسافات متساوية تقريباً، ويتراوح عدد القمم عليها ما بين قمتين و ١١قمة، وتتراوح المسافة بين القمم ما بين ٣٠متر إلى ٨٠ متراً، ويتراوح طول الكثيب في منطقة الدراسة ما بين ٨٥٠متراً و١٥٠متراً خاصة في كثبان العينة المختارة وتتسم القمم بأنها قليلة الارتفاع في الأطراف الشمالية للكثبان وتزداد ارتفاعاً في اتجاه منصرف الرياح ثم تقل مرة أخرى عندما تقترب من مقدمة الكثيب.

وعلى الرغم من أنه قد توافر في الفترة الأخيرة العديد من الدراسات عن الكثبان الرملية في أنحاء مختلفة من أقاليم المناطق الجافة في العالم مما ساهم في إرساء أسس عامة في مثل هذه الدراسات، إلا أنه لا زالت هناك حاجة إلى المزيد من الدراسات التفصيلية عنها سواء في المناطق التي تم أو لم تتم فيها أية دراسة

للتعرف على أوجه التباين في بعض السمات المعروفة، ومن ثم فإن دراسة منحدرات الكثبان الطولية في منخفض وادي الريان تلقي الضوء على جوانب لم تكن معروفة أو تلقي مزيداً من الضوء على جوانب أخرى معروفة، ومما يوجب الاهتمام بدراسة منحدرات الكثبان الطولية لمنطقة الدراسة ومعالجتها كميًا، أن الكثبان الطولية تتميز بحركة الرمال على أجسامها مما يؤدي إلى تغير مورفولوجيتها والعمل على نمو وزيادة أطوالها في اتجاه منصرف الرياح، مما يعرض الطريق الذي يمر بقاع المنخفض إلى عملية السفي والردم بواسطة الرمال وكذلك يعرض مناطق الاستثمار الزراعي في قاع المخفض للخطر حيث تعتبر الكثبان الرملية من أهم المعوقات الرئيسة لمشروعات التنمية البشرية والاقتصادية الطموحة في أية منطقة.

ويعد التحليل المورفومتري أحد أهم جوانب الدراسات الجيومورفولوجية حيث أنه يعطي تحديدًا دقيقًا للأبعاد المختلفة للظاهرة بالإضافة إلى تحديد العلاقات بين هذه الأبعاد. ويتم التحليل المورفومتري لأبعاد مقاسه من مصادر مختلفة مثل الخرائط والصور الجوية والمرئيات الفضائية والدراسة الميدانية، أو من أحد هذه المصادر، وقد اعتمدت الدراسة الحالية على الدراسة الميدانية.

أولاً: الهدف من الدراسة

يهدف البحث الحالي إلى التعرف على الجوانب الآتية:-

١- تحليل الخصائص الكمية لقطاعات المنحدرات.

٢- تحليل زوايا الانحدار.

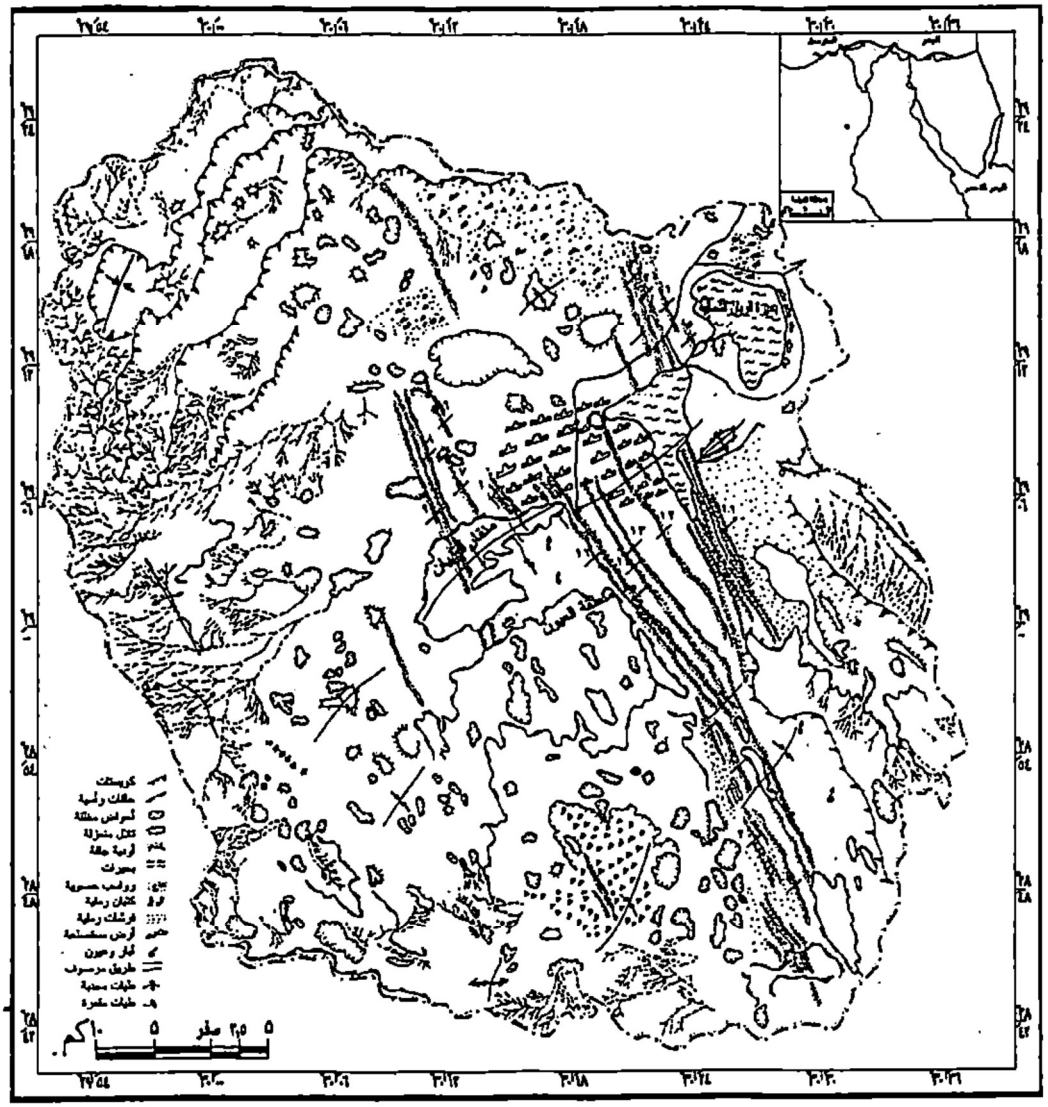
٣- تحليل التقوس.

ثانيًا: طريقة الدراسة ونظام الرياح بالمنطقة

١- طريقة الدراسة:

خضعت الدراسة الحالية للمسح الميداني لعدد ٢٠ كثيبًا طوليًا من مواقع مختلفة كما في الشكل (٢) وكان توزيعها الجغرافي على الوجه التالي:-

- ٥ كثبان غرب وشرق الطريق بالقرب من البحيرات الشمالية والجنوبية.
- ١٠ كثبان في منطقة العيون.
- ٥ كثبان شمال وجنوب منطقة المنقار.



شكل رقم (٣) مواضع قطاعات الكثبان الطولية فى منخفض وادى الريان .

ويتراوح ارتفاع الكثبان الطولية المختارة للدراسة بين ٣,٥متر و ١٥متـرًا، وتتراوح أطوالها بين ١٥٠متر ٨١٠ مترًا وعرضها بين ٣٦,٥ متر ١١٩,٥ومتراً، وفيما يلي شرح للطرق التي اتبعت في الدراسة الميدانية وحساب معـدل التقـوس لشكل المنحدر.

١-١ قياس أبعاد الكثبان:

تم قياس ثلاثة أبعاد للكثبان الطولية وهي الطول والعرض والارتفـاع وقـد قيس الطول في أثناء إجراء الدراسة الميدانية لمواضع الكثبان المختـارة السـابق ذكرها، أما فيما يتعلق بالعرض والارتفاع فقد تم قياسهما بعد رسم القطاع العرضي لكل كثيب.

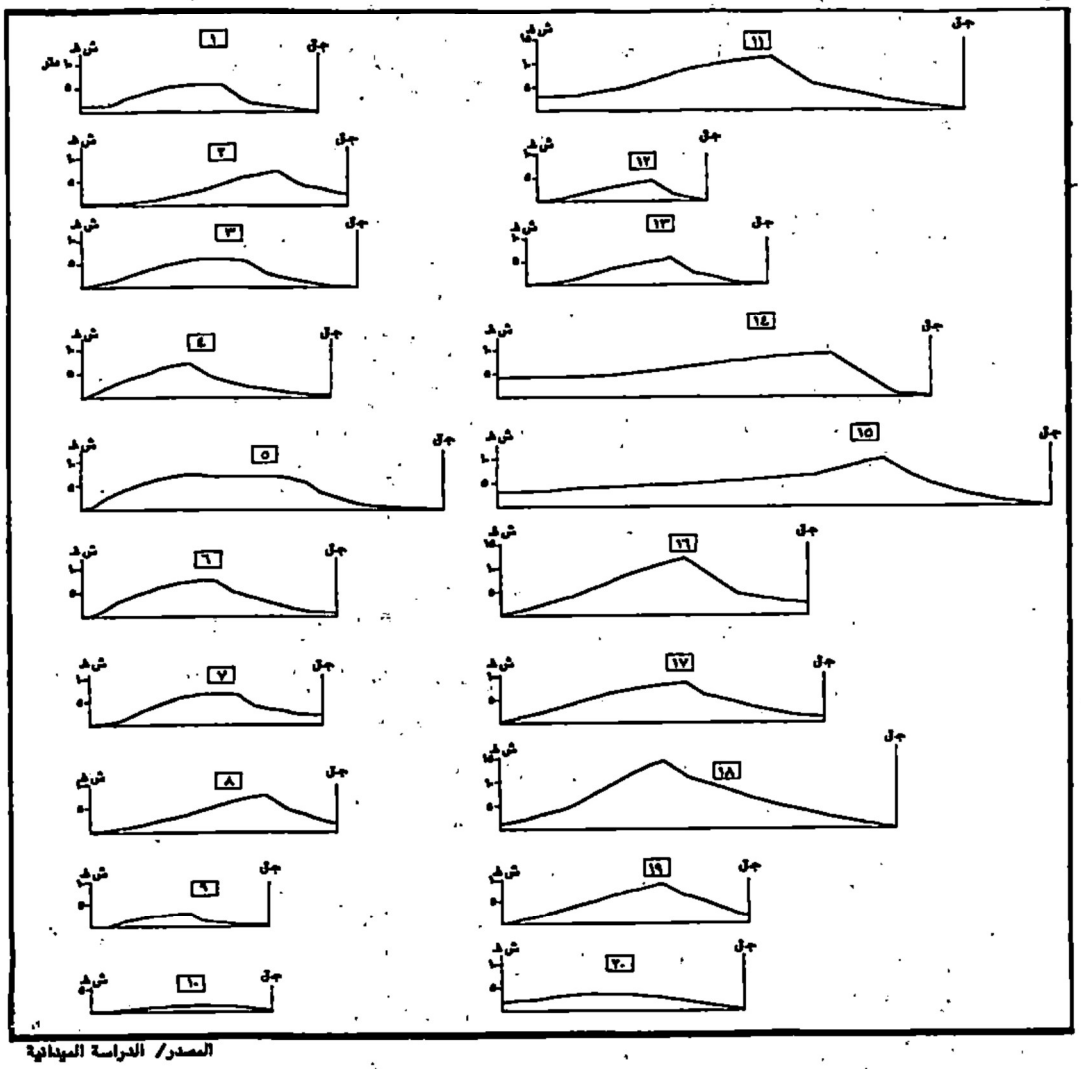
١-٢ قياس زوايا الانحدار:

اعتمدت الدراسة الميدانية على مسح قطاعات أرضية (على طول المحور العرضي للكثبان الطولية) شكل رقم(٣) وتم مسح القطاع عن طريق سلسلة مـن القياسـات لزوايا الانحدار على مسافات أرضية متساوية كل مسافة أرضية تساوي متراً واحد فقط أو أقل إذا لزم الأمر، نظراً لأن أسطح الكثبان الرملية تتسم بالتغير التـدريجي الطفيف في زوايا الانحدار ومن هنا كان من الضروري القيـاس علـى مسـافات قصيرة، وتم قياس زوايا الانحدار بواسطة جهاز أبني٠ Abney level وكانت نقطة القياس من أعلى نقطة على الكثبان أي في اتجاهين متضاديين :-

١-٣رسم القطاعات وتحليلها:

زوايا الانحدار هي تلك الزوايا المقاسة في الطبيعة علـى طـول خطـوط قطاعات المنحدرات واستخدمت القراءات الخاصة بهذه الزوايا في إنشاء المدرجات التكرارية لإبراز سمات زوايا الانحدار والزوايا المميزة والزوايا الحدية وتصـنيف زوايا الانحدار (إمبابي وعاشور، ١٩٨٣، ص١٢١، ١٣٢)، (جـودة وآخـرون، ١٩٩٠، ص٣٩٦ - ٤٠٦) ، (Embabi, 1976,P.18 – 21) Young 1972, P. 161–178

وقد تم تصنيف زوايا الانحدار على القطاعات العرضية للكثبـان الطوليـة على أساس طبيعة الانحدار إلى عدة فئات كما يوضحها الجدول رقم(١).



المصدر/ الدراسة الميدانية

شكل رقم (٣) قطاعات عرضية للكثبان الرملية الطولية التي تم قياسها في منطقة الدراسة

جدول رقم(١) تصنيف زوايا الانحدار

فئة الانحدار	طبيعة الانحدار
صفر -٩	لطيف
١٠ – ٢٤	متوسط
٢٥ – ٣٩	شديد

١-٤ تحليل التقوس :

عرف (Young – 1972, P137) تقوس السطح بأنه معدل التغير في زاوية الانحدار مع المسافة الأرضية في اتجاه الانحدار الحقيقي ويعبر عنه بالدرجات لكل مائة متر، وتوجد طريقتان لقياس معدل التقوس.

الطريقة الأولى : استخدمها (Young – 1972 – P139) * .

الطريقة الثانية : استخدمها Abd-ElRahman, et .al 1980, p.p32-34**

٢- نظام الرياح في المنطقة :

ونظراً لعدم وجود بيانات مناخية تتعلق باتجاه وسرعة الرياح في منطقة الدراسة، سيعتمد الباحث على بيانات محطة الفيوم باعتبارها أقرب المحطات لمنطقة الدراسة ويتوافر فيها بيانات عن اتجاه وسرعة الرياح. فمن خلال الجدول رقم (٢) والشكل رقم (٤) يتبين الآتي:

- تهب الرياح من جميع الاتجاهات ولكن بنسب متباينة، فقد بلغت أقصي نسبة هبوب للاتجاه الشمالي حوالي ٤٢,٥% بينما بلغت أدني نسبة هبوب للاتجاه الشرقي حوالي ١,٨% من نسبة هبوب الرياح.
- الاتجاه السائد هو: الرياح الشمالية بقسمها الشمالي الشرقي والشمالي الغربي في المنطقة، حيث يقدر المتوسط السنوي لنسبة هبوبها حوالي ٧٣,٥% من نسبة هبوب الرياح، وهي إن كانت تختلف نسبة هبوبها (الرياح الشمالية بقسيمها) من شهر إلى آخر على مدار السنة فترتفع نسبة هبوبها في الفترة من مايو إلى نوفمبر (نصف السنة الصيفي) وتصل أقصى نسبة هبوب لها في شهر أغسطس وهذا الاتجاه يتمشى مع الاتجاه العام للكثبان الرملية بالمنخفض.

---

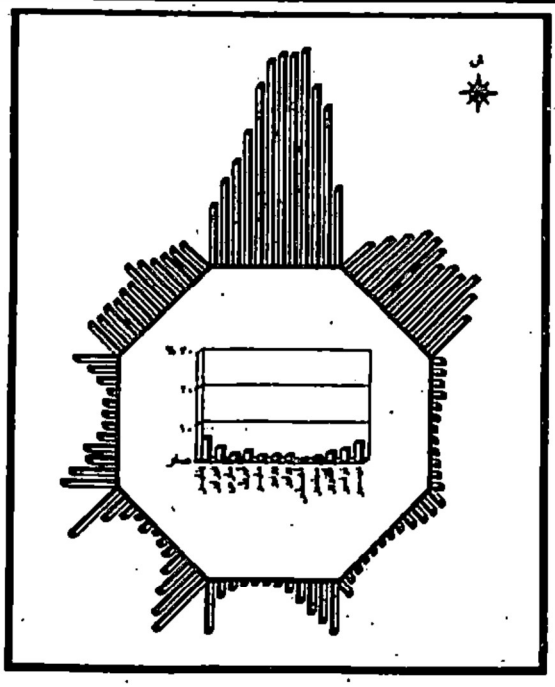
* معدل التقوس = أ + ب ÷ م × ١٠٠ ، حيث أن (أ) = درجة الانحدار عند طرفي العنصر، و(ب) = درجة الانحدار عند الطرف الآخر، و (م)، المسافة الأرضية.

** معدل التقوس = أ- ب على متوسط المسافة بين أ و ب، حيث أن (أ) = درجة الانحدار عند طرفي العنصر، و(ب) = درجة الانحدار عند الطرف الآخر.

- على الرغم من هبوب الرياح من جميع الاتجاهات إلا أن معظم الرياح ٩٣,٥% ضعيفة السرعة (١-١٠عقده) وهي بهذا تكون عديمة الأهمية بالنسبة لتكـوين وحركة ونمو الكثبان الرملية.
- أن الرياح المؤثرة والتي تبلغ سرعتها (١١عقدة فأكثر) تشـكل حـوالي ٣,٩% وهذه هي الرياح التي تستطيع إزالة الرمال وتكوين الكثبان.

جدول(٢) المعدلات الشهرية لاتجاهات الرياح وسرعتها، محطة الفيوم ٦٢-١٩٧٥م

الاتجاه / الشهور	ش	س ق	ق	← ق	←	جـ ← شـ	شـ	ش شـ	نسبة التكرار %	نسبة السكون%	أقل من ١٠ عقده	أكثر من ١٠عقده
يناير	١٧,٢	١٠,١	٢,٧	٤,٦	١٣,٦	١٩,١	١٣,٩	١١,١	٠,٨	٦,١	٩٠,٤	٣,٥
فبراير	٢٤,٢	١٥,١	٢,٨	٤,٨٠	١٠,٧	١٥,٩	١١,٦	١٠,٣	١,٢	٣,٦	٩٢,٦	٣,٩
مارس	٢٩,٥	١٩,٤	٢,٥	٤,٢	٨,٤	١١,٢	٧,١	١١	٠,٩	١,٨	٩١,٢	٧,٠
أبريل	٣٧,٤	٢٣,٧	٢,٩	٣,٠	٥,٢	٦,٣	٧,٨	١٠,٥	٠,٩	٢,٣	٩٠,٥	٧,٢
مايو	٥٠,٢	٢٤,٤	١,٥	١,٣	٢,٣	٢,٧	٤,٢	١١,٤	٠,٨	١,٢	٩٢,١	٦,١
يونية	٥٧	٢٣,٣	١,١	٠,٥	٠,٨	١,٧	٢,٧	١١,٣	٠,٢	١,٤	٩٣,٩	٤,٧
يوليو	٥٨,٩	١٩,٤	٠,٦	٠,٢	٠,٤	٠,٦	٢,٦	١٥,٣	٠,٥	١,٥	٩٧	١,٥
أغسطس	٥٨,٨	٢٣,١	٠,٥	٠,٢	٠,٣	٢,٦	٣,٨	١٣,٦	٠,٦	٠,٥	٩٨,٧	٠,٨
سبتمبر	٦٠	٢١,٤	٠,٨	٠,٤	٠,٧	١,٢	١,٥	١١,٦	٠,٣	١,١	٩٦,٨	٢,١
أكتوبر	٤٩,٨	٢٤	١,٥	٠,٩	١,٧	٣,٨	٤,٥	١٠,٦	٠,٨	١,٢	٩٤,٨	٣,١
نوفمبر	٤٤,٣	١٩,٦	١,٨	١,٥	٣,٨	٨	٦,٧	١٠,٣	٠,٧	٣,٣	٩٣,٣	٣,٤
ديسمبر	٢٢,١	١٤,٣	٢,٥	٤	١٣,٤	١٧,٤	١٠,٩	٩,٥	٠,٧	٥,٢	٩٠,٩	٣,٩
المتوسط الشهري	٤٢,٤٥	١٩,٧	١,٨	٢,١	٥,١	٧,٥	٦,٤	١١,٤	٠,٧	٢,٦	٩٣,٥	٣,٩



شكل رقم (٤) وردة الرياح المئمنة في محطة الفيوم في الفترة من ٦٢- ١٩٧٥.

ثالثاً: تحليل أبعاد الكثبان

من المعروف أن للكثبان الطولية شكلا له أبعاده(الطول والعرض والارتفاع) وقد تم قياس هذه الأبعاد من خلال العينة المختارة للكثبان الرملية، وبعد الانتهاء من عملية القياس تم تحليل البيانات إحصائيا، وقد شمل هذه التحليل الإحصائي لكل بُعد حساب: المتوسط الحسابي وأدنى قيمة، وأقصى قيمة، والانحراف المعياري، ومعامل الاختلاف، كما تتضمن التحليل الإحصائي حساب معامل الارتباط، ومعادلة خط الانحدار لكل متغيرين.

جدول (٣) البيانات الإحصائية لأبعاد الكثبان الطولية

التحليل الإحصائي	الطول /م	العرض/م	الارتفاع /م
المتوسط الحسابي	٤٢٩,٥	٥٩,٥٦	٧,٤٢
أدنى قيمة	١٥٠	٣٦,٥	١,٥
أقصى قيمة	٨١٠	١١٩,٥	١٥
الانحراف المعياري	١٨٢,٥٨	٢,٢	٣,٥
معامل الاختلاف	٤٢,٦	٣٣,٩٥	٤٧,٢

ويتبين من الجدول رقم (٣) ومن نتائج القياسات الحقلية ما يلي :

١- يتراوح طول الكثبان الرملية بين ١٥٠متر و٨١٠ متراً في العينة المختارة، ويبلغ متوسط الطول ٤٢٩,٥متراً بانحراف معياري قدره ١٨٢,٥٨وبمعامل اختلاف ٤٢,٦% وهذا دليل قوي على تشتت قيم هذا البعد.

٢- يتراوح عرض الكثبان الطولية في المنطقة ما بين ٣٦,٥متر و ١١٩,٥مترًا بمتوسط عام قدره ٥٩,٥٦ متر وبانحراف معياري ٢٠,٢ ومعامل اختلاف ٣٣,٩٥%

٣- ويتراوح ارتفاع الكثبان الطولية بين ١,٥متر و ١٥ مترًا بمتوسط عام قدره ٧,٤٢مترًا، وبانحراف معياري ٣,٥ ، ومعامل اختلاف ٤٧,٢%، ويلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي أن الارتفاع هو أكثر المتغيرات تأثيراً في المتغيرات الأخرى جدول (٣)، وتتفق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه دراسة (Embabi 1978) عن الكثبان الهلالية في منخفض الخارجة، ودراسة (دسوقي) عن الكثبان الرملية الهلالية في وادي المساجد (١٩٨٨) وكذلك دراسة (موسى) للكثبان الرملية شرق الدلتا ١٩٩٤ .

٤- يتبين من التحليل ارتفاع قيم الانحراف المعياري لكل من الطول (١٨٢,٥٨) والعرض (٢٠,٢) بينما تنخفض قيمة الانحراف المعياري للارتفاع (٣,٥)، ويشير هذا إلى تجانس قيم الارتفاع وتشتت قيم الطول والعرض.

وبدراسة العلاقة بين المتغيرات المختلفة من خلال قياس العلاقة بين الطول والعرض، والطول والارتفاع، والعرض والارتفاع، كما يوضحها الجدول رقم (٤) والشكل رقم(٥) والذي يوضح أن هناك علاقة مباشرة وخطية بين كل متغيرين وأقوى هذه العلاقات هي العلاقة بين الطول والعرض حيث بلغت ٠,٩ وكذلك هناك علاقة قوية بين الطول والارتفاع بنسبة ٠,٨٣ معنى هذا أنه كلما زاد طول الكثبان زاد ارتفاعها.

جدول رقم(٤) مصفوفة معاملات الارتباط بين أبعاد الكثبان الطولية

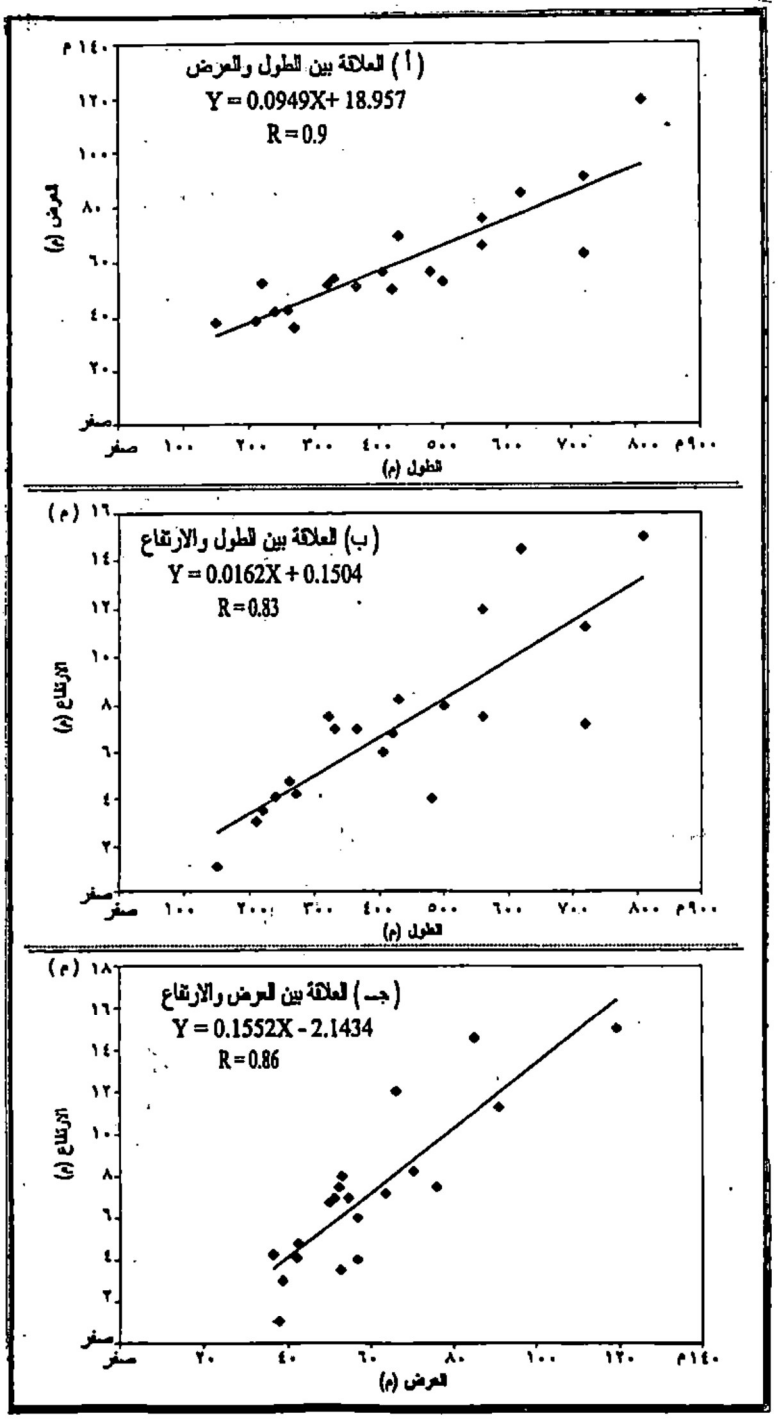
الأبعاد	الطول	العرض	الارتفاع
الطول	١	٠,٩	٠,٨٣
العرض	-	١	٠,٨٦
الارتفاع	-	-	١

رابعًا: الخصائص الكمية لقطاعات المنحدرات

يبين الجدول رقم (٥) بعض الخصائص الكمية لقطاعات منحدرات الكثبان الرملية الطولية في المنخفض، ويتضح منهما مل يلي:-

- بلغت جملة أطوال قطاعات المنحدرات التي تم قياسها ١١٩١,٢٥متراً وبلغ طول أقصر قطاع ٣٦,٥متر في حين بلغ طول أطول قطاع ١١٩,٥متر بمتوسط عام ٥٩,٦متر للقطاع، ويرجع التباين في أطوال القطاعات إلى التباين في أحجام الكثبان وارتفاعها. فترتبط القطاعات القصيرة بالكثبان الصغيرة مثلما الحال مع الكثيب رقم (١٢)، والقطاعات الطويلة بالكثبان كبيرة الحجم مثلما الحال مع كثيب رقم (١٥).

- يبلغ المعدل العام لدرجات الانحدار (١١,٠٤درجة) ويتباين المعدل من قطاع لآخر حيث لوحظ أن هناك تسعة قطاعات معدل انحدارها أدني من المعدل في حين أن إحدى عشر قطاعًا أعلي من المعدل العام.



شكل (٥) العلاقة الارتباطية بين أبعاد الكثبان الطولية في منخفض وادي الريان.

جدول رقم (٥) الخصائص الكمية لقطاعات الكثبان الطولية في منخفض وادي الريان

القطاع	الطول بالمتر	متوسط درجة الانحدار	الانحراف المعياري	معامل الاختلاف %	الشكل بالرقم	الشكل
١	٣٩م	١٠,٧	٩,٥	٨٨,٨	٣,٢٥	محدب
٢	٥٤,٥	١٠,٧	٨,٤٥	٧,٩	١,٢	محدب
٣	٥٦,٥	١١,١	٧,١	٩٤,٠	٢,٣	محدب
٤	٥١	١٣,١	٨,٨	٦٧,٠	٢,٣	محدب
٥	٦٣,٥	١٠,٤	٩,٢	٨٨,٥	١,٩	محدب
٦	٥٢	١٤,٤	٨,٧	٦٠,٦	٢,٦	محدب
٧	٥٠	١٢,١	٩,٤	٧٧,٨	٢,٣	محدب
٨	٥٣	١٣,٩	٦,٤	٤٦,٣	١,٢٥	محدب
٩	٣٨,٥	٧,٣	٨,٧	١١٨,٧	٤	محدب
١٠	٣٨	٣,٥	٢,١	٦٠	٠,٩	مقعر
١١	٩١	١١,٨٧	٧,٨	٦٥,٥	١,٢٤	محدب
١٢	٣٦,٥	١٢,٣	٨,٧	٧٠,٧	١,٣	محدب
١٣	٤٢,٥	٩,٩	٨,٢	٨٣,٠	١,٥٨	محدب
١٤	٧٦	٤,٨	٦,٢	١٢٨,٤	١,٤	محدب
١٥	١١٩,٥	٧,٤	٧,١	٩٦,٥	١,٧	محدب
١٦	٦٦	١٧,٢	٧,٧	٤٤,٩	٠,٨	مقعر
١٧	٧٠	١٢,٠	٧,٢	٥٩,٩	٢	محدب
١٨	٨٥	١٧,٣	٧,٦	٤٣,٩	١,٣	محدب
١٩	٥٦,٥	١٥,٩	٥,٧٥	٣٦,٢	١,١	محدب
٢٠	٥٢,٢٥	٥,٠	٢,٧	٥٤,٠	١,٢	محدب

– تتباعد زوايا الانحدار عن قيم متوسطاتها في كل القطاعات حيث ترتفع قيم معامل الاختلاف وهي(١٢٨,٤% و ١١٨,٧% و ٩٦,٥% و ٨٨,٨٢%) على التوالي وذلك بسبب تباعد زوايا الانحدار، بينما تتقارب زوايا الانحدار من قيم متوسطاتها في بعض القطاعات خاصة القطاعات رقم (١٦و١٨و١٩) حيث بلغت قيم معاملات الاختلاف بين(٤٤,٩%و ٣٦,٢%و ٤٣,٩%) على التوالي ويرجع ذلك إلى تجانس زاويا الانحدار على سطح هذه القطاعات، هذه النتيجة عكس ما توصلت إليه دراسة (موسي ١٩٩٤) وربما يرجع ذلك إلى التباين في ارتفاع جوانب الكثبان في منطقة الدراسة بالقرب من القمة.

– يسود الشكل المحدب على قطاعات المنحدرات، فقد وجد أن ١٨ قطاعًا يغلب عليها السطح المحدب، وقطاعان يغلب عليهما الشكل المقعر، وبذلك يكون نسبة القطاعات التي يغلب عليها الشكل المقعر إلى تلك التي يغلب عليها الشكل المحدب ١: ٩ .

خامساً : تحليل زوايا الانحدار

سيتم تحليل زوايا الانحدار علي منحدرات الكثبان الرملية الطولية في منخفض وادي الريان من خلال ثلاثة جوانب هي:-

١ – التوزيع العام لزوايا الانحدار على منحدرات الكثبان الطولية.

٢ – العلاقة بين توزيع زوايا الانحدار وحجم الكثبان الرملية الطولية.

٣ – توزيع زوايا الانحدار على جوانب الكثبان الرملية الطولية.

١-التوزيع العام لزوايا الانحدار على منحدرات الكثبان :

يتضح من الجدول رقم(٦) والشكل رقم(٦-أ) أن التوزيع التكراري لزوايا الانحدار على الكثبان الرملية الطولية التي خضعت للدراسة الحالية يتسم بأنه متصل الشكل، ولذلك تم تقسيمه إلى ثلاث مجموعات رئيسة: المجموعة الأولى لطيفة الانحدار وتشغل ٤٧,٨% من مجموع الأطوال، وتتراوح زاويا انحدارها بين صفر درجة(حدية سفلى) و٩ درجات (حدية عليا) وزاويتها المميزة ٣ درجات وتشغل ٧,٣% من جملة الأطوال، يليها مجموعة الانحدارات المتوسطة والتي تشغل ٤١,٦% من جملة الأطوال وتتراوح زاويا انحدارها بين ١٠ درجات (حدية سفلى) و٢٤ درجة (حدية عليا) وزاويتها المميزة ١٠ درجات وتشغل ٥,٩%من جملة الأطوال٠ وتتمثل زوايا هاتين المجموعتين على الأجزاء السفلى والقمة للكثبان الطولية، أما مجموعة الانحدارات الشديدة والتي تشغل ١٠,٦% من جملة الأطوال وتتراوح زوايا انحدارها بين ٢٥ درجة (حدية سفلي) و ٣٣درجة (حدية عليا) وزاويتها المميزة هي ٣٠، ٣١ درجة والتي تشغل ٣% من جملة الأطوال٠.

ومن خلال التقسيم السابق لمجموعات الانحدار تبين أن الزاوية المميزة على منحدرات الكثبان هي ٣ درجات وبذلك تعتبر هذه الزاوية هي المميزة لمنحدرات الكثبان في منخفض وادي الريان لأنها أكثر الزوايا تكراراً٠ وتتشابه نتائج هذه الدراسة مع نتائج دراسات أخرى فيما يلي:

- أن التوزيع العام لزوايا الانحدار على منحدرات الكثبان قيد الدراسة يتسم بأنه متصل الشكل، وكذلك تتشابه في الزاوية الحدية السفلي والعليا والتي تم تحديدها تبعا لتقسيم زوايا الانحدار إلى ثلاث مجموعات، وأيضا في أن مجموعات الانحدار الثلاث على منحدرات الكثبان غير مقسمة إلى مجموعات ثانوية داخل

كل مجموعة،ويتفق كل ذلك مع ما توصلت إليه دراسة (موسي ١٩٩٤) عن الكثبان الرملية الطولية في شرق الدلتا.

- إن الزاوية المميزة الرئيسة لمنحدرات الكثبان الطولية قيد الدراسة هي ٣ درجات وهي تتشابه مع دراسة (دسوقي ١٩٨٨، ص١٤٦-١٤٧) عند دراسته للكثبان الرملية الهلالية في شبه جزيرة سيناء فالزاوية المميزة ٣ درجات وتشكل ١٤,٥% من المجموع.

جدول رقم(٦) خصائص مجموعات زوايا الانحدار على منحدرات الكثبان في منخفض وادي الريان

المجموعة	مدى الدرجات	الطول%	الزاوية المميزة	الطول%	الحدية السفلي	%	الحدية العليا	%
الأولى	صفر- ٩	٤٧,٨	٣	٧,٣	صفر	٤,٧	٩	٣,١
الثانية	١٠-٢٤	٤١,٦	١٠	٥,٩	١٠	٥,٩	٢٤	٠,٦
الثالثة	٢٥-٣٩	١٠,٦	٣٠-٣١	٣	٢٥	٠,٤	٣٣	١,٦

جدول رقم(٧) خصائص مجموعات زوايا الانحدار على منحدرات الكثبان الكبيرة الحجم

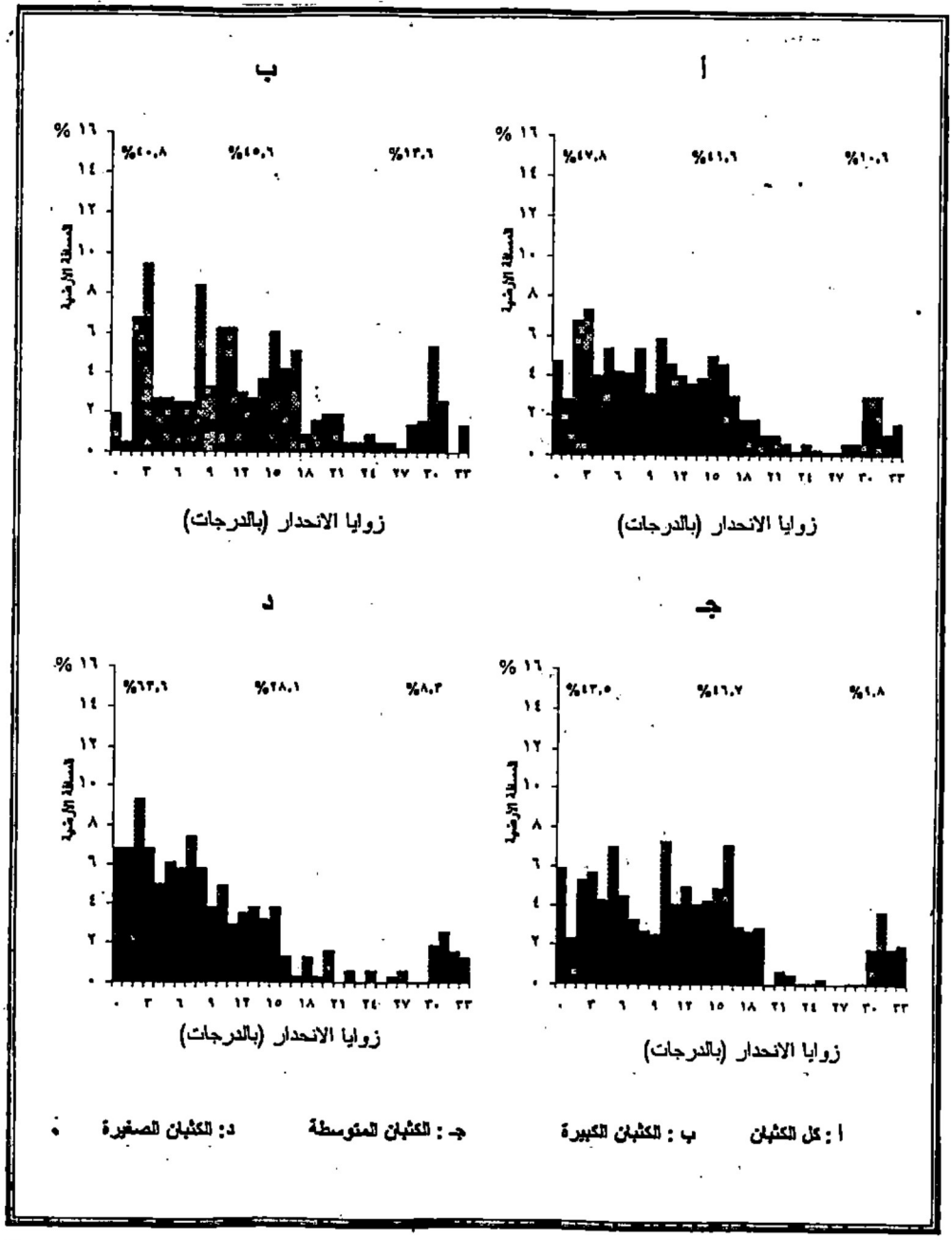
المجموعة	مدى الدرجات	الطول%	الزاوية المميزة	الطول%	الحدية السفلي	%	الحدية العليا	%
الأولى	صفر- ٩	٤٠,٨	٣	٩,٥	صفر	١,٩	٩	٣,٣
الثانية	١٠-٢٤	٤٥,٦	١٠-١١	٦,٣	١٠	٦,٣	٢٤	٠,٩
الثالثة	٢٥-٣٩	١٣,٦	٣٠	٥,٤	٢٥	٠,٥	٣٣	١,٤

جدول رقم(٨) خصائص مجموعات زوايا الانحدار على منحدرات الكثبان المتوسطة الحجم

المجموعة	مدى الدرجات	الطول%	الزاوية المميزة	الطول%	الحدية السفلي	%	الحدية العليا	%
الأولى	صفر -٩	٤٣,٥	٥	٧	صفر	٥,٩	٩	٢,٥
الثانية	١٠-٢٤	٤٦,٧	١٠	٧,٣	١٠	٧,٣	٢٤	٠,٦
الثالثة	٢٥-٣٩	٩,٨	٣١	٣,٧	٠,٢٥	٠,٣	٣٣	٢

جدول رقم(٩) خصائص مجموعة زوايا الانحدار على منحدرات الكثبان الصغيرة الحجم

المجموعة	مدى الدرجات	الطول%	الزاوية المميزة	الطول%	الحدية السفلي	%	الحدية العليا	%
الأولى	صفر- ٩	٦٣,٦	٢	٩,٣	صفر	٦,٨	٩	٣,٨
الثانية	١٠-٢٤	٢٨,١	١٠	٤,٩	١٠	٤,٩	٢٤	٠,٦
الثالثة	٢٥-٣٩	٨,٣	٣١	٢,٦	٢٦	٠,٦	٣٣	١,٣



شكل رقم (٦) توزيع درجات الانحدار على منحدرات الكثبان الرملية الطولية في منخفض وادي الريان

وتختلف النتائج التي توصلت إليها هذه الدراسة مع نتائج الدراسات الأخرى فيما يلي:-

- إن التوزيع العام لزوايا الانحدار على منحدرات الكثبان قيد الدراسة يتسم بأنه متصل، في حين أنه مختلف في دراسة الكثبان الرملية في منخفض الواحات الخارجة والداخلة (Embabi, 1970 – 1977 , pp.18 – 21) ودراسة الكثبان الرملية في شبه جزيرة قطر(أمبابي وعاشور ١٩٨٣ ، ص١٢١ – ١٢٣) وأيضا دراسة عن الكثبان الرملية في شبه جزيرة سيناء (دسوقي، ١٩٨٨، ص١٤٦ – ١٤٧)، ودراسة للكثبان الرملية في شمال سيناء (منى الكيالي – ١٩٩٩، ص١٤)، ووجه الاختلاف أن التوزيع العام لزوايا الانحدار على سطح الكثبان في الخارجة والداخلة وشبه جزيرة قطر يتميز بأنه ثنائي التوزيع وفي كثبان شبه جزيرة سيناء يتسم بأنه ثلاثي الشكل.
- الزاوية الحدية السفلى والعليا تم تحديدها تبعا لتقسيم زوايا الانحدار إلى مجموعات، لذا فإن هذه الزاوية اختلفت – الحدية العليا – للمجموعة الأولي (الانحدارات الطيفة) وهي تسع درجات في الدراسة الحالية، في حين كانت في دراسة الكثبان الرملية في الخارجة والداخلة إحدى عشرة درجة وفي شبه جزيرة قطر كانت إحدى وعشرون درجة وفي شبه جزيرة سيناء كانت ست عشرة درجة.
- إن الزاوية المميزة الرئيسة لمنحدرات الكثبان الطولية قيد الدراسة هي ٣ درجات وهي أقل من مثيلتها على منحدرات الكثبان الرملية في شرق الدلتا،حيث بلغت ٨ درجات. وأن الزاوية المميزة للمنحدرات الشديدة هي ٣٠ – ٣١ وهي أقل من مثيلها على الكثبان الرملية في شرق الدلتا حيث بلغت ٣٢درجة (موسى، ١٩٩٤).

٣ – العلاقة بين توزيع زوايا الانحدار وحجم الكثبان الرملية :

من المعروف أن هناك اختلاف في أحجام الكثبان الرملية، وعلى الرغم من عدم وجود حدود تفصل فئات الأحجام هذه بعضها عن البعض الآخر، إلا أنه يمكن التمييز بينها عن طريق أي بعد من أبعاد الشكل، وقد اتفقت معظم الدراسات السابقة على أن الارتفاع يمكن أن يمثل أفضل الأبعاد للتمييز بين الأحجام المختلفة للكثبان الرملية، (أمبابي– عاشور– ١٩٨٣ ص١٢٤) وسوف يتم الاعتماد على هذا

الأساس أو البعد (الارتفاع) في الدراسة الحالية لتقسيم كثبان العينة المختارة والتي خضعت للدراسة الميدانية إلى فئات ثلاث من حيث الحجم وهي كالتالي:-

- كثبان صغيرة الحجم وهي الكثبان التي يقل ارتفاعها عن ٥ متر وعددها ٦ كثبان من العينة المختارة.
- كثبان متوسطة الحجم وهي الكثبان التي يزيد ارتفاعها على ٥ متر ويقل عن ١٠متر وعددها ١٥ كثيبًا من العينة المختارة.
- كثبان كبيرة الحجم وهي الكثبان التي يزيد ارتفاعها على ١٠ أمتار وعددها ٤ كثبان من العينة المختارة.

من خلال مقارنة الجداول (٧، ٨، ٩) والأشكال (٦ب، جـ، د) بالجدول رقم(٦) والشكل (٦أ) والذي يوضح توزيع زوايا الانحدار على منحدرات الكثبان الرملية في منطقة وادي الريان تبين وجود بعض الملاحظات والتي يمكن توضيحها في الآتي:-

- إن توزيع زوايا الانحدار علي منحدرات الكثبان الكبيرة تشبه التوزيع العام لدرجات الانحدار على منحدرات الكثبان بالمنخفض في أنه متصل، في حين يختلف هذا التوزيع مع فئات الكثبان المتوسطة والصغيرة الحجم في أن المجموعات الرئيسة لفئات الانحدار تتضمن بداخلها مجموعات ثانوية.
- ترتفع النسبة المئوية لمجموعة زوايا الانحدارات اللطيفة (صفر°-٩°) لفئات الكثبان الصغيرة حيث بلغت ٦٣,٦% من جملة الأطوال، في حين أن هذه النسبة لنفس الفئة تناقصت على الكثبان الكبيرة والمتوسطة الحجم عن التوزيع العام حيث بلغت ٤٥,٨% و ٤٣,٥% على التوالي.
- على الرغم من أن زاوية الانحدار الحدية السفلى والعليا لمجموعات الانحدار الثلاث على فئات الكثبان المختلفة واحدة فإن هناك اختلاف في نسبة الأطوال التي تمثلها كل زاوية حدية. فنلاحظ أن هناك تزايدًا في قيمة الزوايا الحدية السفلى والعليا لمجموعة الانحدار اللطيفة كلما قل حجم الكثبان شكل رقم(٦د).
- اختلفت الزاوية المميزة لمجموعة الانحدار اللطيفة على فئات الكثبان الكبيرة والمتوسطة والصغيرة الحجم مع الزاوية المميزة للانحدار اللطيفة في التوزيع العام للكثبان حيث بلغت ٥ درجات بنسبة ٧% من جملة الأطوال على الكثبان المتوسطة الحجم ودرجتين بنسبة ٩,٣% من جملة الأطوال على الكثبان

الصغيرة الحجم، ولكنها تشابهت في الكثبان الكبيرة الحجم مع التوزيع العام لكل الكثبان ولكن وجه الاختلاف بينهما هو في النسبة التي تمثلها الزاوية من جملة الأطوال، حيث بلغت على الكثبان الكبيرة الحجم ٩,٥% من جملة الأطوال عليها .

- أما بالنسبة لمجموعة الانحدارات المتوسطة على فئات الكثبان الثلاث فنجد أن نسبتها المئوية من جملة الأطوال ارتفعت على الكثبان المتوسطة والكبيرة الحجم حيث بلغت ٤٦,٧% و٤٥,٦% من جملة الأطوال على التوالي وتناقصت على الكثبان الصغيرة حيث بلغت ٢٨,١% من جملة الأطوال عليها
- تشابهت الزاوية المميزة لفئة الانحدار المتوسط على فئات الكثبان الثلاث مع التوزيع العام للكثبان في نفس فئة الانحدار وهي الدرجة (١٠)، ولكن الاختلاف فقط في النسبة التي تمثلها هذه الزاوية في فئات الكثبان الثلاث حيث بلغت ٦,٣% و ٧,٣% و ٤,٩% من الكبير إلى الصغير على التوالي .
- بالنسبة لمجموعة الانحدار الشديد على فئات الكثبان المختلفة فنجد أن النسبة المئوية لأطوالها اختلفت مع التوزيع العام للكثبان كلها، فتمثل ١٣,٩% على الكثبان الكبيرة الحجم في حين تمثل ٩,٨% على سطوح الكثبان المتوسطة، بينما تمثل نسبة أقل على الكثبان الصغيرة حيث بلغت ٨,٣% .
- اختلفت الزاوية الحدية السفلي لمجموعة الانحدار الشديد على فئة الكثبان الصغيرة الحجم مع الزاوية الحدية السفلى للانحدار الشديد على كل الكثبان والفئتين الأخرتين حيث أصبحت ٢٦° حدية سفلى بنسبة ٠,٦% من الأطوال.
- تشابهت الزاوية المميزة لمجموعة الانحدار الشديد على فئات الكثبان (الكبيرة والمتوسطة والصغيرة) مع الزاوية المميزة لكل الكثبان حيث بلغت (٣٠° و ٣١°) ولكنها اختلفت فقط في النسبة المئوية التي تمثلها هذه الزاوية على كل فئة من فئات الكثبان الثلاث.

٣- توزيع زوايا الانحدار على جانبي الكثبان:

من المعروف أن لكل كثيب رملي جانبان، الجانب الأول يواجه اتجاه الرياح ويعرف باسم الجانب المواجه للرياح، والثاني يقع في ظل الرياح ويعرف باسم جانب ظل الرياح ويلتقيان في نقطة هذا بالنسبة للكثبان الهلالية، ولكن على الكثبان

الطولية يكون لها جانبان متضادان متعامدان على قمة الكثيب وسوف يحاول الباحث تحليل زوايا الانحدار على كل جانب من الجانبين كل على حدة.

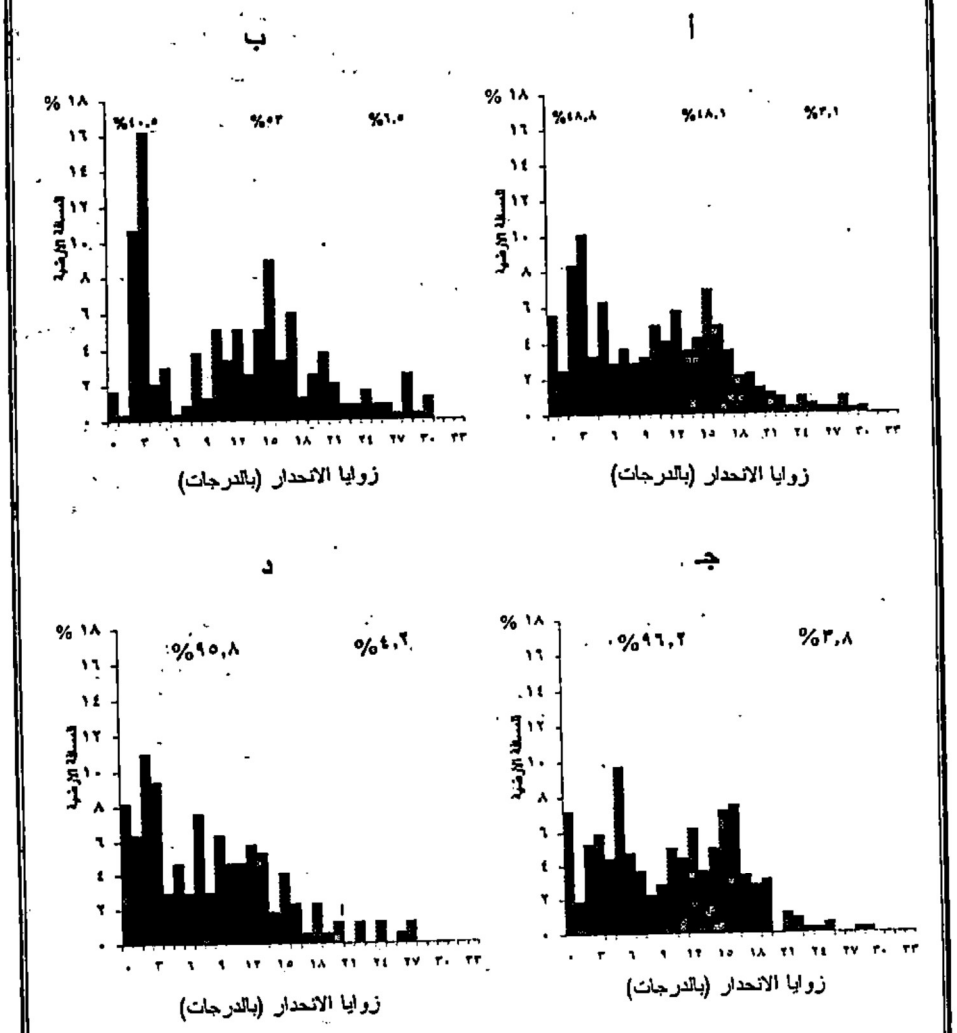
(٣-١) الجانب الشمالي الغربي:

يلاحظ من دراسة الشكل رقم(٧-أ) أن زوايا الانحدار على هذا الجانب لكل الكثبان قيد الدراسة تتسم بأن توزيعها متصل الشكل ومن هنا تم تقسيمه إلى مجموعات الانحدار الثلاث السابقة، تمثل مجموعة الانحدارات اللطيفة أكبرها وتضم ٤٨,٨% من جملة الأطوال وزاويتها المميزة ٣ بنسبة ١٠,١% من جملة الأطوال، يليها مجموعة الانحدارات المتوسطة وتضم ٤٨,١% من جملة الأطوال، وزاويتها المميزة ١٥درجة حيث تغطي ٧% من جملة الأطوال على هذا الجانب، أما مجموعة الانحدارات الشديدة فتغطي ٣,١% من جملة الأطوال وزاويتها المميزة ٢٨ بنسبة ١% من جملة الأطوال.

أما عند تحليل زوايا الانحدار على هذا الجانب لكل فئات الكثبان الثلاث للتعرف عليها، فمن خلال الشكل (٧- ب) والذي يبين توزيع زوايا الانحدار على الجانب الشمالي الغرب للكثبان الكبيرة الحجم يتضح أن زوايا هذا الجانب تشبه زوايا الانحدار على كل الكثبان فهو متصل الشكل، ولذلك تم تقسيمه إلى المجموعات السابقة، أكبرها مجموعة الانحدارات المتوسطة، وتضم ٥٣% من جملة الأطوال وزاويتها المميزة ١٥درجة وتغطي حوالي ٩% من جملة أطوال هذا الجانب ، يليها مجموعة الانحدارات اللطيفة وتضم ٤٠,٥% من جملة الأطوال وزاويتها المميزة ٣ درجة وتغطي ١٦,٢% من جملة الأطوال، أما مجموعة الانحدارات الشديدة فتضم ٦,٥% من جملة الأطوال وزاويتها المميزة هي ٢٨درجة وتغطي ٢,٦% من جملة الأطوال.

أما بالنسبة لتوزيع زوايا الانحدار على هذا الجانب للكثبان المتوسطة الحجم فيلاحظ من الشكل رقم (٧- حـ) أنها ثنائية التوزيع تمثل المجموعة الأولي والتي تتراوح زوايا انحدارها بين صفر حدية سفلى و١٩ حدية عليا ٩٦,٢% من جملة الأطوال وزاويتها المميزة ٥ درجات وتغطي ٩,٧% من جملة الأطوال، في حين تمثل المجموعة الثانية والتي تتراوح بين ٢١ حدية سفلي و ٢٩حدية عليا حوالي ٣,٨% من جملة الأطوال، وإن كانت الزوايا تتوزع في داخل هذه المجموعة بصورة غير متصلة وزاويتها المميزة ٢١ درجة وتعطي ١,٢% من قيمة الأطوال.

التحليل المورفومترى لمنجدرات الكثبان الطولية فى منخفض وادى الريان د/عواد حامد موسى.ع٢



شكل رقم (٧) توزيع درجات الانحدار على الجانب الشمالي الغربي للكثبان الطولية في منخفض وادي الريان

وأخيراً: بالنسبة لتحليل زاويا انحدار الجانب الشمالي الغربي على الكثبان صغيرة الحجم فيلاحظ من الشكل(٧-د) أنه ثنائي التوزيع تشكل المجموعة الأولى منه التي تتراوح بين(صفر) حدية سفلي و(٢٠درجة) حدية عليا ٩٥,٨% من جملة الأطوال وزاويتها المميزة ٢ وتغطي ١١% من جملة الأطوال، في حين تمثل المجموعة الثانية منه والتي تتراوح زوايا انحدارها بين ٢٢حدية سفلي ٢٧درجة حدية عليا ٤,٢% من حجم الأطوال.

ومن خلال دراسة زوايا الانحدار على هذا الجانب للكثبان قيد الدراسة تبين أن هذه النتيجة التي توصلت إليه هذه الدراسة تختلف مع نتائج دراسات أخرى وذلك فيما يلي:-

- إن نمط الانحدار اللطيف والمتوسط هما السائدان على سطح الجانب الشمالي الغربي لكل الكثبان والكثبان الكبيرة الحجم - خاصة- في حين أن النمط المتوسط هو السائد في دراسة(موسى ١٩٩٤، ص١٢٤) للكثبان الرملية شرق الدلتا.
- إن التوزيع العام للانحدار على هذا الجانب متصل في الدراسة الحالية للكثبان الكبيرة الحجم في حين أنه ثنائي الشكل في دراسة(دسوقي ١٩٨٨، ص١٤٩) للكثبان الرملية في شبه جزيرة سيناء.
- إن توزيع زوايا الانحدار على الجانب الشمالي الغربي لفئات الكثبان المتوسطة والصغيرة الحجم يتسم بأنه ثنائي التوزيع في هذه الدراسة في حين أنه في دراسة (موسي،١٩٩٤ ص ص١٢٤، ١٢٧) متصل التوزيع، وبالتالي يتبعه اختلاف في الزوايا الحدية السفلي والعليا وكذلك في الزاوية المميزة.

(٣-٢) الجانب الجنوبي الشرقي:

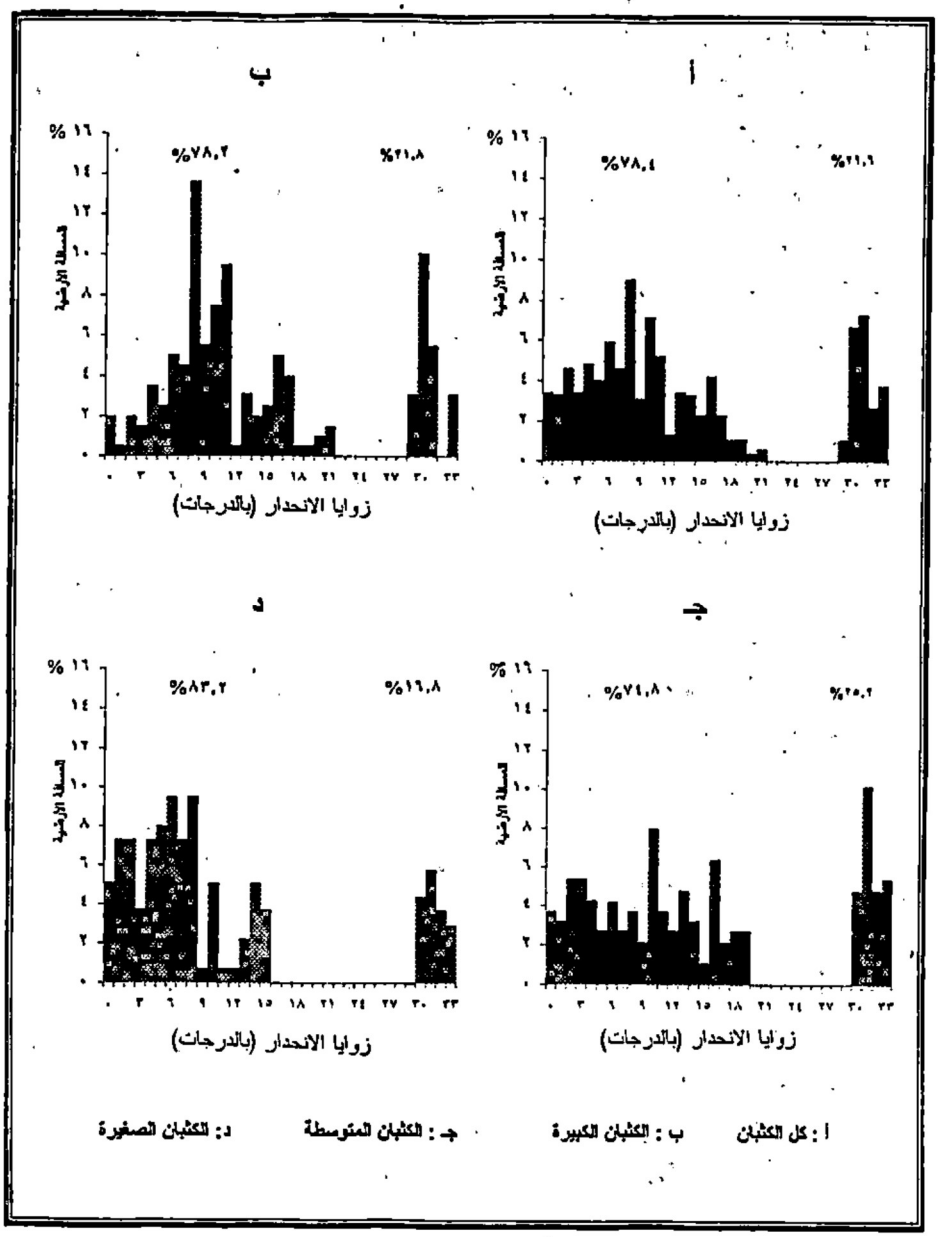
عند تحليل زوايا الانحدار على الجانب الجنوبي الشرقي للكثبان قيد الدراسة تبين من الشكل(٨- أ) أن التوزيع التكراري لزوايا الانحدار على هذا الجانب يتسم بأنه ثنائي التوزيع أي ينقسم إلى مجموعتين، تمثل مجموعة الانحدار الأولى والتي تتراوح بين صفر حدية سفلي و٢١ حدية عليا ٧٨,٤% من جملة الأطوال، وزاويتها المميزة هي ٨ بنسبة ٩% من جملة الأطوال، وتُمثل زوايا هذه المجموعة على الأجزاء السفلى والوسطي لهذا الجانب. أما المجموعة الثانية والتي تتراوح بين ٢٩حدية سفلى و٣٣ حدية عليا فتغطي ٢١,٦%من جملة الأطوال وزاويتها

المميزة ٣١ درجة بنسبة ٧,٣%. وتتمثل زوايا هذه المجموعة على الأجزاء العليا لهذا الجانب بالقرب من القمة لمسافة تتراوح ما بين ٢متر و١٣ مترًا.

ويتشابه التوزيع التكراري لزوايا الانحدار على الجانب الجنوبي الشرقي لفئة الكثبان الكبيرة الحجم شكل(٨- ب) مع التوزيع التكراري لها على كل الكثبان ، ويتمثل وجه الاختلاف بينهما في اختلاف الزاوية المميزة لكل مجموعة من مجموعات الانحدار، فالزاوية المميزة لمجموعة الانحدار الأولى تتشابه مع الزاوية المميزة لنفس المجموعة لكل الكثبان وهي ٨ درجات ولكن الاختلاف في النسبة التي تشغلها هذه الزاوية على هذا الجانب في فئة الكثبان الكبيرة الحجم حيث تشغل ١٣,٦% من جملة الأطوال، أما الزاوية المميزة للمجموعة الثانية فهي ٣٠درجة بنسبة ١٠,١% من جملة الأطوال.

أما تحليل زوايا انحدار الجانب الجنوبي الشرقي على الكثبان المتوسطة الحجم فيتبين من الشكل رقم(٨ -حـ) أن التوزيع التكراري لزوايا انحدار هذا الجانب تشبه زوايا انحدار هذا الجانب لكل للكثبان المختارة وفئة الكثبان الكبيرة ولكن وجه الاختلاف بينهما يتمثل في أن المجموعة الأولى من الانحدار تمثل بزوايا حدية أقل إذ تتراوح بين صفرْ حدية سفلي و ١٩ْ حدية عليا وتشغل نسبة أقل من أطوال هذا الجانب حيث تمثل ٧٤,٨% من الأطوال وزاويتها المميزة ١٠ْ وتشغل ٨% من جملة الأطوال،أما المجموعة الثانية من الانحدار فتتراوح بين ٣٠ْ حدية سفلي و ٣٣ْ جدية عليا بنسبة ٢٥,٢% من جملة الأطوال وزاويتها المميزة، هي ٣١ درجة وتغطي ١٠,٢% من جملة الأطوال .

بينما تبين عند تحليل زوايا انحدار الجانب الجنوبي الشرقي على الكثبان الصغيرة الحجم من الشكل (٨- د) أن التوزيع التكراري لزوايا الانحدار ثنائي أيضا ولكن المجموعة الأولى والتي تتراوح بين (صفرْ) حدية سفلي و (١٥ْ) حدية عليا بنسبة ٨٣,٢% من جملة الأطوال وبزاوية مميزة مقدارها (٦ْ- ٨ْ) بنسبة ٩,٠% من جملة الأطوال، وتتمثل هذه الزوايا على الأجزاء السفلي والوسطي لهذا الجانب من الكثبان، في حين أن المجموعة الثانية من الانحدار والتي تتراوح بين (٣٠ْ) (حدية سفلي) (٣٣ْ) (حدية عليا)، وتشغل ١٦,٨% من الأطوال وزاويتها المميزة هي ٣١ْ بنسبة ٥,٨% من جملة الأطوال ويرجع قلة الأطوال التي تمثلها هذه المجموعة من الانحدار على هذا الجانب إلى قصر طول الجزء العلوي من هذا الجانب على الكثبان الصغيرة الحجم.



شكل رقم (٨) توزيع درجات الانحدار على الجانب الجنوبي الشرقي للكثبان الطولية في منخفض وادي الريان

خامساً : تحليل أشكال المنحدرات والعوامل المؤثرة فيها

يهدف تحليل تقوس منحدرات الكثبان الرملية الطولية إلى التعرف على أشكالها المختلفة (محدب – مستقيم – مقعر)، ولتحقيق هذا الهدف تمّ رسم قطاعات عرضية لجميع الكثبان التي خضعت للدراسة الميدانية (شكل٣) ومن الفحص الدقيق لهذه القطاعات تبين وجود تباين في شكل منحدرات الكثبان ولذلك سيتم تحليل التقوس من ناحتين هما:

١- تحليل تقوس (الشكل) على منحدرات الجانب الشمالي الغربي.

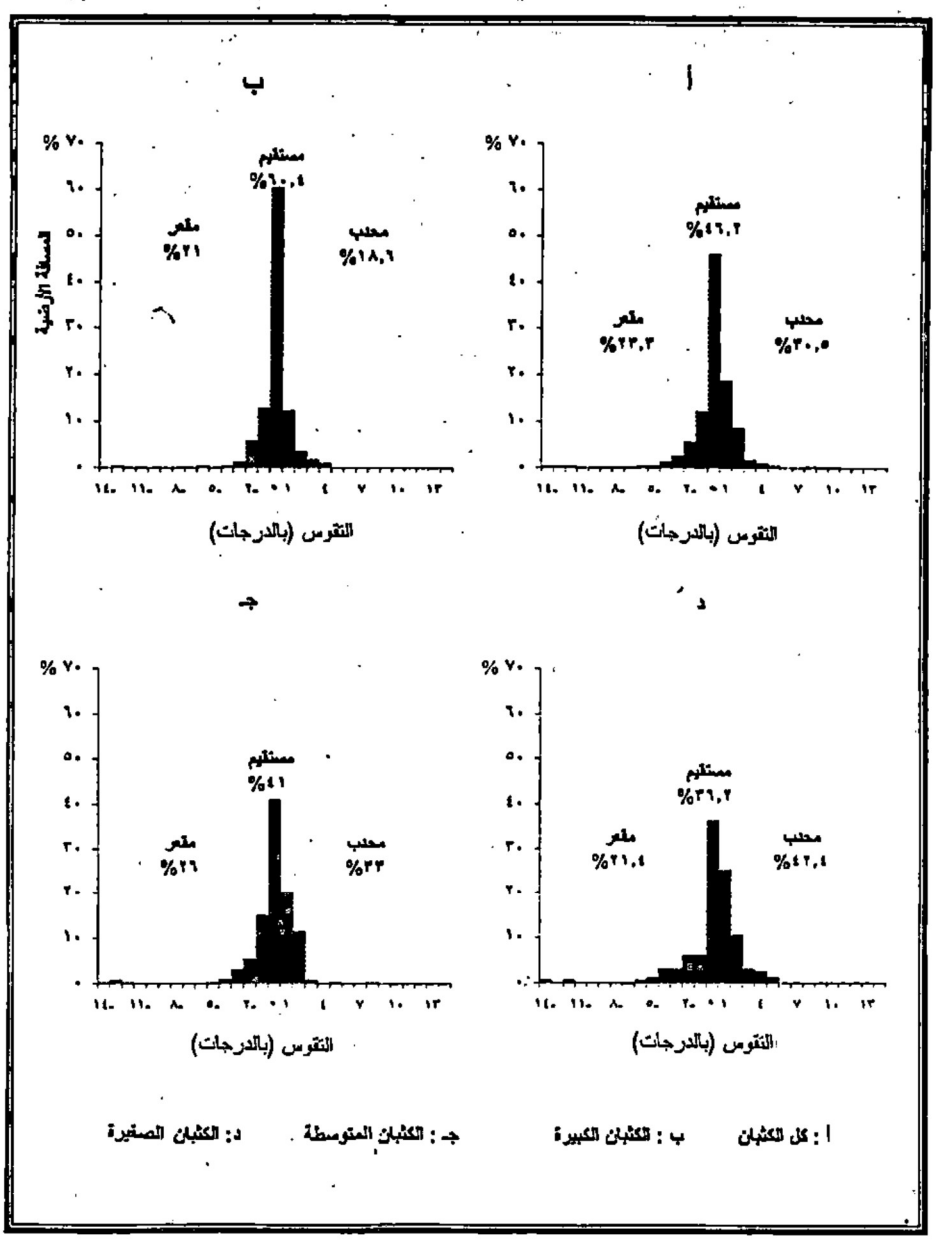
٢- تحليل تقوس (الشكل) على منحدرات الجانب الجنوبي الشرقي.

١- تحليل تقوس (الشكل) على منحدرات الجانب الشمالي الغربي:

يتبين من الشكل (٩-أ) والذي يوضح نمط تقوس منحدر الجانب الشمالي الغربي على الكثبان قيد الدراسة وجود ثلاث مجموعات للتقوس: **المجموعة الأولى** تتسم بعدم وجود تغير في درجة الانحدار وتشير إلى الأجزاء المستقيمة وتغطي ٤٦,٢% من جملة الأطوال، وهذه الأجزاء المستقيمة تكون أكثر وضوحاً على الكثبان، لأنها تكون أجزاء مستمرة لمسافات طويلة نسبيا، ولكن عادة ما تكون ممثلة في الجزء الأسفل والأوسط وربما يرجع ذلك إلى قرب هذه الكثبان من نطاق البحيرات في قاع منخفض وادي الريان مما يؤدي إلى ارتفاع نسبة الرطوبة الأرضية والذي يعمل على تماسك حبيبات الرمال والحفاظ على استقامتها في هذا الجانب.

أما **المجموعة الثانية** فهي ذات قيم موجبة وتشير إلى تحدب السطح وتغطي ٣٠,٥% من جملة الأطوال وتتراوح زوايا انحدارها بين ١° و ٥° وزاويتها المميزة هي ١° وتغطي ١٨,٨% من جملة الأطوال، ويلاحظ أن قيم التقوس ذات درجات لطيفة ويسود منها اللطيف جداً أي التي تقل عن ثلاث درجات حيث تشكل ٢٩% من جملة أطوال هذا الجانب، وهذا يدل على أن التغير في الانحدار تدريجي، وتوضح القطاعات أن التحدب على هذا الجانب يوجد في الأجزاء العليا والوسطي.

أما **المجموعة الثالثة**: فهي ذات قيم سالبة وتشير إلى تقعر سطح الكثبان وتغطي أكثر من خمس طول الجانب الشمالي الغربي ٢٣,٣% من جملة الأطوال ، وبالرغم من قلة طول هذه المجموعة على سطح الكثبان على هذا الجانب إلا أنها تنقسم إلى مجموعتين ثانويتين : المجموعة الثانوية الأولى تتراوح بين ١° ، ٦°



شكل (٩) درجات النقوس على الجانب الشمالي الغربي للكثبان الطولية بمخفض وادي الريان

وتغطي ٢٢,٣% من جملة الأطوال، وزاويتها المميزة أ وتغطي حوالي ١٢,٢% من جملة الأطوال على هذا الجانب أما المجموعة الثانية فتتراوح ما بين ١٢أ – ١٤أ وتغطي ١% من جملة الأطوال على هذا الجانب وتسود الأجزاء المقعرة عادة على الأجزاء العليا والدنيا من هذا الجانب.

ويرجع تكون هذا الشكل على هذا الجانب إلى عاملين: **الأول** هو الرطوبة الأرضية حيث إن ارتفاع الرطوبة بالمنطقة أدى إلى تماسك حبيبات الرمال وبالتالي تحد من دور العامل **الثاني** – الرياح في نقل وارساب الرمال. حيث يقتصر دورها على نقل وإرساب الرمال من الطبقة العليا من سطح هذا الجانب، وحيث أن الرياح الشمالية الغربية هي السائدة فتقوم بنقل الرمال من الجزء الأسفل إلى أعلي وتقوم الرياح العكسية بتشكيل الرمال في هذا الجزء مما أدى إلى احتفاظه بشكله المحدب المستقيم.

وعند تحليل تقوس وشكل الجانب الشمالي الغربي على فئات الكثبان الثلاث اعتماداً على نفس الأساس الذي سبق ذكره في تحليل زوايا الانحدار – هو أن الكثبان الكبيرة الحجم كانت في يوم ما متوسطه الحجم وهذه كانت صغيرة الحجم- ومن ثم فإن المقارنة سوف تفيد في الكشف عن نمط تطور وتقوس وشكل هذا الجانب (أمبابي وعاشور ١٨٣ ، ص١٣٩).

ويتبين من دراسة الشكل (٩ب، حـ، د) والذي يوضح توزيع قيم تقوس الجانب الشمالي الغربي على فئات الكثبان الثلاث بعض الملاحظات وخاصة عند مقارنته بالشكل (٩-أ) وهي كالتالي:-

- يتشابه توزيع درجات التقوس على هذا الجانب لفئات الكثبان المختلفة الحجم مع التوزيع العام لكل الكثبان المختارة في أنه ثلاثي التوزيع، حيث تمثل المجموعات الثلاث وهي المحدبة – المستقيمة – المقعرة .
- تنخفض النسبة التي تشغلها الأجزاء المستقيمة كلما قل حجم الكثبان فهي ٦٠,٤% و ٤١% و ٣٦,٢% على هذا الجانب للكثبان الكبيرة والمتوسطة والصغيرة على التوالي.
- تزيد المحدبات كلما قل حجم الكثبان حيث تشغل المحدبات ١٨,٦% و ٣٣%و ٤٢,٤% على الكثبان الكبيرة والمتوسطة والصغيرة على التوالي.

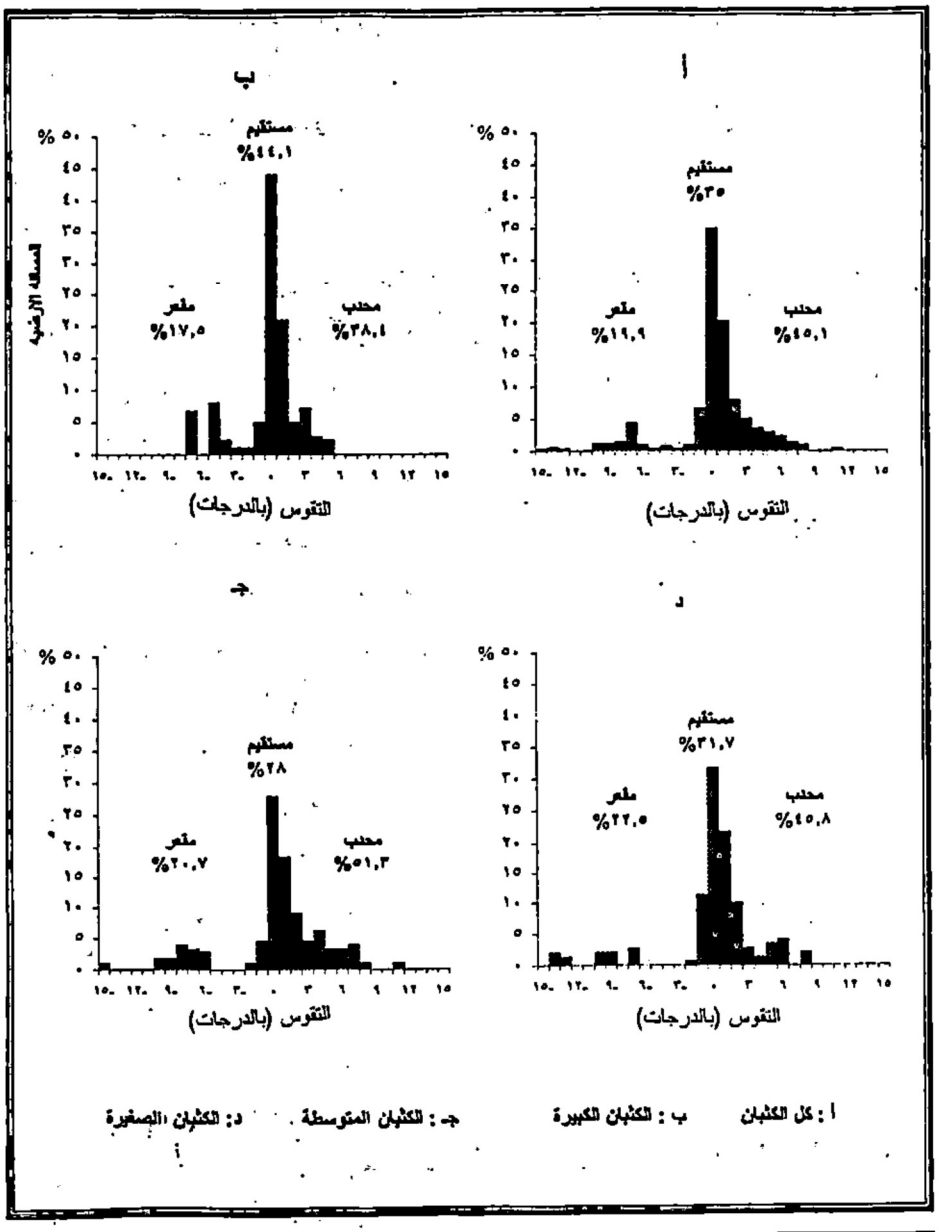
- تزيد المقعرات كلما زاد حجم الكثبان الرملية حيث تشغل المقعرات ٢٦% و ٢١,٤% في الكثبان المتوسطة والصغيرة على التوالي وإن كانت غير واضحة على الكثبان الكبيرة الحجم وربما يرجع ذلك إلى قلة عدد الكثبان الكبيرة الحجم في العينة المدروسة وزيادة عدد الكثبان المتوسطة الحجم.
- سيادة قيم التقوس اللطيف (أقل من ثلاث درجات) على طول المحدبات والمقعرات على سطح الكثبان في الفئات الثلاث (كبيرة – متوسطة – صغيرة).

من التحليل السابق يتبين أن شكل الجانب الشمالي الغربي يتغير مع زيادة حجم الكثبان، وهي أن الأجزاء المستقيمة والنسبة التي تشغلها، والمقعرات ومعدلات التقوس تزيد مع زيادة حجم الكثبان وهذا يعني وجود علاقة مباشرة بين هذه المتغيرات الثلاثة وحجم الكثبان وتتفق هذه النتيجة مع النتيجة التي توصلت إليها دراسة(أمبابي وعاشور ١٩٨٣، ص١٤٠ ودراسة موسى، ١٩٩٤، ص١٣٥).

٣ – تحليل تقوس (الشكل) على الجانب الجنوبي الشرقي :

يتبين من الشكل رقم (٣) أن الجانب الجنوبي الشرقي يتخذ الشكل المحدب المقعر، والشكل المستقيم، وأن سمات هذين الشكلين تتغير من كثيب لآخر سواء في معدل التقوس أو نسبة ما تغطيه من الطول الكلي لهذا الجانب.

ومن خلال الشكل رقم (١٠ – أ) والذي يوضح التوزيع العام لدرجات تقوس الجانب الجنوبي الشرقي تبين أن التوزيع ثلاثي الشكل بمعنى أنه ينقسم إلى ثلاث مجموعات رئيسة: المجموعة الرئيسة الأولى ذات قيم موجبة وتشير إلى تحدب السطح وتغطي ٤٥,١% من طول هذا الجانب أي ما يقرب من نصف طول هذا الجانب وتتراوح درجة تقوسها ما بين ١° – ١١° درجة وزاويتها المميزة هي ١° وتغطي ٢٠,٢% من طول هذا الجانب، وتتكون هذه المحدبات على الأجزاء السفلى والوسطي من هذا الجانب. أما المجموعة الثانية فتمثل الأجزاء المستقيمة التي لا يتغير عليها الانحدار وتشغل ٣٥% من طول هذا الجانب وتتكون الأجزاء المستقيمة الانحدار على الأجزاء العليا من الجانب الجنوبي الشرقي. أما المجموعة الرئيسية الثالثة ذات قيم سالبة فتشير إلى الأجزاء المقعرة وتغطي ١٩,٩% من طول هذا الجانب وتتراوح درجة تقوسها ما بين(١درجة) و(١٤,٥ درجة) ويمكن تميز مجموعتين ثانويتين داخل هذه المجموعة هما: المجموعة الثانوية الأولى



شكل (١٠) درجات التقوس على الجانب الجنوبي الشرقي للكثبان الطولية بمخفض وادي الريان

وتتراوح قيم تقوسها ما بين ١ و ١٠ درجة وتغطي ١٧,٣% من طول هذا الجانب، أما المجموعة الثانوية الثانية فتتراوح درجة تقوسها بين ١٣ – ١٥ درجة وتغطي ٢,٦% من طول هذا الجانب وتُمثل هذا العناصر المقعرة على الأجزاء الدنيا من هذا الجانب.

ونستخلص من هذا التحليل أن الشكل المحدب أو الشكل المستقيم هو الشكل المميز للجانب الجنوبي الشرقي على معظم الكثبان، وأن كان الشكل المحدب هو السائد على معظم الكثبان، ويتسم بأن درجات التقوس(المحدبة) السائدة هي اللطيفة.

وعند تحليل التباين في سمات الشكل بين فئات الأحجام الثلاث اعتماداً على نفس الأساس السابق يمكن أن يتضح من الشكل (١٠ب، جـ، د) أنه على الرغم من وجود مجموعات التقوس الثلاث على فئات الأحجام بنفس الأهمية التي ظهرت في التوزيع العام للكثبان المختارة، إلا أن هناك أوجه اختلاف **تتمثل في الآتي:-**

- تنخفض نسبة الأجزاء المستقيمة من ٤٤,١% و ٢٨% و٣١,٧% على الكثبان الكبيرة والمتوسطة والصغيرة على التوالي، ويدل هذا على أن الجانب الجنوبي الشرقي المستقيم الشكل يتكون على الكثبان الكبيرة الحجم.
- تزداد العناصر المحدبة على منحدرات الجانب الجنوبي الشرقي كلما زاد حجم الكثبان وهي ٥١,٤% و ٤٥,٨% من طول هذا الجانب في الكثبان المتوسطة والصغيرة الحجم، وإن كان هذا لا ينطبق على الكثبان الكبيرة الحجم ، حيث تقل نسبة العناصر المحدبة على هذا الجانب بالنسبة لها، وربما يرجع ذلك إلى قلة عدد الكثبان الممثلة لهذه الفئة.
- تزيد العناصر المقعرة الشكل كلما قل حجم الكثبان فتشكل ٢٢,٥% و ٢٠,٧% و ١٣,٥% من جملة طول هذا الجانب على الكثبان الصغيرة والمتوسطة والكبيرة على التوالي.
- تتسم درجات تقوس المحدبات بأنها ذات درجات تقوس لطيفة حيث تتراوح بين ١ و ١١ درجة، وكذلك تتسم درجات تقوس المقعرات بأنها ذات درجات تقوس لطيفة ومتوسطة وتتراوح بين ١ – ١٥ درجة على كل فئات الكثبان المختلفة.

الخلاصة

من التحليل السابق لمنحدرات الكثبان الطولية في منخفض وادي الريان، يمكن التوصل إلى النتائج التالية:-

١. يتسم توزيع زوايا الانحدار بأنه متصل الشكل لكل الكثبان قيد الدراسة والكثبان الكبيرة الحجم، في حين أنه ثلاثي الشكل على الكثبان المتوسطة والصغيرة الحجم، وتشكل الزوايا اللطيفة والمتوسطة الانحدار (صفرْ – ٢٤ْ) ٩١,٧% من الأطوال على الكثبان الصغيرة الحجم، و٨٦,٤% على الكثبان الكبيرة الحجم، بينما تشكل الزوايا الشديدة الانحدار التي تتراوح بين ٢٥ – ٣٣ درجة نسبة تتراوح بين ١٣,٦% و ٨,٣% من التوزيع الكلي فقط.

٢. هناك ثلاث زوايا مميزة لمنحدرات الكثبان الأولى ٣ درجات وتتمثل على كل الكثبان والكثبان الكبيرة الحجم – خاصة – وهي أيضًا نفس الزاوية المميزة للجانب الشمالي الغربي للكثبان (المواجه للرياح)، أما الزاوية الثانية فهي ١٠ درجات وتتمثل على كل الكثبان بجميع أحجامها المختلفة، بينما تمثل الزاوية الثالثة (٣٠ْ– ٣١ْ) وهي نفس الزاوية المميزة لمنحدر الجانب الجنوبي الشرقي لكل الكثبان.

٣. يتسم توزيع زوايا الانحدار على الجانب الشمالي الغربي (المواجه للرياح) بأنه متصل على كل الكثبان والكبيرة الحجم، في حين أنه ثنائي الشكل على الكثبان المتوسطة والصغيرة الحجم.

٤. يتسم توزيع زوايا الانحدار على الجانب الجنوبي الشرقي (جانب ظل الرياح) بأنه ثنائي الشكل أي ينقسم إلى مجموعتين رئيسيتين: الأولى تتراوح زوايا انحدارها بين صفرْ و ٢١ درجة وتشكل مسافة طولية تتراوح بين ٧٤,٨% و ٨٣,٢% من طول هذا الجانب، أما المجموعة الثانية فتتراوح زوايا انحدارها بين ٢٩ و ٣٣ درجة وتشغل مسافة تتراوح بين ١٦,٨ و ٢٥,٠٢% من جملة الأطوال.

٥. يتشابه توزيع زوايا الانحدار على الجانب الشمالي الغربي لفئات الكثبان المختلفة الحجم مع التوزيع العام لكل الكثبان المختارة في أنه ثلاثي التوزيع حيث تُمثل المجموعات الثلاثة للتقوس(المحدبة والمقعرة والمستقيمة).

٦. تُفوق الأجزاء المستقيمة على العناصر المحدبة والعناصر المقعرة في شكل منحدر الجانب المواجه للرياح(الشمالي الغربي) في كل الكثبان والكثبان الكبيرة والمتوسطة الحجم حيث تشكل حوالي نصف طول هذا الجانب في كل الكثبان قيد الدراسة، وأكثر من النصف على الكثبان الكبيرة الحجم حوالي ٦٠,٤% ، وحوالي ٤١% من طول هذا الجانب على الكثبان المتوسطة الحجم.

٧. هناك علاقة بين العناصر المحدبة على الجانب الشمالي الغربي وحجم الكثبان حيث تزداد العناصر المحدبة كلما قل حجم الكثبان، فنجد أن العناصر المحدبة تشكل ٤٢,٤% و٣٣% و١٨,٦% من طول هذا الجانب للكثبان الصغيرة والمتوسطة والكبيرة الحجم على التوالي، في حين يوجد العكس بالنسبة للعناصر المقعرة حيث تقل العناصر المقعرة كلما قل حجم الكثبان.

٨. سيادة قيم التقوس اللطيف(أقل من ثلاث درجات) على طول العناصر المحدبة والمقعرة على سطح الجانب الشمالي الغربي لكثبان الفئات الثلاث .

٩. تسود العناصر المحدبة على سطح الجانب الجنوبي الشرقي للكثبان فتمثل أقل قليلاً من نصف طول هذا الجانب ٤٥,١%، وتتراوح درجة تقوسها بين ١ و ١١درجة وزاويتها المميزة(١) درجة وتغطي ٢٠,٢% من طول هذا الجانب معنى ذلك أن الانحدار اللطيف أيضًا هو السائد على هذا الجانب.

١٠. تشغل الأجزاء المستقيمة أكثر من ثلث طول هذا الجانب أي حوالي ٣٥% منه، ويتركز توزيع هذه الأجزاء على هذا الجانب بالقرب من القمة في مسافة تتراوح بين ٢متر و١٣متر، وهذا التباين في الطول يرجع إلى التباين في حجم الكثبان.

١١. يتميز هذا الجانب(الجنوبي الشرقي) بسيادة الشكل المحدب – المقعر – المستقيم على معظم الكثبان، وإن كان الشكل المحدب هو السائد على معظم الكثبان ويتسم بأن درجة التقوس السائدة هي الدرجات اللطيفة.

١٢.تتشابه هذه النتائج في معظمها مع ما توصلت إليه دراسات سابقة عن الكثبان الرملية في مصر خاصة الصحراء الغربية وشرق الدلتا وفي أقطار أخرى من العالم العربي.

١٣.من الممكن الاستفادة من هذه الدراسة التحليلية لسمات منحدرات الكثبان الرملية في الاستعانة بها في درئ خطر حركة وانهيال الرمال من جانب ظل الرياح خاصة على الطريق الممتد بقاع المنخفض قاطعًا نطاق الكثبان.

المراجـــع

أولاً: المراجع العربية :

[١] أمبابي : (نبيل سيد) ، عاشور (محمود محمد) ، ١٩٨٣ : الكثبان الرملية في شبه جزيرة قطر، الجزء الأول، مركز الوثائق والبحوث الإنسانية ، جامعة قطر ، الدوحة.

[٢] دسوقي (أمين صابر) ١٩٨٨: "التحليل المورفومتري للكثبان الرملية الهلالية في الجزء الأدنى من حوض وادي المساجد- شمال سيناء" المجلة الجغرافية المصرية، العدد العشرون، القاهرة.

[٣] دسوقي (صابر أمين) ٢٠٠٠ : "الكثبان الطولية شرقي قناة السويس في تحليل جيومورفولوجي" المجلة الجغرافية المصرية، العدد الخامس والثلاثون، الجزء الأول، القاهرة.

[٤] عبد الباقي (جمال السيد) ، ١٩٩٣ : جيمورفولوجية منخفض وادي الريان، رسالة ماجستير، غير منشورة، كلية الآداب – جامعة عين شمس.

[٥] على (أحمد عبد السلام) ١٩٩٩ : "جيومورفولوجية الكثبان الطولية شمال شرق منخفض البحرية" ، المجلة الجغرافية المصرية، العدد الرابع والثلاثون ، الجزء الثاني، القاهرة.

[٦] على (أحمد عبد السلام) ٢٠٠١: " الكثبان الرملية غرب وجنوب سلطنة عمان(رمال الربع الخالي): دراسة جيومورفولوجية"، نشرة رسائل جغرافية، قسم الجغرافية والجمعية الجغرافية الكويتية، العدد(٢٥٩)، الكويت.

[٧] الكيالي:(منى عبد الرحمن)، ١٩٩٩: " التحليل المورفومتري لسفوح الكثبان الرملية الهلالية في بحر رمال شمال سيناء" مركز الخدمة للاستشارات البحثية، شعبة الجغرافيا، الجغرافيا والتنمية، كلية الآداب، جامعة المنوفية، العدد الثامن عشر.

[٨] موسى(عواد حامد) ١٩٩٤: "الكثبان الرملية في شرق الدلتا : دراسة جيومورفولوجية"، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية الآداب – جامعة عين شمس.

ثانياً: المراجع الأجنبية :

[9]	Abdel Rahman, M.A, Embabi, N.S, Mostafa, A., 1980-1981, Some Geomorphological aspects of Siwa Region Bull. Soc. Geog. D'Egypte, vol. 53-54, pp.17-41.
[10]	Bagnold, R. A., 1941, The Physics Blown Sand and Desert Dunes , Methuen London.
[11]	Breed, C. S. and Grow, T., 1979, Morphology and Distribution Dunes in Sand Seas observed by Remote Sensing, chapter J., Pp.253-282 in "A study of Global Sand Seas" Edwin, D. mckee, editor U.S. Geol. Survey Professional paper 1052.
[12]	Cook, R., Warren, A. and Goudie, A., 1993, Desert Geomorphology, UCL Press Limited, London.
[13]	Embabi, N.S., 1976-77, Slope form of Barchan Dunes at Kharga and Dakhla Depression, Bull. Soc. Geog, J'Egypte, Vol. 49-50, pp. 13-38.
[14]	Embabi, N.S., 1991, Dune Types and Patterns in the United Arab Emirates using Landsat TM Data, Proceedings of the 24th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Vol.2, pp.895-909.
[15]	Embabi, N.S., 1995, Types and Patterns of Sand Dunes in Egyt, Bull. Soc. Geogr. D'Egypt, Vol. 68, PP.57-89.
[16]	Lancaster, N., 1982c, Spatial Variations in Linear Dune Morphology and Sediments in the Namib Sand sea, Palaeocology of Africa, 15, pp.173-182.
[17]	Lancaster, N., 1989, The Namib Sand Sea, Dune Forms, Processes and Sediments, Brookfield.
[18]	Maxwell, T.A. 1982, Sand Sheet and Lag Deposits in the Southwestern Desert. In: El-Paz o.f. And Maxwell T. (eds) Desert Landforms of Southwest Egypt: Absis for Comparison with Mars: 157-174, Washington DC: NASA.
[19]	Pya, K. and Tsoar, h., 1990, Aeolian Sand and Sand Dunes, Unwin Hyman Ltd., London.
[20]	Tsoar, H. 1989: Linear Dunes Forms and Formation, Prog. Phys. Geogr., 13 pp. 507-528.
[21]	Tsoar, H. 1993, Dynamic processes acting on a Longitudin (seif) Sand Dune, Sedimentology, 30, pp.567-578.
[22]	Young, A., 1972, Slopes, Oliver and Beyd, Edinburgh.

&&&&&

التحليل المورفومتري لمنحدرات الكثبان الرملية الطويلة في منخفض وادي الريان

د. عواد حامد موسى

يناقش هذا البحث موضوع التحليل المورفومتري لمنحدرات الكثبان الرملية الطويلة في منخفض وادي الريان، ويعد منخفض وادي الريان أحد منخفضات الصحراء الغربية القريبة من وادي النيل، والكثبان الطولية فيه من أوضح أشكال السطح، حيث تغطي مساحة تقدر بحوالي ٤٣١كم^2 أي ما يمثل حوالي ٨,٦% من مساحة المنخفض، وتتوزع في نطاقين ، ويهدف هذا البحث إلى التعرف على الجوانب التالية: تحليل الخصائص الكمية لقطاعات المنحدرات، وتحليل زوايا الانحدار، وتحليل التقوس، ولتحقيق هذا الهدف تم عمل دراسة ميدانية لعدد ٢٠ قطاعًا ، وقياس أبعادها (الطول والعرض والارتفاع) وقياس زوايا الانحدار على سطوحها بواسطة جهاز انبي لايفل ثم رسم هذه القطاعات وتحليلها إحصائيًا.

وخلص هذا البحث إلى أن الكثبان الرملية الطولية في المنخفض تتراوح أطوالها بين ١٥٠متر و٨٥٠مترًا ، وارتفاعها بين ١,٥متر و ١٥مترًا، وعرضها بين ٣٦,٥متر و ١٩,٥مترًا، ويتسم توزيع زوايا الانحدار على منحدراتها بأنه متصل الشكل، وتشكل الزوايا اللطيفة والمتوسطة الانحدار صفر ٢٤٠ حوالي ٩١,٧% من الأطوال على سطوح الكثبان الصغيرة الحجم ، و٨٦,٤% على منحدرات الكثبان كبيرة الحجم، بينما تشكل الزوايا الشديدة الانحدار والتي تتراوح بين ٢٥ و ٣٣ بنسبة تتراوح بين ٨,٣% و١٣,٦% من التوزيع على التوالي، وتبين وجود ثلاث زوايا مميزة لمنحدرات الكثبان وهي ٣ و ١٠ و ٣٠ وأن كانت الزاوية ٣ هي السائدة حيث تغطي ٧,٣% من أطوال القطاعات، ويتسم تقوس منحدراتها بسيادة الأجزاء المستقيمة على الجانب المواجه للرياح، وكذلك سيادة قيم التقوس اللطيف(أقل من ثلاث درجات) على طول العناصر المحدبة والمقعرة على سطوح الكثبان، وتبين وجود علاقة بين العناصر المحدبة وحجم الكثبان حيث تزداد العناصر المحدبة كلما قل حجم الكثبان.

This present study discusses the morphometeric analysis of the slopes for the elongated sand dunes in the Ra'ayan depression. Ra'ayan Depression is considered as one of the Western Desert depressions, which is close to Nile Valley. The elongated dunes represent a conspicuous landform of the depression and cover an area of about 431 km^2 (8.6% of the total

surface area). They are distributed into two zones. This study aims to determine (1) the quantitative analysis of slopes in different sections of dunes, (2) the angles of slopes; and (3) the degree of curvatures. To achieve that goal, a detailed fieled work of twenty elogated sections through the dunes comprising the determination of the dimensions (length, width, heght), and angles of slopes, in addition to ststistical analysis of data were carried out.

This study concluded that the elongated sand dunes have an elongation between 150 and 850m, width between 36.5 and 119.5m, and height between 1.5 and 15m. The angles of slopes on the dunes surface are connected and continuous. The gentle and medium angles (0-24°) constitute 91.7% of the total surfaces of the small sand dunes, and 86.4% of the large dunes, while high angles of slopes (25-33°) from 8.3%and 13.6% of the total distribution, respectively. The common angles of slopes are grouped into three; 3°, 10°, and 30°, the former is the most dominant and covers 7.3% of the studied sections. The dunes curvatures are characterized by predominance of straight parts in the sides that face the wind directions, and gentle angles of slopes (<3°) along the convex and concave elements of the dune surfaces. There is relationship between the convex elements and the size of dunes, where the convex elements increase with decreasing the dunes zsize.