تحليل وتصنيف الخصائص المورفومترية لأحواض أودية قاع الأزرق باستخدام نظام المعلومات الجغرافي لأغراض دعم خطط إدارته البيئية المتكاملة

*سامر عوض النوايسة**

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل وتصنيف الخصائص المورفومترية لأحواض أودية قاع الأزرق باستخدام نظام المعلومات الجغرافي لأغراض دعم خطط إدارته البيئية المتكاملة. ولتحقيق هذا الهدف فقد تم إجراء تحليل إحصائي يعتمد على نتائج معاملات الارتباط والانحدار المتعدد والتحليل العاملي والعنقودي، بهدف بناء قاعدة بيانات جغرافية للحوض تشمل المعطيات البيئية وخصائصها العامة، لوصف وتفسير التباين في الخصائص المورفومترية، والخروج بأصناف حوضية مميزة تكون للعوامل والعمليات الطبيعية أثر في تشكيلها. وتوصلت الدراسة إلى أن هناك أربعة عوامل وأنماط حوضية، تتجمع حولها المتغيرات المورفومترية. وأوصت الدراسة بضرورة اعتبار الحوض المائي وحدة أساسية كونه يمثل أنسب الوحدات لإجراء تصنيف لأغراض تطوير وإدارة أراضي الأحواض.

الكلمات الدالة: التحليل المورفومتري، حوض الأزرق، الإدارة البيئية المتكاملة، نظم المعلومات الجغرافية التحليل العاملي والعنقودي.

المقدمة

يعد الحوض المائي وحدة أرضية أساسية تمثل نظاماً مثالياً للإدارة البيئية والتنمية المستدامة للموارد الطبيعية، تفرضها ضرورة التقدير العقلاني لاستغلال تلك الموارد من جهة، واستدامتها المثلى Optimaland Sustainable Development من جهة أخرى (Patel, et al,2013)، بطاقة إنتاجية تحمل القدر الأكبر من الانتفاع والاستفادة الاقتصادية، وتنسجم مع العمل ضمن إطار الحمولة الآمنة Safe carrying capacity، وتتلاءم مع الحدود الدنيا من المخاطر البيئية المحتملة.

ونظراً لتعدد المتغيرات الحوضية وخصائص شبكة التصريف المائي وعدم كفاية أو وجود محطات لقياسها المباشر، فإن ذلك يجعل من الضروري الاعتماد على طرق أخرى لتقييم المتغيرات المورفومترية للأحواض. من خلال الاستفادة من جملة العلاقات بين المتغيرات نفسها، التي نجم عنها مجموعة من القوانين المحددة، ليس الغرض منه التحديد الكمي الدقيق للعوامل المنتجة للمتغيرات، بقدر ما هو معرفة الشكل العام؛ بغية الوصول إلى أسس علمية لبناء الصيغ الرياضية، لتحديد سلوك المتغيرات وعلاقاتها المتبادلة، والتنبؤ بها مستقبلاً (Zavoianu.I, 2011).

وأدت التطورات السريعة للتقنيات الحديثة في مجال تكنولوجيا المعلومات المكانية بفعل برمجيات الاستشعار عن بعد، ونظم المعلومات الجغرافية GIS، ونماذج الارتفاع الرقمي DEM (Digital Elevation Model)، إلى التوسع باستخدامها في مجال الدراسات الكمية الجيومورفولوجية. لتصبح أدوات فعالة للتغلب على معظم مشكلات القياس التقليدي، ولتكون بيئات حاضنة، لإنجاز الدراسات المورفومترية بدقة وسرعة عالية، ووسيلة غير مكلفة لتحليل النظم الحوضية وشبكات الجريان المائي وبتمثيل كارتوغرافي، ومعالجات مكانية وبيانية تكفل الوصول إلى النتائج، بأقل جهد وكلفة ووقت ممكن(Magesh, 2011). ومما شجع الباحثين أيضاً على استخدام هذه النظم،التنوع في الدراسات المورفومترية لأحواض التصريف المائي من جهة، وارتباطها بالأبعاد التنموية والعوامل البيئية من جهة أخرى، واستخدمها أداة لتحليل اللاندسكيب الطبيعي (Esper, 2008)، ودراسات تقييم الامكانيات الفعلية للمياه الجوفية للأحواض (Ganga, 2004)، وتحديد الموقع الأنسب لبناء السدود، ومناطق التغذية الصناعية للطبقات الحاملة للمياه الجوفية (Ozdemir, Bird, 2009)، بالإضافة إلى رسم خرائط الفيضان (Moussa, 2003) ونطاقات انجراف التربة

* قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة اليرموك. تاريخ استلام البحث 2016/02/11، وتاريخ قبوله 2016/03/07.

© 2017 عمادة البحث العلمي وضمان الجودة/ الجامعة الأردنية. جميع الحقوق محفوظة.

المحتملة داخل المساحات الحوضية (Mesaim, 2006).

يعد حوض قاع الأزرق جزءاً من البادية الأردنية، الواقع في الجانب الشمالي الشرقي منها، الذي يشكل بعداً استراتيجياً وتنموياً مهماً؛ نظراً لطبيعة الإمكانيات الايكولوجية التي أكسبها إياها امتداده الواسع، وعلى رأسها اعتباره أهم مصدر من مصادر المياه الجوفية في الأردن. حيث شكلت مورداً مهماً من موارد التزويد المائي لأكبر التجمعات السكانية (العاصمة عمان، واربد، والزرقاء)، متعدياً الحدود الآمنة للإنتاج المائي الجوفي. ليشكل فيما بعد أكثر الأحواض التي استنزفت وأفرط في ضخ مياهها بأسلوب جائر أثر على كمية ونوعية المياه في الحوض. وصاحب ذلك ظهور العديد من المشاكل البيئية الأخرى والمتمثلة بسوء استعمال أراضيه والتضارب الكبير بين الاستعمالات المختلفة مما أدى إلى الإخلال بالتوازن البيئي وتراكم التأثيرات السلبية.

ونتيجة للوضع السابق أصبح الحوض إقليماً جاذباً للعديد من الدراسات البيئية، التي ركزت في الكثير من جوانبها على النواحي الهيدرولوجية كدراسة كلاً من: (Holen, 1995)، (Al-zubi, 2000) (AL-Hadidi, & Al-Kharabsheh, 1995) (Subih.2001، (Jasem, & Alraggad, 2009)، (Shatanawi, & Sahawneh, 1996). (Taany, Al-Kharabsheh, A. 1997). (Gibbs, 1993). (Al-Adamat, R. 2003). 1996)، وبعض الدراسات المتعلقة بالمتغيرات البيئية المرتبطة بالعمليات الأرضية مثل دراسة (Al-Qudah, K. 2003) (AL-Momani, et al,2006). Kaudes, & Aeschach, 2011)، (الشواوره، 1970)، (ملكاوي، 1997)، (ابوعجمية، 1999)، (شهبز، 2010). وعلى الرغم من أن الدراسة الجيومورفولوجية لم تولِّ الجانب الكبير من الاهتمام في الحوض، إلا أن معظم الدراسات ركزت على طابع الأراضي الجافة وشبة الجافة ذات الهطول المطري الاستثنائي المرافق لحالات عدم الاستقرار الجوي، محدثه جريانات مائية ذات فعالية تصريفية استثنائية أيضاً، ترتبط بها بعض العمليات الرسوبية، التي تفسر من منظور الاهتمام الجيولوجي والهيدروجيولوجي ومعطياته العامة، حتى ما يتم التركيز فيه على الأبعاد الجيومورفولوجية للحوض الكلي والأحواض الفرعية، لم يقدم التفسير العلمي المتكامل حول ديناميات الأحواض المائية وشبكة التصريف المائي، ومعطياتها المورفومترية المختلفة.

مشكلة الدراسة ومبرراتها:

أدى تنوع المعطيات البيئية في حوض قاع الأزرق، الذي تشترك فيه الظروف الجيولوجية والهيدرولوجية والمناخية مع شبكة الأقنية والمجاري المائية ضمن المساحة الحوضية، إلى تطوير عمليات جيومورفولوجية تلقي الضوء على مجمل التغيرات البيئية، التي تعرض لها الحوض. مما يجعله يمثل نظاماً مفتوحاً مستقلاً له خصوصيته النظامية وحساسيته واستجاباته الخاصة به، خاصة مع تعرضه للكثير من المشاكل البيئية وعلى رأسها استنزاف المياه الجوفية وتدني معدلات الهطول المطري وتراجع مساحات الغطاء النباتي، وزيادة معدلات التعرية المائية والريحية، بالإضافة إلى التزايد في أعداد السكان والضغط على الموارد الطبيعية المحددة والهشة، مما جعل نظامه البيئي في تدهور دائم يتطلب عمل خطط متكاملة تدمج النواحي البيئية للوصول إلى مرحلة من الاتزان.

ونظراً لما تمثله الخصائص المورفومترية من أساليب تحليلية تتناول الأحواض المائية من خلال الاعتماد على بيانات مأخوذة من طرق عدة، لتحديد الخصائص الحوضية وشبكة التصريف المائي ظاهرة طبيعية لها علاقة مباشرة مع التحديد الأمثل لاستخدام الأرض، التي تؤدي بالنتيجة إلى إعطاء تصوراً واضحاً للمشاريع المتعلقة بإعادة التأهيل البيئي لحوض الازرق. جاءت الدراسة لتحليل وتصنيف الخصائص المورفومترية لحوض الأزرق باستخدام أنظمة المعلومات الجغرافية لأغراض دعم خطط الإدارة البيئية المتكاملة في أراضي الحوض، من خلال بناء قاعدة بيانات جغرافية تتصف بالدقة والشمولية ودرجة الوضوح المكانية العالية. ويكمن أبرز أهم مسوغات الدراسة بما يلي:

– تسهم الدراسة الحالية في سد النقص الحاصل في مجال الدراسات الموفومترية الخاصة بحوض الأزرق للاستفادة من نتائجها في مجال توفير معلومات مورفومترية كمية للبيئة الحوضية؛ لدمجها مع منظومة الخطط البيئية المعدة للحوض.

– تبني الجهات المعنية بالتنمية المستدامة في البادية الأردنية (مركز بحوث وتطوير البادية الأردنية المجلس الأعلى للعلوم والتكنولوجيا، الصندوق الهاشمي لتنمية البادية الأردنية)، إجراء منهجياً جديداً يعتمد الحوض المائي وحدة تنموية أساسية ينبغي تعميمها لأغراض التخطيط الاقتصادي والاجتماعي، الذي بدا فعلياً بتنفيذ مشروع المسح التكاملي للموارد في حوض الأزرق.

– جاء استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية مناسباً لمثل هذه الدراسة. نظراً لوقوع أجزاء من أراضي حوض الأزرق خارج الحدود الأردنية ضمن الأراضي السورية، والسعودية، ذلك يفرض صعوبات في إجراء الدراسات الميدانية والقياسات المورفومترية على جميع الأراضي داخل الحوض، بالإضافة إلى كبر مساحته الحوضية، التي تشكل ما نسبته (12%) من مساحة الأردن.

– تقديم مقترحات معتمده على نتائج تحليل وتصنيف الخصائص المورفومترية للحوض تساعد الهيئات المعنية بعمليات التخطيط والتنمية في بناء خطط الإدارة البيئية المتكاملة وإعادة تأهيل وتلافي التدهور البيئي القائم في الحوض؛ لتكون عوناً لمتخذ القرار في اتخاذ أنسب البدائل لإعادة التوازن البيئي لمنطقة هشة في إدارتها وتنميتها.

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى ما يلي:

1. بناء قاعدة بيانات جغرافية Geo database لحوض قاع الأزرق، وأحواض الأدوية المنتهية إليه، تشمل المعطيات البيئية وخصائصها العامة.

2. دراسة الخصائص المورفومترية لأحواض أودية قاع الأزرق والمتمثلة بالمتغيرات المساحية، والشكلية والنسيج الحوضي، وشبكة المجاري المائية، والتضاريسية.

3. وصف التباين وتفسيره في الخصائص المورفومترية لأحواض أودية قاع الأزرق، والتعرف على أهم العوامل التي تقف وراء هذا التباين، للخروج بأصناف حوضية مميزة تكون للعوامل والعمليات الطبيعية أثر في تشكيلها، تسأهم في بناء خطط الإدارة البيئية المتكاملة للحوض.

موقع منطقة الدراسة:

يقع حوض الأزرق في الجانب الشمالي الشرقي من البادية الأردنية، وتترامى جوانبه على الهضبة الجيرية بين خطي طول ً35 َ9 ْ36 – ً9 َ39 ْ37 شرقاً، ودرجتي عرض ً11 َ4 ْ31 – ً14 َ37 ْ32 شمالاً. تبلغ مساحة الحوض حوالي 12507.3كم2، يدخل بامتداده الواسع الأراضي السورية من الجهات الشمالية، بالمرتفعات العالية، التي يربو ارتفاعها عن 1500م عن سطح البحر في جبل العرب، بما نسبته 6% من مساحة حوضه الكلي، بينما يوقفه وادي السرحان عن الابتعاد شرقاً، فلا يمتد سوى 1% داخل الأراضي السعودية متخذاً شكلاً شبة مستدير، بينما تتقابل مناطق تقسيم مياهه مع حوض الحماد والسرحان والموجب من الجهة الجنوبية والشرقية في الجانب الأردني، وتقع غالبية تجمعاته السكانية في وسط الحوض عند مستوى القاعدة المحلي بأرتفاع 500م عن سطح البحر، بما يطلق عليه القاع Qa'a، أو أراضي السبخة Sabkhah، وتتبع إدارياً لمحافظة الزرقاء، وتقع على بعد حوالي 100كم شرقي العاصمة عمان، وتتبع مجمل أراضي الحوض لأربع محافظات هي: العاصمة عمان، والزرقاء، والمفرق، ومعان.

منهجية الدراسة وأساليب التحليل

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي المتبوع بالأسلوب الكمي، من خلال دراسة ووصف البيانات الحوضية لأدوية قاع الأزرق، بعد إدخال بياناتها المكانية والجدولية ضمن المعالجات الحاسوبية باستخدام نظام المعلومات الجغرافي، وتحليلها لاشتقاق المتغيرات المورفومترية لأحواض الأدوية التي تصب في أراضي القاع، من أجل تحقيق أهداف الدراسة والمتعلقة ببناء قاعدة بيانات جغرافية تحوي المتغيرات المورفومترية وجميع المعطيات البيئية، التي تحكم سير تلك المتغيرات ضمن العوامل الطبوغرافية، والجيولوجية، والمناخية، والأنثروبولوجية. لأجل تلك الغاية جمعت البيانات من مصادرها المختلفة ووفق الإجراءات التالية:

1. جمعت البيانات المتعلقة بالمعطيات الطبيعية لحوض قاع الأزرق من مصادر متعددة، ممثلة بالدوائر والمؤسسات الرسمية وغير الرسمية للحصول على مجموعة من الخرائط الجيولوجية والطبوغرافية مقياس (1:50000)، للأعوام (1994،1999) من سلطة المصادر الطبيعية والمركز الجغرافي الملكي وعلى التوالي، وأخرى تمثل خصائص العناصر المناخية تم الحصول عليها من دائرة الأرصاد الجوية للأعوام (2000–2014)، بالإضافة إلى بعض الدراسات والتقارير المنشوره وغير المنشورة، المتعلقة بأحد الجوانب الطبيعية للحوض. تم التعامل معها ضمن أدبيات الإدخال لبيئة نظم المعلومات الجغرافية لبرنامج ArcGIS 10.2، باستخدام نظام إسقاط الشبكة الجغرافية (WGS 84)، وبعض ملحقات برنامج Microsoft Office Excel 2007.

2. تم الحصول على نموذج الارتفاع الرقمي DEM (Digital Elevation Model)، لمنطقة الدراسة من خلال رصد القمر الصناعي SRTM2 DEM (Shuttle Rader Topographic Mission) لعام 2014 وبقدرة تمييزية 90م المخزنة لموقع حوض قاع الأزرق على (Path.173,Row38)، ومن خلاله تم اشتقاق حدود الحوض وشبكة المجاري المائية باستخدام أداة Arc Hydro من نظام Arc GIS، حيث تم اختيار منطقة العتبة للدقة العمودية والأفقية بمقدار (0.5 كم2) (Constant Threshold Contribution)، والتأكيد عليها من خلال المقارنة البصرية مع الخرائط الطبوغرافية مقياس 1:50000، وذلك بعد تحويل الصيغة التخزينة للطبقة إلى صيغة Grid يقبلها ويتعامل معها البرنامج.

3. تم استخراج رتب المجاري المائية بناءً على طريقة ستريلير (strahlars,1952) لتحديد الرتب النهرية لشبكة الجريان المائي، حيث صنفت المجاري المائية إلى ثلاثة عشر حوضاً مائياً فرعياً (شكل 2)، لتشمل الرتب الرئيسة للأحواض (3–6)، ومن ثم تم حسآب واحد وثلاثون متغيراً مورفومترياً

للأحواض الفرعية وحسب الجدول (1) تضمنت أربعة جوانب شملت: المتغيرات المساحية والشكلية Basin Geometry. ومتغيرات الشبكة المائيةDrainage network. ومتغيرات النسيج الحوضي Drainage texture analysis. والمتغيرات التضاريسيةRelief characteristics.

4. أجريت التحليلات الإحصائية باستخدام برمجية الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية SPSS (Statistical Package for the Social Sciences)، وقد شمل التحليل مصفوفة المتغيرات (13 حوضاً مائياً، 31 متغيراً مورفومترياً).

حيث تضمن التحليل وصفاً إحصائياً للمتغيرات من حيث استخراج مقاييس النزعة المركزية والتشتت: كالمعدل العام، والمدى، والقيم العليا والدنيا، والانحراف المعياري، بالإضافة إلى حسآب معامل الارتباط فيما بين المتغيرات لتوضيح كيف ترتبط وتتفاعل مع بعضها بعض. باستخدام معادلة بيرسون Pearson Correlation، ثم اختبرت العلاقات بواسطة اختبار (T-test) لمعرفة مستويات الدلالة الإحصائية. كما تم تطبيق أسلوب تحليل الانحدار المتدرج Stepwise Regression الذي يستخدم لغايات استنباط الاختيار التدريجي من المتغيرات التابعة وفق تأثيرها في المتغير المستقل، واستبعاد بقية المتغيرات تبعاً لقيمة (P-Value) والمقدرة لمثل هذه الدراسة

$$Y_j = \beta_0 + \beta_1 X_{1j} + \beta_2 X_{2j} + \cdots + \beta_{m-1} X_{mj} + \varepsilon_j$$

($\propto \leq 0.05$) من جملة التباين المفسر (Explained Variance)، وتأخذ معادلة الانحدار المتدرج الصيغة التالية:

حيث إن: Y_j : المتغير التابع، $X_1, X_2, \ldots, X_m$: مجموعة من المتغيرات المستقلة عددها m، β_{j-1}: الثوابت ومعالم خط الانحدار، ε_j : الخطأ فى النموذج وهو متغير عشوائيا.

5. استخدم أسلوبي التحليل العاملي والعنقودي Factor & Cluster Analysis حيث يعد التحليل العاملي وسيلة لدراسة مزيج معقد من العلاقات المتداخلة بين مجموعة من المتغيرات المورفومترية، التي يمكن قياسها واستخدامها للأحواض المختلفة من أجل تلخيص العلاقات المهمة في عدد محدد من الأبعاد والعوامل. ليقدم نتائج جيدة لفهم التباين وطبيعة العلاقات بطريقة موضوعية بسيطة، من أجل وضع مجاميع متجانسة ومتشابهة من المتغيرات المورفومترية لأحواض أودية قاع الأزرق للتعامل معها وحدات مختصرة يكون التباين داخلها أقل ما يمكن، وبينها وبين بقية العوامل المستخرجة أكبر ما يمكن. ومن خلال التعرف على تلك العوامل المفسره يمكن المساهمة في دعم الخطط التنموية ودفع عجلة التنمية في الحوض، من أجل استدامة موارده والتقليل من آثار المشكلات البيئية المتراكمة فيه.

وعند إدخال مصفوفة المتغيرات Data Matrix المكونة من 13 حوضاً مائياً و31 متغيراً مورفومترياً، لبرنامج SPSS من نافذة Statistics- Data Reduction تم إجراء التدوير المتعامد Orthogonal Rotation بأسلوب تحليل المكونات الأساسية Principal Component Analysis وحسب التشبعات المستخرجة للعوامل Loading كلاً وحسب مساهمة أو تأثير المتغير في ذلك العامل، وحدد معيار نسبة التباين الكلية للتشبع بحيث لا يقل عن 0.5، فيما عدّ الواحد الصحيح أو يزيد قيمة التباين الذي يسهم به العامل في الجذر الكامن Eigen Values، وذلك لتوضيح بنية العوامل المستخدمة في تحليل التباين بين متغيرات الدراسة.

ولأغراض تصنيف تلك الأحواض إلى مجموعات حوضيه تتمتع عناصرها بخواص مشتركة يمكن التنبؤ بسلوكها، بناءً على خصائص متغيراتها، تم استخدام الدرجات العاملية Factor scores المستخرجة من التحليل العاملي، من أجل إجراء تحليل عنقودي للأحواض الفرعية، مثلت نتائجه على خرائط الأصناف الحوضية لقاع الأزرق، بالإضافة إلى الاعتماد على الجدأول والأشكال والرسوم البيانية Maps and Diagrams؛ لأغراض توضيح الخصائص البيئية الرئيسة للأحواض الفرعية ومتغيراتها الموفومترية.

العوامل المؤثرة في التشكيل المورفولوجي لأحواض التصريف المائي في منطقة الدراسة

أولاً: طبوغرافية منطقة الدراسة

رسمت الصورة الفيزيوغرافية لحوض الأزرق بسمات القيعان الداخلية الصحراوية، التي تشكلت بمستوى أساس محلي لا يزيد ارتفاعه عن 500م فوق مستوى سطح البحر، تتهادى إليه شبكة الجريان المائي المركزية، حددت طاقتها الحتية بالميل العام لأراضيه، الذي يتحدد بفرق المنسوب وتباينه بين مناطق الأحباس العليا، التي ترتفع عند تلال الموقر في جهاته الجنوبية إلى 900م، بينما تتجاوز ذلك في مناطقه الشمالية المتضرسه إلى حدود 1550 م عند منابعه في جبل العرب بالقرب من بلدة تيلين السورية. وبذلك تقطعت أوصاله بمجموعة من الأدوية الرئيسة والفرعية، تلقي بحمولتها خلال الفترات المطيرة في السباخ الداخلية مكونة بحيرة مالحة ضحلة عمقها 1.25 م، شكلت أراضي القاع والبالغ مساحته 75 كم2، تتصل بدورها بهوامش مالحة متصلبة كانت تشكل جزءاً من بحيرة بلايستوسينية قديمة غطت ما مساحته 450 كم2 من أراضي الحوض (Bander,1974).

الجدول (1)

المقاييس المستخدمة لتقدير المتغيرات المورفومترية

	المتغير المورفومتري	الرمز	الصيغة	المصدر
	المتغيرات المساحية والشكلية.			
١	مساحة الحوض\كم٢ Basin area	A	القياس الالي باستخدام برنامج Arc map10.2	
٢	محيط الحوض\كم Basin perimeter	P	القياس الالي باستخدام برنامج Arc map10.2	Schumm (1956)
٣	طول الحوض\كم Basin length	L_b	القياس الالي باستخدام برنامج Arc map10.2	
٤	عرض الحوض\كم Basin width	W	القياس الالي باستخدام برنامج Arc map10.2	
٥	نسبة الاستطالة Elongation ratio	R_e	$Re = 2\backslash L_b \cdot (A\backslash Pi)^{0.5}$: $Pi = 3.14$	Strahler (1956)
٦	نسبة الاستدارة Circularity ratio	R_c	$R_C = 4PiA\backslash P^2$: $Pi = 3.14$	Miller (1953)
٧	معامل شكل الحوض Form ratio	F_f	$F_f = A\backslash L_b^2$	Horton (1932)
	متغيرات الشبكة المائية			
٨	رتبة المجرى\مجرى Stream order	S_u	ترتيب هرمي تبعا لستريلر	Strahler (1952)
٩	عدد المجاري الاولية\مجرى Stream number	N_1	عدد المجاري المائية من الدرجة الاولى	
١٠	مجموع اعداد المجاري\مجرى total Stream number	N_u	$N_u = N_1+N_2+.....+N_n$	Horton (1945)
١١	مجموع اطوال المجاري\ كم Sum stream length	L_u	$L_u = L_1 + L_2 + ... + L_n$	Strahler (1964)
١٢	معدل اطوال المجاري\كم Stream length ratio	L_{ur}	$L_{ur} = L_u \backslash L_{u-1}$	Horton (1945)
١٣	متوسط نسبة التشعب Mean bifurcation ratio	R_b	$R_b = N_u \backslash N_{u+1}$	Strahler (1964)
١٤	معامل Rho Rhocoefficient	p	$P = L_{ur} \backslash R_b$	Strahler (1952)
	متغيرات النسيج الحوضي.			
١٥	نسبة النسيج الحوضي Texture ratio	R_t	$R_t = N_1 \backslash p$	Schumm (1956)
١٦	النسيج التصريفي Drainage texture	D_t	$D_t = N_u \backslash P$	Horton (1945)
١٧	معامل تماسك الحوض Compactness coefficient	C_c	$C_c = 0.2841 \cdot P\backslash A^{0.5}$	Flusskunde (1945)
١٨	التكرار النهري Stream frequency	F_s	$F_s = N_u\backslash A$	Horton (1932)
١٩	الكثافة التصريفية\كم\كم٢ Drainage density	D_d	$D_d = L_u\backslash A$	
٢٠	ثابت بقاء المجرى\كم٢\كم Constant of channel maintenance	C	$C = 1\backslash D_d$	Schumm (1956)
٢١	شدة التصريف Drainage intensity	D_i	$D_i = F_s\backslash D_d$	Faniran (1968)
٢٢	رقم الترشيح Infiltration number	I_f	$I_f = F_s \cdot D_d$	
٢٣	طول منطقة التدفق\كم Length of overland flow	L_g	$L_g = A\backslash 2 \cdot L_u$	Horton (1945)
	المتغيرات التضاريسية.			
٢٥	اعلى ارتفاع بالحوض\م The highest	Z	اعلى نقاط الحوض ارتفاعاً	القياس الالي باستخدام Arc map 10.2
٢٦	ادنى ارتفاع بالحوض\م The lowest	z	ادنى نقاط الحوض انخفاضاً	
٢٧	تضرس الحوض\م Relative relief	H	$H = Z-z$	Strahler (1952)
٢٨	نسبة التضرس Relief ratio	R_h	$R_h = H\backslash L_b$	Schumm (1956)
٢٩	درجة الخشونة Ruggedness number	R_n	$R_n = D_d \cdot (H\backslash 1000)$	Strahler (1964)
٣٠	معدل الانحدار\درجة mean slope	S_g	$S_g = tan^{-1}(Z-z)\backslash L_b$	Horton (1945)
٢٤	معامل التقطع Dissection index	D_{is}	$D_{is} = H\backslash R_n$	Singh (1994)
٣١	المعامل الهبسومتري Hypsometric curve	H_c	$Hc=(a\backslash A)\backslash(h\backslash Z)$ a\A: المساحة النسبية h\Z: الارتفاع النسبي	Strahler (1952)

تباينت المساحات فيما بين المناسيب المختلفة، فشكلت المساحة بين خطي كنتور 600–800 م نصف مساحة الحوض تقريباً، بينما لم تتجاوز النسبة 4% لأراضي الأسطح العليا، التي يزيد ارتفاعها عن 1100م الواقعة في الجهات الشمالية من الحوض (شكل 3). انعكس الوضع السابق على قيم فئات الانحدار داخل أراضي الحوض، فشكلت فئة الانحدار 2–5 درجات أكبر نسبة من مساحة الحوض بحوالي 88.6% من المساحة الإجمالية، التي تتركز غالبيتها في الأجزاء الوسطى من أراضيه، بينما لم تشكل فئة 10 درجات فأكثر نسبة 1% من أراضي الحوض، التي تنتشر في الأجزاء الشمالية منه. وأظهر اتجاه الانحدار في الحوض كذلك توزيعاً غير متجانس فتعدت الأراضي المستوية وشبة المستوية ما مساحته نصف مساحة أراضي الحوض، بينما سيطرت السفوح الجنوبية والجنوبية الشرقية والغربية على ما يقارب 23.3% من أراضيه، بلغت نسبة السفوح الشرقية منها 8%، وانخفضت لتصل إلى 5.2% للسفوح الغربية، مما يعطي مؤشراً واضحاً أن غالبية السفوح في الحوض تأخذ اتجاه الميل العام للحوض بالاتجاه الجنوبي والجنوبي الشرقي بما نسبته 15.2% من مجمل أراضي الحوض.

ثانياً: جيولوجية حوض قاع الأزرق

تشكل الخصائص الجيولوجية لحوض الأزرق عاملاً رئيساً في تطور اللاندسكيب الطبيعي فيه، من خلال ما فرضته البنية الجيولوجية والمتمثلة بالصدوع، والتراكيب الجيولوجية المنتشره في أراضي الحوض، وتطورها التاريخي، والتوزع الجغرافي لأنواع الصخور، من صياغة شبكة المجاري المائية وتضمينها الاشكال والعمليات الأرضية. يوضح شكل (4) التكوينات الجيولوجية في أراضي الحوض حيث يهيمن على الجزء الشمالي من أراضيه تكوينات اللافا البازلتية، التي انبثقت نتيجة النشاط البركاني في الميوسين/ أول يجوسين، وتباين خروجها بين التدفق والانفجار، ليبلغ سمك طبقته أكثر من 50م في منطقة جبل العرب في الجانب السوري من الحوض، ويتدرج بعد ذلك ليصبح أرق سمكاً نحو الجنوب حتى يختفي تماماً بالقرب من الرسوبيات الحديثة على هوامش القاع.

ونتيجة موجات طغيان مياه البحر وانحساره عن القاع فيما بعد عصر الكريتاسي الأعلى إلى الرباعي فقد غطت تكوينات من الرواسب البحرية على شكل نطاقات تملئ الانخفاضات البنيوية خاصة عند نطاق صدع الفالق Faluk faults في الأجزاء الجنوبية الشرقية من القاع، ليشكل طبقات من الصخور الجيرية المختلط بين الطين والكلس والصخر الجيري الرملي فيما يعرف محلياً بتكوين وادي الشلالة ,Wadi Shallala B5 وتغطيه أحياناً سلسلة من الرواسب السطحية الفيضية الطينية الجيرية وبعض من المرتصفات الصحراوية Pavement (سلطة المصادر الطبيعية، 2014).

في الأجزاء الغربية والوسطى من الحوض يغطي تكوين الرجام Rijam Formation B4، الذي يرجع في تكوينة إلى عصر الأيوسين، ويتكون من الصخر الجيري المتداخل مع طبقات صوانية وطباشيرية ومارل والحجر الجيري الطباشيري، وتشكل في التكوين ظاهرة الحفر الغائرة Sink holes نتيجة ذوبان الأملاح أثناء غمر المياه العذبة في الفترات المطيرة. ويقع تحته تكوين آخر يعود إلى الكريتاسي الأعلى، ويظهر في الأجزاء الغربية والشمالية الغربية من الحوض، ويسمى تكوين الموقر Muwaqqar Formation B3 ويتكون من صخر طباشيري ومارل ومارل طباشيري وكلس، يبلغ سمكة 60–70م ويعد من الطبقات الصخرية الفقيرة بالمياه الجوفية.

ويغطي الحوض رواسب حديثة التكوين سواء الرملية الطينية أو الطينية الكلسية ممزوجة مع الجير والبازلت الدقيق المنقول بواسطة الأدوية الرئيسة والمنتهية بالقاع، وتغطي الرواسب أجزاء واسعة من أراضي الحوض والمرتبطة بوجود المراوح الفيضية وحضيض المنحدرات وبطون الأدوية والمصآب والقيعان الداخلية، التي يرتبط توزيعها فيما بعد بقدرة ونشاط الجريان المائي من جهة والتذرية الريحية من جهة أخرى. تستغل بعض أجزائها لأغراض الزراعة المروية بمياه الينابيع، وذلك لاستوائها وامتدادها الواسع داخل أراضي الحوض خاصةً بمحاذاة القاع.

تعد أراضي الحوض استجابة للكثير من البنى التكتونية التي تعد المسؤولة عن سلوك وتطور المنخفض وميله الإقليمي المتجه نحو الجنوب الشرقي، لتتخذ عمليات التصدع الكتلي اتجاهات شمالية غربية– جنوبية شرقية، وشرقية – غربية، مع وجود طيات محددة ذات ميل لطيف والمرتبطة مع بعض الصدوع الشمالية الشرقية وتراكيبها الخطية.

وتعد المنطقة نشطة تكتونياً بمجموعة من الصدوع تسيطر عليها الحركات الشمالية الشرقية من الدرع العربي Arabian Plate التي غطتها رواسب بحر تيثس Tethys Ocean القديم التي تلها النشاط البركاني غير المتماثل في أجزاء الحوض الشمالية والشمالية الشرقية، وفيما يلي أهم الصدوع المؤثرة في أراضي حوض الأزرق (Bishep, P & Cowell,P,1997).

1. نطاق صدع سواقة Siwaqa fault . بطول حوالي 200 كم تقريباً، ورميته شمالية بطول 100–200م، تصدعت جوانبها وتشوهة نتيجة عمليات التعرية الخارجية، ويرتبط بهذا

الصدع طيات صغيرة نسبياً تعود إلى الكريتاسي – الثلاثي.

2. نطاق صدع الرمثا – وادي السرحان. يعد الأكثر هيمنة في الحوض، ويشمل سلسلة معقدة من الصدوع ذات الرميات الشمالية الغربية، التي تمتد لحوالي 325 كم من الرمثا إلى الحدود السعودية في الجنوب الشرقي، ويعد نطاق مسؤول عن منخفض الأزرق، حيث أوجد نطاقات من الرواسب في العصر الكريتاسي والثلاثي السميكة في بعض أجزاء الحوض.

3. صدع الفالق Faluk faults يشكل الجناح الشرقي لانخفاض فالق حمزة، وتتجه المنخفضات البنيوية المرتبطة به إلى الجنوب والجنوب الشرقي منه ويمتد لحوالي 100كم من بلدات الأزرق إلى الحدود السعودية، ومداه غير معروف تحت التوضعات البازلتية في الشمال والشمال الغربي من الحوض وتصل إزاحتة الراسية إلى أكثر من 300 م.

4. صدع قاع أبو حسان. يقع في الحره البازلتية في شمال شرق الحوض يبلغ طوله داخل الأراضي الأردنية حوالي 140 كم ويرتبط مع العديد من القواطع البركانية في المنطقة Volcanic Dyks.

ثالثاً: جيومورفولوجية منطقة الدراسة

أظهر المركب الأرضي لحوض الأزرق استجابته السريعة لمجموعة من العمليات الباطنية والسطحية تمثلت بالحركات التكتونية، والتغيرات المناخية، التي أوجدت تبايناً في التكوينات الصخرية عبر العصور الجيولوجية المختلفة، مؤدية إلى نهوض الأطراف وبقاء الأجزاء الوسطى كما هي، استوجب ذلك المظهر النافر العمل الجيومورفولوجي، فاستجابة له الجريانات المائية بفعل ما تحقق من ميل أقليمي، مقتفيه آثار التصدعات والتراكيب الجيولوجية، وصولاً إلى مستقراً لها لتلقي حمولتها من الماء والرواسب في مسطحات موحلة وسباخ متجمعة تعرف باسم القاع، تاركة مجموعة من المظاهر الأرضية تبرز فيما بين الظهور الناهض على حدود الحوض الخارجية، والمحدد لمناطق تقسيم المياه لأحواض أودية القاع، وبين تهدلات أطراف الأجزاء الوسطى على شكل حواف حتية مشذبة ومظاهر أرسابية وقيعان داخلية متعددة تستوعب مياه الجريان في الفترات المطيرة، وما أن يفرض الاستواء جوانبه على الأرض حتى تتمهل الجريانات بضرورة تواضع انحدار حضيض السفوح مشكلة أسطح البيدمنت والمراوح الفيضية المتقابلة والمتصلبة بالقشرات الكلسية أحياناً، والمتصلة فيما بينها بأسطح البهادا، تذري الرياح مفتتاتها ما أن تجف لتظهرها بأشكال من الكثيبات الرملية المستعرضة توقفها الهوامش الملحية الموحلة عند أطرافها، بالقرب من مصآب الأدوية عند مستوى أساسها الداخلي. أفرز ذلك اللاندسكيب الطبيعي مجموعة من الأشكال الأرضية، تشمل الهضآب العالية على أطراف الحوض متباينة التركيب الصخري، من هضآب بازلتية متضرسة في الجهات الشمالية، وأخرى في الأجزاء الجنوبية لا تطأول ها بالارتفاع، ولكن تتنوع بتركيبها بين الصخور الجيرية، والصوانية، والطباشيرية، ونتيجة لارتفاع معدلات النفاذية في الصخور البازلتية وكثرة الشقوق والفواصل فيها، وطبيعة احتفاظ أراضي الحوض بالمياه الجارية في الكثير من القيعان الداخلية، فقد ساعد ذلك كله على ظهور طبقات من المياه الجوفية والبينية القريبة من سطح الأرض، سمح بانبجاس مياهها على شكل ينابيع مؤدية إلى ظهور الأراضي الرطبة والسباخ الملحية، بينما أضفت القابلية العالية للصخور الجيرية والطباشيرية، للإذابة خاصةً إذا ما توفر الماء الكافي، إلى تكوين المواد الغرينية الطينية الناعمة القابلة للتذرية الريحية، التي تزداد نعومة بالاتجاه صوب القاع الرئيس.

وبشكل عام تمتاز الهضبة البازلتية بشكلها الكتلي التراكمي فوق طبقات من الحجر الجيري والصواني والطباشير، إذ يكثر فيها مظاهر الضعف الجيومورفولوجي، وأشكال المخاريط والهياكل البركانية والقيعان الداخلية، وأوديتها ضيقة وغير متسعة، نتيجة لعدم وجود نظام تصريف مائي فعال بسبب نفاذيتها العالية، ومن أوديتها وادي راجل، الذي يعد أكبر الأدوية مساحة وأكثرها امتداداً، ليطأول بذلك في منابعه أعلى جهات الحوض ارتفاعاً عند جبل العرب بما يتجاوز 1550م عن سطح البحر، وكوّن لنفسه شبكة جريان مائي تمتاز بفعاليتها النسبية بوجود القدر الكافي من الانحدار لإحداث عمليات التعرية المائية، والمؤدية إلى إيجاد نحت صاعد وصولاً إلى الطبقات الصخرية الضعيفة والمحتوية على شرائح الطين والجير، متجاوز الغطاء السطحي البازلتي المقاوم، مما سهل له عمليات النحت المائي والريحي، فاتسعت بذلك أوديته وازدادت انتشاراً.

تعرضت الهضآب في الجهات الجنوبية والغربية إلى عمليات الطي والتحدب المؤدي إلى بناء الأدوية مثل واديي اسخيم، والرتم، التي تغطي جوانبها فرشاه من الانسيابات البازلتية قللت من ظهور الجريان المائي فيها فأبقتها على حالها، بينما ظهر التقطع في الجزء الجنوبي واضحاً ببروز الأراضي الوعرة Bad land، التي نحتت جوانبها بواسطة عوامل الماء والرياح في وسط تكوينات ضعيفة قليلة الحت ينقصها فعالية الجريان المائي، ويظهر ذلك جلياً أيضاً في الأجزاء الشرقية والمميزه بكثرة عمل الرياح، وتكوين الكثبان الرملية على السطوح الصحراوية شبة المسطحة تقطعها أودية متسعة لطيفة

الانحدار كوادي القشة.

رابعاً: الظروف المناخية في منطقة الدراسة

أسهمت الفترات المناخية المطيرة التي سادت في عصري الميوسين البلايستوسين في بناء الأودية الرئيسة في حوض الأزرق والمتصفة بنمط تصريف مائي مركزي، متجمعة مياهها أثناء الهطول المطري من العواصف الرعدية ضمن حالات عدم الاستقرار الجوي أو من خلال ما يهطل من أمطار نتيجة تعمق المنخفضات الجوية ووصول مساراتها إلى المناطق الشرقية من الأردن، التي ما أن تلبث بالوصول إلى سطح الأرض حتى تتبخر نتيجة الارتفاع العام في درجات الحرارة تاركة القشور الكلسية وراءها، وفي كثير من الأحيان فإن مياه الأمطار لا تصل بجريانها في المسيلات المائية إلى القاع؛ وذلك لأن تدفقاتها غير مركزة بطابع الفيضان الغطائي المنتشر، الذي قد يمكنه من نقل الفتات لكنه عاجز عن إنجاز النحت الحقيقي.

كما فرض المناخ الجاف وشبة الجاف خصائصه على مناطق الحوض، بوجود فصليين محددين هما: الحار الجاف صيفاً والبارد الماطر نسبياً شتاءً، مع وجود أمطار رعدية خلال أشهر الخريف، ويلاحظ أن الأمطار بشكل عام تزداد بالاتجاه الشمال في أراضي الحوض، ليصل معدل هطولها السنوي إلى 500ملم عند جبل العرب، بينما يقل المعدل ليصل إلى أقل من 50ملم سنوياً في قاع الأزرق من الأجزاء الوسطى والجنوبية من الحوض (عايد، 1996)، ومتوسط هطول الأمطار في الحوض بأكمله 87 ملم سنوياً، وعادة ما يحدث الهطول بين كانون الثاني وآذار ليصل عدد أيام الهطول إلى 13 يوم في السنة، شكل (5) وتشير البيانات المناخية لمحطة الأزرق الجنوبي والواقعة في منتصف الحوض، وعلى ارتفاع 521م إلى أن المعدل السنوي لدرجة الحرارة يصل إلى 19.6 سْ، ومعدل درجة الحرارة العظمى والصغرى 26.6 سْ، 11.6سْ على التوالي، وأبرد شهور السنة كانون الثاني وتصل درجة حرارته الى8 سْ، بينما الأشهر الأكثر سخونة هي: تموز، وآب بمعدل يصل إلى 32 سْ، وسجلت عدد ساعات السطوع الشمسي قيماً متباينة، حيث انخفضت إلى 8 ساعات في اليوم في شهري كانون الأول والثاني، بينما ارتفعت لتصل إلى 13.3 ساعة في اليوم في شهر حزيران، ليبلغ المعدل السنوي العام لها حوالي 8.7 ساعة في اليوم (Taany,R.1996).

ويلاحظ أن المعدل اليومي للتبخر وفق مقياس التبخر Class A pan يصل إلى 10.4 ملم، ليتراوح بين 5–19 ملم /يوم في شهري تموز واب، 3–11ملم/يوم خلال شهري كانون الأول والثاني، وتصل معدل سرعة الرياح السنوية 11.6 كم/ساعة، متباينة بين 10–18كم/ساعة في أشهر الصيف، 7–12كم/ساعة خلال أشهر الشتاء، تتجه الرياح القوية خلال فترة الصيف في الاتجاه الشمالي الغربي متحولة إلى الجنوبية الشرقية في فصل الشتاء، وتتميز أنها رياح جافه باردة في الشتاء وحارة مغبره في الصيف، ليصل عدد الأيام المغبره إلى 35 يوم غالبيتها في فصل الصيف، التي يصل معدل الرؤيا فيها إلى حوالي 50م.

خامساً: التربة والغطاء النباتي

تعد تربة الحوض غرينية رسوبية حديثة التكوين خاصةً في المراوح الفيضية تزرع بأنماط زراعية واسعة من الخضروات والفواكه وأشجار الزيتون المروية، وتمتزج مع مكونات الكثبان الرملية، وهناك نوع من التربة الرمادية الصحراوية الضحلة في الهضاب والتلال المحيطة بالقاع وسمكها قليل لا يتجاوز 10سم.

يمتاز الغطاء النباتي بشكل عام في أراضي الحوض أنه قليل يتمثل بالشجيرات الصحراوية مثل: البطم، والصفصاف، والاثل، والرتم، والسدر، والطرفا، في أجزائه الشمالية والشمالية الغربية. وشجيرات رعوية مثل: القطف، والحلفا، والشيح، في الأجزاء الوسطى، مع بعض الحشائش في السهول وبطون الأدوية مثل: القيصوم، والحمض، والشعير البري، (الشواوره، 1970).

نتائج الدراسة ومناقشتها

تم اشتقاق وتحليل المتغيرات المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف المائي لحوض الأزرق، التي تتخذ من قاعه مستوى أساساً محلي لجريانها، وسوف نتناول فيما يلي نتائج تحليل المتغيرات المورفومترية وتوضيح دلالاتها البيئية والجيومورفولوجية.

أولاً: تحليل المتغيرات المورفومترية لمنطقة الدراسة:

(1) المتغيرات المساحية والشكلية:

يوضح الجدول (2) الخصائص الإحصائية للمتغيرات المورفومترية المستخدمة في الدراسة من حيث مقاييس التركز والتباين حول قيم المعدل العام، وبشكل عام فإن مجمل المتغيرات المورفومترية المساحية للأحواض تتباين بشكل كبيراً حول معدلها، فشكلت أحواض العويد، والمسايل، دغلية حربي، العنيقية، وشعيب القشة، نمطاً حوضياً يقع ضمن الانحراف المعياري الأول دون المعدل في جميع قيم المتغيرات المساحية، بينما اختلف النمط السابق لتبرز أحواض راجل، الغدف، الرتم،

المديديسات، القشة، واسخيم، أحواض تزيد قيمها المساحية عن المعدل في جميع متغيراتها، التي تشمل: حجم الحوض، وطول خط التقسيم، وأبعاده من طول وعرض الحوض المائي. فيما يلاحظ كذلك أن حوضي الأرتين، والبطم شكلت تداخلاً واضحاً فيما بين النمطيين السابقين، لندخل تارة في النمط الأول بقيم أقل من المعدل في متغير المساحة الحوضية وطول وعرض الحوض، بينما يتعرج خط تقسيم مياهها كثيراً ليدخله ضمن النمط الآخر وبزيادة عن المعدل في متغير محيط الحوض، ويأتي هذا الوصف منسجماً مع ما جاءت به دراسة كلا من هورتون وستيريلر (1952) من حيث أن التشابه في البيئة الحوضية والعمليات الجيومورفولوجية لابد من أن يعطي تماثلاً في الخصائص المساحية والشكلية للأحواض المائية.

الجدول (2)

الخصائص الإحصائية للمتغيرات المورفومترية لأحواض أودية قاع الأزرق

المتغير المورفومتري	أدنى قيمة	أعلى قيمة	المجموع	المعدل العام	الانحراف المعياري	معامل الاختلاف%
المساحة الحوضية كم^2	37.9	3844.9	12031.3	925.48	1079.26	116.6
المحيط كم	28.5	354.5	1838.3	141.40	96.29	68.1
طول الحوض كم	7.6	95.8	613.0	47.15	29.51	62.6
عرض الحوض كم	4.7	48.7	250.3	19.25	13.30	69.1
نسبة الاستطالة	0.39	0.91	8.34	0.64	0.13	20.3
نسبة الاستدارة	0.27	0.59	6.07	0.46	0.10	21.7
معامل شكل الحوض	0.12	0.66	4.37	0.3365	0.13	38.6
رتبة المجرى الرئيس	3	6	57	4.38	0.87	19.9
عدد المجاري من الدرجة الأول ى	5	487	1993	153.31	158.28	103.2
مجموع أعداد المجاري المائية	8	877	2865	220.38	252.25	114.5
مجموع أطوال المجاري المائية كم	16.29	978.55	3317.04	255.15	279.45	109.5
نسبة معدل أطوال المجاري المائية	.71	7.24	28.77	2.21	1.58	71.5
معدل التشعب	1.90	4.10	34.80	2.67	0.54	20.2
معامل رو Rho coefficient	0.50	1.77	10.65	0.81	0.31	38.3
القوام الحوضي	0.18	1.64	10.69	0.82	0.50	61.0
النسيج التصريفي	0.28	2.47	14.90	1.14	0.71	62.3
معامل تماسك الحوض	1.31	1.95	19.57	1.50	0.20	13.3
التكرار النهري مجرى/كم^2	0.13	0.37	3.15	0.24	0.058	24.2
الكثافة التصريفية كم/كم^2	0.49	1.09	10.15	0.78	0.15	19.2
ثابت بقاء المجرى كم^2 /كم	0.92	2.03	17.33	1.33	0.30	22.6
شدة التصريف المائي	0.22	0.46	4.08	0.31	0.06	19.4
رقم الترشيح	0.08	0.40	2.54	0.19	0.08	42.1
طول منطقة تدفق المجرى كم	0.46	1.02	8.66	0.66	0.15	22.7
أدنى ارتفاع في الحوض م	480	520	6450	496.15	12.60	2.5
أعلى ارتفاع في الحوض م	480	1540	12080	929.23	320.55	34.5
تضرس الحوض م	120	1040	5763	443.31	306.13	69.1
نسبة التضرس	4.80	15.79	130.20	10.01	3.956	39.5
درجة الخشونة	0.07	0.72	4.32	0.33	0.20	60.6
معامل التقطع	0.19	0.68	5.48	0.42	0.17	40.5
المعامل الهبسومتري	44	86	867	66.69	13.64	20.5

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على نتائج التحليل.

ويمكن تفسير التباين الكبير في قيم تلك المتغيرات إلى الاختلاف الواضح في المساحة الحوضية، الذي يعد من أهم المتغيرات المورفومترية تأثيراً على بقية المتغيرات، ومما يؤكد ذلك ارتفاع نسبة معامل الاختلاف في قيم المساحة الحوضية لتصل إلى حوالي 116%،عن معدلها العام والبالغ 925 كم2، وبذلك تمتاز بكبر مساحة أحواضها مقارنة بأحواض التصريف المائي في الأردن حيث بلغ معدلها العام 18.6 كم2 (سلامه، 1982)، ليشكل مجموع المساحات الحوضية الكلية لأحواض قاع الازرق، 12531 كم2 أي ما يعادل 96% من مساحة الحوض الكلية، ينفرد وادي راجل في تفوقه على بقية الأحواض في متغيرات حجم وأبعاد الحوض المائي الشكل (5)، إلا في متغير طول الحوض فقد تجاوزه حوض القشة بأكثر من 2 كم، وسجل حوض العويد (34 كم2) تفرداً آخر بانخفاض جميع قيم المتغيرات المساحية والحوضية المدروسة فيه، ويشير كبر المساحات الحوضية في أحواض أودية قاع الأزرق خاصةً لواديّ (راجل، والغدف)، بمساحة حوضية تقدّر (3845 كم2)، (2233 كم2) وعلى التوالي، إلى تأثرها بظروف البنية والتركيب الجيولوجي، والتقلبات المناخية، التي تعرضت لها المنطقة في فترات سابقة خاصةً الميوسين– البلايستوسين، حيث أسهمت الفترات الأكثر رطوبة في تصعيد نشاط عمليات الحت المائي، الذي أثراه ما تعرضت له المنطقة من حركات تكتونية متعددة، ارتفعت نسبة مجموع أطوالها في حوض راجل عن 27% من مجموعها الكلي داخل أراضي الحوض، فتأثر بصدوع عرضية شمالية غربية وجنوبية شرقية، كصدعي أبو حسان والفالق في الجهات الجنوبية منه، مؤدية إلى هبوط تكتوني، رافقه تضرس في أحباسه العليا عند انبثاقات البازلت في مرتفعات جبل العرب العالية التي يزيد انحدارها عن ˚40، نجم عنه تصعيد واضح زاد من شدة عمليات الحت المائي. ويبدو أن تلك العوامل مجتمعه قد تفوقت في إيجاد مساحة حوضية كبيرة على تأثير التركيب الصخري في حوض راجل، حيث استأثرت التكوينات البازلتية على 88% من مساحة الحوض، التي تمتاز عموماً بعدم قدرتها على بناء جريان مائي يسهم في النشاط الحتي وتطوير مجار مائية ومساحات حوضية إضافية؛ نظراً لقوامها الناعم، وكثرة الفواصل والشقوق فيها، وارتفاع معدلات نفاذيتها، وحداثة تكوينها.

انعكس الوضع السابق على حوض الغدف، الذي يشكل ثاني أكبر مساحة حوضية بنسبة حوالي 19% من مساحة حوض قاع الأزرق، حيث أثّرت البنية التكتونية على طول الامتداد المساحي له، ففرضت صدوع السرحان والزرقاء ماعين وسواقة واتجاهاتها حركات أرضية، التي لا تزيد في مجموع أطوالها عن 5% من مجموعها الكلي، هبوط في منطقة المصب محدثة انحداراً مناسباً بحوالي ˚15، زاد من فعالية الجريان المائي، وبناء المساحة الحوضية، وعلى الرغم من سيطرة صخور تكوين الرجام من مجموعة البلقاء الجيرية بنسبة تصل إلى 74% من مساحة الحوض، التي تمتاز بوجود طبقات من الصوان أكسبها زيادة في الصلابة، متأثرة بوجود الفواصل والشقوق، أسهمت الفترات المطيرة في التقليل من مقاومتها فأضعفتها، وزادت من فعاليتها الجيومورفولوجية، وفي الفترات قليلة الهطول تهدأ جريانها وتقل كفاءة نقل الرواسب فتوضعها في المنخفضات والقيعان الداخلية وبطون الأودية، برواسب متوسطة إلى كبيرة السمك تتميز بارتفاع نفاذيتها معيقة للجريان، ومقللة من فعاليتها في تلك الجوانب.

وتشير قيم الخصائص الشكلية لأحواض أودية قاع الأزرق إلى عدم تناسق وانتظام شكل الأحواض حيث أن عرضها يتغير مع امتداد أطوالها من منطقة المنابع إلى مصابها في القاع، لتتخذ شكلاً مثلثياً قاعدته عند الأحباس العليا، بينما تشكل المصاب رأسه عند مستوى الأساس المحلي في أراضي القاع، ويستدل على ذلك من خلال انخفاض نسبت استدارتها لتصل في المعدل إلى 0.47، وارتفاع معدل استطالتها إلى 0.64، بينما بلغ معدل شكل الحوض فيها 0.33 ليعطيها تلك الدلالة بمعامل اختلاف قليل يصل إلى 40%، وهذا يتفق مع ما توصل إليه سلامة (1982) حين بلغت قيمة معامل شكل الحوض في الأحواض الأردنية 0.29. وبلغت نسبة الأحواض إلى ما يقل فيها معامل شكل الحوض عن المعدل العام 92% من مجموع الأحواض، بينما ارتفعت قيمة المعامل في حوض عويد إلى 0.66، مما يشير إلى انتظام شكله واقترابه من الشكل المستدير المتراص، نتيجة لعدم التنوع الصخري داخل حوضه، واقتصاره على نوع صخري واحد وهو صخر الرجام الجيري، وصغر مساحته الحوضية وكثرة روافده الأولية والتقائها مع المجرى الرئيس بالقرب من مصبه في القاع.

اتخذ حوض القشة والأرتين شكلاً أقرب إلى الاستطالة بقيمة بلغت 0.39، 0.48 وعلى التوالي، نتيجة لتأثر أراضي حوض القشة بنطاقات من الزحزحات الأفقية والصدوع الجانبية،، في حين يدل ارتفاع القيمة في حوض الأرتين إلى التضرس الشديد؛ نظراً لارتفاع منابعه إلى أكثر من 1100م في الجهات الشمالية الغربية من حوضه، وتشير ارتفاع استدارة حوض البطم لحوالي 0.58 إلى تقدمه في المرحلة الجيومورفولوجية، حيث يميل إلى توسيع مجاريه المائية، بعد أن تجاوز مرحلتي الحفر والتعميق في تكوينات الرواسب الحديثة الهشة وسهلة الحت، مما مهّد الطريق إلى انتظام وعدم

تعرج خطوط تقسيم مياهه في ظل تواضع انحداره بأقل من 12°، بما نسبته 91.7% من مجموع مساحة أراضيه.

(2) متغيرات الشبكة المائية:

تباينت رتبة المجرى الرئيسة في أحواض أودية قاع الأزرق، فيما بيّن الرتبتين الثالثة والسادسة، فسجل حوض راجل أعلاها رتبة رئيسة، بينما وصلت أدناها في حوضي العويد والعنيقية، الشكل (6)، ويعود ذلك التباين إلى الاختلاف الواضح في حجم الأحواض المائية في كلا النمطين، وتركزت بقية الأحواض في رتبتها الرئيسة عند الرتبة الرابعة، التي شكلت أكثر الرتب تكراراً، بخمسة أحواض مائية: الأرتين، دغيلة حربي، المسايل، الرتم، شعيب القشة. حيث وصلت نسبة الأحواض من الرتبتين الرابعة والخامسة 61% من مجموع الأحواض الفرعية، وبلغ مجموع أعداد المجاري المائية بجميع رتبها داخل حوض الأزرق بأكمله 2865 مجرى مائي، منها 70% من مجار الدرجة الأولى، بينما اقتسمت بقية الرتب الثلث الباقي من النسبة، ليعكس ذلك وجود علاقة سلبية بين رتبة المجرى وأعدادها، كما حددها ستريلر، (Strahler, 1956)، وسجل حوض عويد أدنى الأحواض المائية مجموعاً لأعداد الروافد بثمانِ روافد فقط، بينما ارتفعت الأعداد لتصل أقصاها في حوض راجل بمجموع 877 مجرى مائي، وبلغت نسبة الأحواض التي يزيد مجموع أعداد روافده بجميع رتبها عن مئة رافد ما نسبته 61% من مجموع الأحواض الكلية، ويلاحظ كذلك ارتفاع نسبة أعداد الروافد من الدرجة الأولى من المجموع الكلي للروافد في جميع الأحواض المائية بما يزيد عن 60%، إلا في حوض (راجل) فقد تدنت هذه النسبة لتصل إلى 56%، على الرغم من كبر حجم حوضه، وذلك نتيجة لشكله الممتد والمتسع في منابعه العليا، وطبيعته البنائية من حيث زيادة أطوال الصدوع والتراكيب الجيولوجية الخطية، التي استغلتها المياه الجارية في تحديد مساراتها، وزيادة أطوالها على حساب أعدادها.

وبناءً على نسب التغير بين أعداد المجاري المائية في الرتب المختلفة، فقد بلغ معدل نسبة التشعب النهري لكافة الأحواض 2.7 مجرى بمعامل اختلاف متواضع وصل إلى 25%، حيث شكّل حوض راجل أعلاها بمعدل 4.1 مجرى، بينما انخفضت إلى 1.9 مجرى في حوض الرتم، فشكلت الأحواض التي يزيد معدل تشعبها عن المتوسط حوالي 46% من مجموع الأحواض الكلية، ويعود ذلك الاختلاف إلى دور العوامل الجيولوجية، على الرغم من التغطيه الواسعة للتكوينات البازلتية ذات النفاذية العالية لأراضي حوض راجل، إلا أنه تأثر بالنظم الصدعية وتراكيبها الخطية، التي ساهمت في زيادة اتصال روافد الرتب الدنيا بالمجرى الرئيس، فحدد جريانها مسبقاً بخطوط التصدع الموازية لامتداد الوادي. وانخفض معدل نسبة التشعب في بقية الأدوية لا سيما الأدوية صغيرة المساحة، التي تتميز باتساع مناطقها المستوية الناجم عن وجود سهول المراوح الفيضية والبهادا بالقرب من أراضي القاع، التي تتشكل من تكوينات ورواسب بلايستوسينية من الزمن الرابع تتميز بارتفاع نفاذيتها ومساميتها، المقللة من أحداث الجريان وما يتبعه من زيادة في أعداد المجاري المائية.

وأظهر متغير أطوال المجاري المائية تبايناً واضحاً بين الأحواض بمعامل اختلاف وصل إلى 71%، حول المعدل العام والبالغ 2.3كم، وبقي حوض عويد كأقل الأحواض المائية معدلاً بحوالي 1.1كم، بينما ارتفع المعدل إلى ما يزيد عن 1.5كم في ما نسبته 87% من جملة الأحواض المائية، ويعد هذا المعدل انعكاساً لمجموع أطوال المجاري المائية من الدرجة الأولى، التي بلغ مجموع أطوالها 8532.9كم، وشكلت ما نسبته 44.8% من مجموع أطوال المجاري المائية بجميع رتبها، الشكل (7)، ومما يلاحظ كذلك أن الوصف السابق لا ينسجم مع خصائص روافد حوض راجل حيث زادت أطوال روافده من الدرجة الثالثة عن بقية الرتب الأخرى بمجموع أطوال 725.2كم ما نسبته 38% من مجموع أطوال جميع روافده؛ ويبرر ذلك من خلال عدم قدرة التكوينات البازلتية على إحداث جريان سطحي يسهم في عمليات الحت وزيادة أعداد وأطوال الروافد من الرتبة الأولى والثانية، فيما سمح نطاقات التصدع والإزاحات التمددية الجانبية، التي بلغ نسبة أطوالها داخل أراضي الحوض 28% من مجموعها الكلي في بناء رتبة من الدرجة الثالثة والرابعة، لتسعى إليها بقية الرتب متحررة من قيودها المكانية.

ومما يؤكد ذلك قيم معامل رو (Rho) الذي يعد عاملاً حاسماً في درجة تطور التصريف المائي، ليعبر عن النسبة بين أطوال المجاري المائية ومعدل تشعبها (Horton, 1945)، وتعكس القيم المرتفعه منه السعة التخزينية المائية العالية (Water storage capacity) للأحواض، والمسيطر عليها من قبل التركيب الصخري للمنطقة خاصة صخور البازلت ذات النفاذية العالية، التي لا تسمح بإتاحة الفرص للتآكل والحت وتطوير مجار مائية، بينما تكون قادرة على إيجاد أنماط من المياه الجوفية (Raux,I et al, 2011)، وعليه فإن قيم المعامل ارتفعت في الأحواض الشمالية والغربية من الحوض ضمن امتداد التكوينات البازلتية كما في أحواض: اسخيم، الرتم، راجل، بينما انخفضت قيمه في بيئة الأحواض إلى أقل من المعدل العام والبالغ 0.82، بمعامل اختلاف 25%، ليصل في

حوض عويد إلى أقل من 0.5 حيث تنتشر في جميع أراضيه تكوينات صخر الرجام الرملي منخفض النفاذية.

(3) متغيرات النسيج الحوضي وبنيته:

تشير قيم النسيج الحوضي (Drainage texture) لأحواض أودية قاع الأزرق، التي يبلغ معدلها العام 1.14 مجرى/كم إلى أن القوام الطبوغرافي السائد هو الخشن Coarse texture (Marisawa, 1962)، وتوضح تلك القيمة التباعد النسبي بين خطوط التصريف المائي وقلة تقطع الحوض بالمجاري المائية وتأثره بالتكوين الصخري ذو النفاذية العالية، والكفاءة التصريفية المنخفضة. وبينت قيم معامل تماسك الحوض، التي بلغ معدلها العام 1.5، وبمعامل اختلاف قليل وصل إلى 13%، إلى أن أشكال معظم الأحواض المائية تأخذ الطابع الممتد المتسع عند أبعد نقاطه في المنابع العليا، والمتخنصر باتجاه أراضي القاع، لتفرض طبيعة هذا الشكل احتمالية التعرض العالية لعملية التبخر، وانخفاض معدلات التآكل والانجراف، مما يقلل الكفاءة الجيومورفولوجية، ويتجه الحوض إلى عدم الانتظام والتناسق وارتفاع نسبة تعرجات خطوط تقسيم المياه. ويتضح ذلك جلياً من خلال تواضع قيم كلاً من الكثافة التصريفية والتكرار النهري، وشدة التصريف المائي لتصل في معدلاتها إلى قيم أقل من الواحد بمعامل اختلاف لا يتعدى 25%، الشكل (8).

وهذا ما يشير أيضاً إلى أن شكل الأحواض وظروفها الجيولوجية والمناخية ودرجة تطورها الجيومورفولوجي الحالية غير قادرة على تطوير المجاري المائية، مما سمح بتباعدها وأثر بصورة مباشرة على اللاندسكيب الطبيعي لشكل التصريف المائي، ليوضح متغير ثابت بقاء المجرى هذا التعليل، الذي يشير إلى اتساع المساحة الحوضية اللازمة للحفاظ على كيلومترا واحداً من طول المجرى، فبلغ معدل قيمه 1.33كم2/كم، وهي قيمة مرتفعة تشير لدلائل تواضع التضرس والانحدار والجريان المائي وقلة الكثافة التصريفية وعدم اكتمال نظام الشبكة المائية داخل الحوض وحداثة المرحلة الحتية التي يمر بها. أيدته انخفاض قيم معامل الترشيح، ومنطقة تدفق طول 1كم من المجرى، جملة التفسيرات السابقة لتصل إلى معدل عام 0.19، 0.66 كم2/كم وعلى التوالي، ليستدل بالضرورة على أن معظم الأحواض المائية تمثل مناطق منسجمة مع معظم ظروفها المكانية والمحددة بالخصائص البيئية العامة للأحواض.

(4) المتغيرات التضاريسية:

بلغ متوسط تضرس حوض الأزرق الكلي 443م، بانحراف معياري 306م، ومعامل اختلاف 69%؛ ليشير ذلك إلى تدني الفرق بالارتفاع بين الحواف العليا للأدوية وبين بطونها ومصابها في القاع، حيث أن الدلالات التضاريسية القليلة تعطي مؤشراً على قلة انحدار المجاري المائية، وانخفاض كفاءتها الجيومورفولوجية، سجّل أعلى تضرس في حوض راجل بحدود 1040م؛ وذلك لارتفاع ذرى منابعه في جبل العرب، بينما انخفضت القيمة في حوض عويد إلى 120م، لقلة تأثره بالحركات البنائية، التي لم تتجاوز في مجموع أطوالها نسبة 1.2% من جملة أطوالها داخل الحوض الكلي.

يتضح كذلك انخفاض نسبة التضرس في أحواض القاع مجتمعة إلى ما معدلة 15م/كم، خاصة في الأحواض البازلتية الصدعية، مما يشير إلى أن أحواض منطقة الدراسة لم تقطع شوطاً طويلاً في دورة التعرية لتتواجد ضمن الأطوار الابتدائية من مرحلة الشباب. حيث أن ما يتحقق من تجاوز بعض الأحواض في نسب تضرسها المعدل العام لا يعود إلى تقدمها في المراحل التطورية بل مرده إلى وجود كتل منعزلة ومتبقية عن عملية النحت في ظل ظروف مناخية غابرة ضمن الأحواض الجنوبية والشرقية، بينما أدت المخاريط والهياكل البركانية الدور نفسه في الأحواض البازلتية ضمن الجهات الشمالية من الحوض، ومما يؤكد هذا التفسير ارتفاع معدل المعامل الهبسومتري في الحوض الكلي إلى 67% ليعكس دلالة أن الأحواض لم تقطع سوى الثلث الأول من دورتها الحتية، لتعايش هذه الأحواض مرحلة الشباب بكل سماتها، ومؤشرها العام عدم التوازن State of In equilibrium، ليفضي ذلك إلى نتيجة مؤداها قدرة تلك الأحواض على تغيير خصائصها الحوضية مجتمعه اذا ما توفرت لها الظروف البيئية المناسبة وخصوصا المناخية منها، ويلاحظ بشكل عام أن المعامل الهبسومتري يزداد في أحواض الصخور الجيرية من تكوين الرجام شكل (10)، وذلك لصلابته في البيئات الجافة، وعدم تأثره بالعمليات الجيومورفولوجية من حت تراجعي ورأسي، بينما انخفض المعامل في في الأحواض البازلتية على الرغم من ارتفاع نفاذيتها، التي لا تسمح بتكوين جريان مائي يزيد من معدل الحت فيها، إلا أن تأثرها بالتراكيب الجيولوجية والصدوع الأرضية سبب زيادة في تضرسها العام أدى إلى انخفاض المعامل الهبسومتري، كما اكدت ذلك نتائج دراسة سلامه (1980) من حيث قلة المعامل الهبسومتري في الأحواض الصدعية عنها في بقية الأحواض بنسبة 12%، وبذلك فإن أحواض راجل واسخيم والأرتين حققت تقدماً في دورة التعرية نظراً لاحتواء أراضيها على ما نسبته 40% من مجموع أطوال التراكيب الخطية في الحوض الكلي.

وصل المعدل العام لدرجة الخشونة إلى قيمة متدنية 0.33، مما يعني تواضع العلاقة بين الكثافة التصريفية وتضرس

الحوض، وقلة تقطع أراضي الحوض بالمجاري المائية، وحداثة المرحلة التطورية التي وصلت إليها الأحواض، على الرغم من ارتفاعها في حوض الارتين إلى 0.72 ليدل ذلك على استغلال جريانه لنقاط الضعف البنيوي، والمتمثل بالصدوع والفواصل والشقوق لتحديد مساراتها وزيادة أطوالها، الذي أحدث زيادة تابعة في الكثافة التصريفية ودرجة الخشونة، وتبع تدني درجة الخشونة انخفاض معامل التقطع أيضاً إلى ما معدله 0.42 في مجمل الأحواض الذي يعطي فكره عن تطور اللاندسكيب الطبيعي، ليمثل حده الأدنى الغياب الكامل للتقطع عند قيمة (0)، بينما تشير الجروف القطعية الواضحة إلى وجوده في حده الأقصى عند (1)، وتشير قيمته المتدنية في أراضي حوض الأزرق عموماً إلى سيادة القطع المتواضع وغياب النحت الرأسي، وأولية المرحلة التطورية للاندسكيب الطبيعي في الأحواض المائية.

ثانياً: العلاقات الارتباطية بين المتغيرات المورفومترية لأحواض التصريف

تعد دراسة العلاقات بين المتغيرات المورفومترية وتوضيحها أحد أهم الجوانب الرئيسة في الدراسات الحوضية، وذلك لمعرفة أكثر المتغيرات حسماً في فهم السلوك العام للحوض، وللوقوف على ذلك تم عمل مصفوفة ارتباط بين جميع المتغيرات التي يوضحها الشكل (9) حيث تم الحصول على 165 علاقة ارتباطية تم تصنيفها إلى علاقات معتدلة وجيدة وأخرى قوية، تبيّن أن منها 136 علاقة إيجابية بنسبة بلغت 82% من مجمل العلاقات، بينما شكلت العلاقات السلبية ما مقداره 29 علاقة جاءت في معظمها علاقات جيده بما مقداره 19 علاقة، ولاستثناء احتمالية الوصول إلى علاقات تكون وليدة الصدفة وليست بضرورة السببية بين المتغيرات تم إجراء اختبار الثقة Significance لمعاملات الارتباط عند مستوى دلالة ($0.05 \geq \propto$) وبناء عليه يمكن توضيح النتائج التالية:

* وجود علاقات ارتباط ايجابية قوية وقوية جداً بين متغير المساحة الحوض وبقيت متغيرات أبعاد الحوض، عند مستوى دلالة ($0.05 \geq \propto$)، باعتبار أن احجام الأحواض المائية تعتمد بالتبعية على أبعاد الحوض نفسه، وكذلك ارتبطت المتغيرات المساحية بعلاقات إيجابية وقوية مع متغيرات الشبكة المائية والتضاريسية، بينما لم تحظى المتغيرات الشكلية والقوام الحوضي والمرحلة الحتية ونسبة التضرس بأي تفسير يرجع إلى علاقة سببية تعود إلى متغيرات المساحة والإبعاد الحوضية، كما ويلاحظ وجود علاقة ارتباطيه إيجابية بين المتغيرات المساحية ومعامل رو، باستثناء متغير طول الحوض، ليدل ذلك على أن زيادة المساحات الحوضية يرجع إلى التزايد في رتبة المجاري من الدرجة الأولى التي ارتبطت بدورها مع رميات الصدوع والزحزحات الافقية والمشكلة فيما بعد للروافد من الدرجة الثانية مما أدى إلى زيادة معامل رو.

* ارتبط متغير نسبة الاستطالة ومعامل شكل الحوض بعلاقة إيجابية قوية، عند مستوى دلالة ($0.05 \geq \propto$)، وذلك لأن صفة الاستطالة تنسب للأحواض في حالة انخفاض قيمتها المحسوبة، لتدل النسبة القليلة على استطالة الحوض وامتداده بزيادة طوله، وهو ما ينعكس بدوره على معامل شكل الحوض الذي يعني انخفاض نسبة أن الحوض المائي مثلثي الشكل ويختلف طوله مع امتداد عرضه. ويلاحظ كذلك وجود علاقة إيجابية معتدلة بين استدارة الحوض واستطالته بلغت قيمتها ($r=0.58$) عند مستوى دلالة ($0.05 \geq \propto$)، ليدل على أن الأحواض الممتدة تنخفض استدارتها لتصبح مناطق تقسيم مياهها أكثر ضيقاً وأقل تعرجاً وأكثر نشاطاً بسبب ضعف نشاط الحت الجانبي الذي يمارسه روافد قصيرة وغير متفرعة وذات تصريف محدود مرتبطة بخصائص الحوض البنيوية التي تتدخل في تحديد أطوالها وأعدادها. ويؤكد ذلك وجود سبع علاقات سلبية قوية جانبها الرئيس الاستدارة، ومتغيراتها الأخرى الخصائص المساحية والتضاريسية في الحوض، بينما ارتبط معامل شكل الحوض بعلاقات سلبية وذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($0.05 \geq \propto$)، بمتغيرات النسيج الحوضي لتشير إلى أن الأحواض الممتدة عادة لا تشكل جريان مائي فعال خاصة مع ظروف التسرب والتبخر العالي.

* اخذت متغيرات النسيج الحوضي جانب العلاقات الارتباطيه السلبية مع بقية المتغيرات، بينما اتجهت إلى العلاقات الايجابية في داخلها، فأظهر متغير الكثافة التصريفية الذي يعد أساس التميز بين الأحواض المائية (strahler, 1966) علاقات سلبية مع المتغيرات الشكلية، والشبكة المائية ليدل على أن اتساع مساحة الأحواض المائية على حساب وجود روافد مائية محددة الطول والعدد في ظل ظروف قلة الأمطار والتضرس والانحدار، وارتفاع معدلات النفاذية، وحداثة المرحلة الحتية التي تمر بها الأحواض، وعدم اكتمال شبكاتها المائية، على الرغم من أن الظروف البنيوية في بعض الأحواض قد أسهمت في إيجاد بيئات مناسبة للجريان من ناحيتين: إحداها تتعلق بالزيادة النسبية للانحدار نتيجة الزحزحات الافقية في أراضيها مما حول نسبة كبيرة من الروافد إلى رتب غير أولية بتشعب قليل، والأخرى تنسب إلى الظروف التي سمحت للجريان الوصول إلى تكوينات صخرية مغايرة تماماً للتكوينات السطحية من حيث ليونتها وسرعة حتها وانخفاض نفاذيها، كما

هو الحال بحوض راجل الذي أحدث كفاءة جيومورفولوجية خاصة في الفترات التي تشهد كميات أمطار كافية لتكوين الجريان المائي.

* يلاحظ أن متغيرات الشبكة المائية ترتبط وبشكل إيجابي مع بعضها بعض، ومع جميع المتغيرات التي أبدت ارتباط بها، فارتبطت متغيرات المساحة الحوضية وإبعادها معها بعلاقات قوية تصل إلى (r=0.85) عند مستوى دلالة ($\propto \leq 0.05$)، بينما لم تسجل قيم الارتباط أية علاقات ذات دلالة إحصائية مع متغيرات النسيج الحوضي والشكلية، وأما علاقتها مع المتغيرات التضاريسية فتم ملاحظة وجود علاقة إيجابية مع متغيري تضرس الحوض وأقصى ارتفاع فيه، ليعطي دلالة على أن التضرس الحوضي جاء نتيجة وجود نفور طارئ داخل الأحواض ممثل بالهياكل والمخاريط البركانية في أراضي التكوينات البازلتية، والتلال المتبقية عن عمليات النحت في ظروف مناخية غابرة في الأحواض الجنوبية من منطقة الدراسة.

* تدل العلاقات الإيجابية القوية بين المتغيرات التضاريسية من جهة، والمتمثلة بأقصى ارتفاع بالحوض، وتضرسه، ودرجة الخشونة ومعامل التقطيع، والمتغيرات المساحية والشكلية ومتغير ثابت بقاء المجرى من جهة أخرى، على أن كبر المساحات الحوضية في منطقة الدراسة وما اتصل بها من متغيرات تابعة لم تكن ناجمة عن تقدم الأحواض المائية في دورتها الحتية، بقدر ما ارتبطت بالظروف الجيولوجية والبنيوية في الحوض، التي أدت إلى تكوين روافد مائية غالبيتها من الدرجة الثانية أجبرت الجريان المائي بتكوين مسيلات وجداول أولية ترتبط بها مباشرةً في فترات الكفاءة التصريفية المناسبة ضمن ظروف مناخية امتازت بأمطارها الفعالة. ومما ويؤكد ذلك وجود علاقات سلبية وقوية فيما بين الخصائص التضاريسية وكلاً من استدارة الحوض ومعامله الهبسومتري، التي تشير إلى النتيجة ذاتها خاصة عندما تفرض الظروف المناخية الأكثر أمطاراً سيادتها، فإن الأحواض المائية بمختلف أحجامها وأبعادها تميل إلى زيادة مساحاتها واستدارتها الحوضية، وتقدمها في دورة التعرية، وما ينجم عنه من تقليل الفارق التضاريسي وأزالت ما بدأته من تكوينات صخرية تسهم معها الحركات البنائية في الوصول إلى طبقات صخرية أكثر قابلية على الإزالة (Band, L 1986).

ثالثاً: تحليل نتائج الانحدار المتدرج (Stepwise regression)

يبين الجدول (3) النتائج المتعلقة بتطبيق ثلاثة نماذج للانحدار المتدرج، حيث تناول النموذج الأول تحديد أثر المتغيرات المورفومترية كمتغيرات مستقلة على المتغير التابع الممثل بالمساحة الحوضية، في حين تناول النموذج الثاني والثالث أثر المتغيرات المستقلة على متغيري الكثافة التصريفية والمعامل الهبسومتري التابعين ويمكن توضيح نتائج تحليل الانحدار المتدرج بالنقاط التالية:

1- تبيّن قيم معامل التحديد (R2) أنه من خلال معرفتنا بمتغيرات أعداد الروافد الأولية، ورقم الترشيح، ومعامل رو، يمكن التنبؤ بمساحة الأحواض المائية، وذلك بحسب ما قدمته من تفسير للتباين الكلي لذلك المتغير والبالغ 99%، حيث فسر منها عامل أعاد الروافد الأولية نسبة عالية وصلت إلى 86%، بينما فسر العاملين الآخرين 12.5% من قيمة التباين الكلي، ونظراً لارتفاع قيمة التفسير الكلية الذي قدمته العوامل مجتمعة، فإنه يمكن أن تكون مؤشرات لقوة تأثيرها وتحديدها للمساحة الحوضية في منطقة الدراسة خاصةً متغير أعداد الروافد الأولية، مما يوضح قدرته في تطوير المساحات الحوضية، والمسيطر عليها من قبل الظروف الجيولوجية العامة في الأحواض، فيما لا تعكس زيادة قيم معامل الترشيح وانخفاض مؤشر رو ذلك التطور وذلك؛ بسبب ما تفضي إليه من ارتفاع قيم التسرب للطبقات الجوفية، وانخفاض الجريان السطحي، وقلة فعالية التصريف في إيجاد الحت المائي المطلوب لتطوير روافد أولية، خاصة في ظل انتشار التكوينات البازلتية والرواسب الحديثة، ذات النسيج الخشن والنفاذية العالية.

2- بلغ مجموع التباين المفسر لمتغير الكثافة التصريفية 97% متغير يتبع متغيري رقم الترشيح وشدة التصريف المائي، حيث فسر كلا منهما 78%، 16% عند مستوى دلالة إحصائية ($\propto \leq 0.001$) وعلى التوالي، مما يشير إلى قوة حسم المتغيرين السابقين في التأثير على زيادة أطوال الروافد في وحدة مساحة حوضية، الذي بدوره يزداد بزيادة الفعالية الجيومورفولوجية وقدرة الأحواض على البدء بالحت التراجعي باتجاه نطاق مناطق تقسيم المياه، وزيادة أطوال الروافد خاصة الروافد الأولية، بينما لا يتأتى ذلك في ظروف الترشيح العالي الذي يحد من القدرة على الجريان وتطوير أطوال إضافية من الروافد.

3- أسهمت متغيرات التضرس وثابت بقاء المجرى ونسبة الاستدارة في تفسير التباين الكلي لمتغير المعامل الهبسومتري بحوالي 91.3% عند مستوى دلالة إحصائية($\propto \leq 0.001$)، تاركاً المجال لعوامل أخرى لم تدخل في التحليل لتفسير ما تبقى من تباين، فسر متغير التضرس 64.5% من التباين الكلي، بيما فسر متغيري ثابت بقاء المجرى ونسبه الاستدارة ما نسبته 26.8% من التباين، ولعل ذلك يؤكد ما جاء به ستريلر

(Strahler, 1966)، من أن الأحواض التي يرتفع فيها المعامل الهبسومتري إلى أكثر من 0.65 لا تزال تعيش مرحلة الشباب بكل سماتها، تمر بمرحلة من عدم التوازن حيث أن غالبية صخورها ما تزال تنتظر دورها في عملية الحت المائي نتيجة عدم قدرتها على إيجاد شدة تصريفية مناسبة تؤهلها لزيادة مستويات الحت المائي، لتبقى أطوال روافدها محددة ضمن مساحة حوضية فيما يطلق عليه معامل ثابت بقاء المجرى المائي؛ ليشر إلى النتيجة العامة التي تم التوصل إليها من حداثة المرحلة الجيومورفولوجية وعم اكتمال منظومة الشبكة المائية داخل الأحواض المائية.

الجدول (3)

نتائج التأثيرات المتعددة للمتغيرات المورفومترية المستقلة على التابعة في منطقة الدراسة.

المتغيرات Variables		صيغة معادلة الانحدار المتدرج Stepwise Regression	قيمة معامل التفسير التراكمي(R^2)	قيمة(F) المحسوبة	الخطأ المعياري Std error	الدلالة الإحصائية Sig
التابع Y axis	المستقل X axis					
المساحة الحوضية كم^2(A)	أعداد الروافد الأول ية (N1)	A=12784+(N1)5.62-3681.9(If) +796.4(Rh).	0.86	70.6	413.7	0.0001
	رقم الترشيح(IF)		0.95	111.2	245.1	0.0001
	معامل رو(Rh)		0.99	288.3	126.4	0.0001
الكثافة التصريفية كم/كم2 (Dd)	رقم الترشيح(IF)	Dd=0.75+1.78(If)-1.01(Di).	0.78	39.3	0.074	0.0001
	شدة التصريف المائي(Di)		0.97	149.2	0.030	0.0001
المعامل الهبسومتري (Hc)	التضرس م (H)	Hc=80.4-0.06(H)+322.9-73.14(Rc).	0.65	20.3	8.44	0.0001
	معدل ثابت القناه(C)		0.80	19.8	6.69	0.0001
	نسبة الاستدارة(Rc)		0.91	31.6	4.63	0.0001

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على التحليل الإحصائي.

رابعاً: نتائج التحليل العاملي والعنقودي لمنطقة الدراسة (Factor& cluster Analysis)

يوضح الجدول (4) نتائج تطبيق التحليل العاملي على مصفوفة التحليل (31 متغيرا مورفومتريا، 13 حوضاً مائياً)، حيث أظهرت النتائج وجود أربعة عوامل تجمّعت حولها المتغيرات المورفومترية، وقد فسرت العوامل مجتمعه ما نسبته 91.3% من التباين، فيما تركت النسبة الباقية لعوامل أخرى لم تدخل في مصفوفة التحليل الحالية. وتاليا دراسة العوامل المشتقة:

العامل الأول : يعد أكثر العوامل تفسيراً للتباين، حيث فسّر 48.8% من مجموع التباين الكلي، ومن خلال مصفوفة تشبعات العوامل مع المكونات الرئيسة، يلاحظ أن عدد المتغيرات التي تجمّعت عليه بلغت عشرون متغيراً شملت التشبعات الإيجابية منها جميع متغيرات المساحة الحوضية، ومتغيرات أعداد وأطوال المجاري المائية، وخصائص الارتفاع والتضرس، ودرجتي الخشونة والتقطع، بينما ارتبط متغير نسبة الاستدارة معه بشكل سلبي وبمقدار 0.6−، في حين لم تبدِ بقية المتغيرات أي تشبعات معه، وبذلك يعد هذا العامل من أهم عوامل التحليل لارتفاع حجم التباين الذي قدمته من جهة وارتباطه مع عدد كبير من المتغيرات الموفومترية في مصفوفة التحليل الأساسية من جهة أخرى. ونظراً لتميز هذا العامل بارتفاع قيمة التشبعات حول الخصائص المساحية وأبعاده الحوضية، وخشونة وتقطع الحوض المائي، وتلبية لتلك المتغيرات فقد أُطلق علية عامل أبعاد الحوض وتقطعه.

العامل الثاني: تشبعت حوله سبعة متغيرات منها ما ارتبطت به إيجابياً وبقيمة تزيد عن 0.85، وهي حسب الترتيب: طول منطقة تدفق المجرى، وثابت بقاءها، ونسبة الاستطالة، ومعامل شكل الحوض، أما المتغيرات الثلاثة الباقية فقد أظهرت ارتباطاً سلبياً، وهي كثافة التصريف المائي 0.96− ، ورقم الترشيح 0.89−، والتكرار النهري 0.72−، حيث وصلت نسبة تفسير هذا العامل من التباين العام 23.3%، ونظراً لارتباطه إيجابياً مع المتغيرات، التي تسهم في زيادة امتداد الحوض المائي من حيث الشكل المثلثي غير المتراص المائل إلى الاستطالة، وتدفقات المجاري المائية وثابت بقائها،

فقد أطلق عليه امتداد الحوض وقوامه.

العامل الثالث: فسر 13.9% من التباين الكلي وتشبعت حوله ثلاثة متغيرات اثنان منها بارتباط سلبي وهما: نسبة التضرس 0.69-، والانحدار 0.68-، بينما ارتبط المعامل الهبسومتري بشكل إيجابي، ليدل على المرحلة الحتية والتطويرية التي تمر بها الأحواض المائية لأدوية قاع الأزرق، وبذلك أطلق عليه المرحلة الحتية.

العامل الرابع: تشبع حوله متغير واحد فقط وبشكل إيجابي، وهو متغير شدة التصريف المائي بقيمة بلغت0.67، الذي أطلق اسماً له، ليفسر ما مقداره 5.3% من مجمل التباين الكلي لمصفوفة التحليل.

الجدول (4)

نتائج التحليل العاملي والمصفوفة العاملية، وتشبعات العوامل الرئيسة لأحواض قاع الأزرق.

المتغير / العامل	الاول	الثاني	الثالث	الرابع	اسم العامل
المساحة كم^2	0.928	0.247	0.199	-0.040	ابعاد الحوض وتقطعه
المحيط كم	0.996	0.023	0.025	0.002	
طول الحوض كم	0.949	-0.232	0.001	-0.025	
عرض الحوض كم	0.904	0.260	0.207	-0.219	
القوام الحوضي	0.927	-0.091	0.324	-0.025	
اعداد الرواقد الاولية	0.948	-0.052	0.276	0.004	
مجموع اعداد الرواقد	0.942	0.088	0.261	0.051	
النسيج التصريفي	0.851	-0.270	0.325	-0.072	
معامل تماسك الحوض	0.544	-0.486	-0.459	0.307	
نسبة الاستدارة	-0.608	0.425	0.472	-0.225	
مجموع اطوال المجاري	0.959	-0.004	0.200	-0.101	
رتبة المجرى	0.855	-0.117	0.308	0.042	
نسبة معدل اطوال المجاري	0.962	0.016	0.225	-0.049	
معدل نسبة التشعب	0.962	0.016	0.225	-0.049	
معامل رو	-0.804	0.162	0.218	0.374	
اقصى ارتفاع بالحوض م	0.825	0.229	-0.486	0.084	
ادنى ارتفاع بالحوض م	0.637	0.432	0.174	0.366	
تضرس الحوض م	0.828	0.212	-0.495	0.069	
درجة الخشونة	0.737	-0.143	-0.639	0.095	
معامل التقطع	0.853	0.068	-0.493	-0.029	
معامل شكل الحوض	-0.088	0.858	0.307	0.143	امتداد الحوض وقوامه
نسبة الاستطالة	-0.072	0.876	0.311	0.070	
التكرار النهري	0.061	-0.717	0.380	0.558	
كثافة التصريف	-0.179	-0.964	-0.079	0.033	
ثابت بقاء المجرى	0.298	0.905	0.101	0.088	
رقم الترشيح	-0.020	-0.893	0.181	0.371	
طول منطقة تدفق المجرى	0.298	0.905	0.101	0.088	
نسبة التضرس	-0.119	0.621	-0.689	0.271	المرحلة الجيومورفولوجية
الانحدار بالدرجة	-0.118	0.622	-0.689	0.272	
المعامل الهبسومتري	-0.607	0.065	0.590	-0.077	
شدة التصريف المائي	0.353	0.199	0.555	0.676	شدة التصريف المائي
الجذر الكامن %	15.1	7.2	4.3	1.6	
نسبة التباين %	48.8	23.3	13.9	5.3	
نسبة التباين التراكمي %	48.8	72.1	86	91.3	

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على نتائج التحليل العاملي

ومن خلال نتائج التحليل العاملي يتضح أن العوامل الأربعة، هي من تميز الأحواض المائية في أودية قاع الأزرق، لتشكل مجاميع متجانسة يتم التعامل معها وحدات حاضنة لكم من المتغيرات، لتكون قاعدة بيانات حوضية مميزة للخصائص الأحواض يستفاد منها كجزئية في أغراض اقتراح سياسات تنموية تهدف إلى إيقاف التدهور البيئي المستمر في حوض الأزرق، ونظراً لاهمية العامل الأول أبعاد الحوض وتقطعه، من حيث ارتفاع قيمة التباين الذي يفسره وجملة المتغيرات التي تشبعت عليه والبالغ نسبتها 65% من مجموع المتغيرات في مصفوفة التحليل، فقد اعتمد في إجراء تصنيف يعتمد على الدرجات العملية Factor Scores للأحواض الدراسة، من خلال توقيعها على شكل بياني متدرج يشمل الدرجات العملية حيث أنه كلما كبرت القيم الموجبة لدرجات العامل أشار ذلك إلى بروز أشد في خصائص العامل بمتغيراته المختلفة في الحوض المائي، كما يبن ذلك الشكل (10) الذي يوضح أن الأحواض التي ارتبطت إيجابياً به، وهي على الترتيب: راجل، والغدف، والقشة، والمديديسات، والبطم واسخيم، تعد من الأحواض التي تتميز بكبر مساحاتها الحوضية وعظم أبعادها والمرتبطة بالبنية والتركيب الجيولوجي وامتداد أحواضها ومجاريها بنفس اتجاه الصدوع والتراكيب البنيوية في أراضي الأحواض، ويستدل على ذلك من خلال قيمة الارتباط العالية، التي أبدتها الدرجات العاملية لهذا العامل مع نسبة أطوال التراكيب البنيوية في الأحواض التي وصلت إلى 0.89 عند مستوى دلالة إحصائية ($\propto \leq 0.001$).

أما بقية الأحواض فقد امتازت بدرجات عامليه سالبة مما يدل على ضعف تأثيرها على تلك الأحواض، ومن الملاحظ أنها ترجع في معظمها إلى تركيب صخري وتطور جيومورفولوجي متشابه على الرغم من وجود بغض الاختلافات المحلية بسبب تأثرها بالبنية الجيولوجية، إلا أنها في سلوكها العام تعد أراضي متطورة عن نظام الرواسب الحديثة والسباخ المحلية الداخلية التي جعلت من بيئة المراوح الفيضية المتاخمة لسفوح الحضيض والبيدمنت الصخري امتداد داخلي لأحواضها، وهو ما يؤكد على الانسجام الفعلي في خصائصها المورفومترية التي ارتبطت بتواضع مساحاتها الحوضية وأبعاده المختلفة.

وبهدف تصنيف أحواض أودية قاع الأزرق إلى أنماط حوضية متشابهة الخصائص، فقد تم تطبيق التحليل العنقودي الذي أظهرت نتائجه وجود أربعة أصناف حوضية تجمعّت عند المسافة الثالثة من تحليل الدرجات العاملية المشتقة من التحليل العاملي الشكل (11) وهي كما يلي:

1) تضم المجموعة الأولى أربعة أحواض مائية وهي: القشة، الغدف، مديسيات، البطم، لتشكل ما نسبته 30.7% من أجمالي الأحواض المدروسة، وتتركز هذه الأحواض في الجانب الجنوبي والجنوبي الشرقي من حوض الأزرق، وتسود فيها صخور جيرية طباشيرية من تكوين الرجام، التي تمتاز بالصلابة وكثرة الفواصل والشقوق وأسطح التطبق، كما ويلاحظ أن غالبية أجزاء المجموعة الحوضية تسود فيها الأراضي المستوية وشبة المستوية، التي لا يزيد انحدارها عن7ْ، وعموماً تمتاز هذه المجموعة بما يلي:

* تزايد مساحاتها الحوضية وأبعادها عن المعدل العام للأحواض المدروسة، إذ تقدّر نسبتها من أراضي الحوض 41%، ويبلغ متوسط طول الأحواض 67كم، ومعدل عرضها 26كم، وأحواضها تميل إلى الشكل المثلثي.

* ترتفع قيم خصائص الشبكة المائية فيها عن المتوسط، إذ يبلغ متوسط أعداد الروافد الأولية 267 رافد، وشكلت ما نسبتة 53% من مجموعها العام، ومجموع روافدها بجميع الرتب 1322 رافد ما نسبته 41% من مجموع الروافد في حوض الأزرق، وبلغ معدل أطوال روافدها 2كم، ويزيد معدل تشعبها النهري عن المعدل العام بحوالي 2كم.

* تتركز قيم النسيج الحوضي والخصائص التضاريسي عند المعدل العام للأحواض قاع الأزرق.

إلا في المعامل الهبسومتري الذي ارتفع عن المعدل ليصل إلى 0.76، وليدل على أن هذه المجموعة الحوضية قد قطعت الربع الأول من دورتها الحتية وهي ما تزال في مرحلة الشباب.

2) ضمّت المجموعة الثانية كلاً من أحواض الأرتين، واسخيم، والرتم، وهي تعد من أحواض الجانب الشمالي والشمالي الشرقي التي تشكل ما نسبته 23% من مجموع أحواض الأزرق، وتمتاز عموماً باستوائها العام مع وجود هضاب وقباب صوانية وبازلتية، تعرضت إلى الطي الخفيف فتحدبت أركانها، وتسود في أراضيها الطفوح البازلتية التي تركت بعض المخاريط والهياكل فيها، أسهمت في زيادة الفارق التضاريسي، ويمكن توضيح أهم خصائصها بما يلي:

* انخفاض مساحة أحواضها عن المعدل العام، لتشكل ما نسبته 20% من مجمل أراضي حوض الأزرق، وتمتاز بأنها أحواض غير مستديرة وشكلها العام مائل إلى الاستطالة.

* تنخفض فيها قيم الشبكة المائية ومتغيرات النسيج الحوضي، حيث يبلغ معدل أعداد الروافد الأولية 108 رافد، بمجموع بلغ 360 رافد بما نسبته 18% من المجموع العام، وبلغ مجموع أعداد الروافد بجميع رتبها حوالي 496 رافد، بما نسبته 17% من مجموع الرافد الكلي في حوض الازرق، ومعدل أطوال روافدها وتشعبها النهري مساوي للمعدل العام تقريباً.

* تتميز بارتفاع قيمها التضاريسية، حيث يطاول أقصى ارتفاع في أحواضها 1266م، وتضرسها 770م ونسبته 14.4، ويستثنى من ذلك المعامل الهبسومتري الذي يصل معدلة الى0.62 ليشير إلى أن هذه الأحواض قطعت شوطاً إضافياً في عملية الحت والتطور الجيومورفولوجي، وإن بقيت ضمن مرحلة التطور الأولية.

3) تمثلت المجموعة الثالثة بأحواض عويد، وشعيب القشة، والعنيقية، والمسايل، ودغيلة حربي، وهي أكبر المجموعات الأربع حيث اشتملت على 38% من أحواض أودية الأزرق، امتازت بأنها أحواض صغيرة المساحة ولا يوجد لها اتصال مع حدود الحوض الخارجية، بل تظهر في نطاق سفوح الحضيض والرواسب الحديثة والمراوح الفيضية بالقرب من أراضي القاع، وهي عموماً أحواض مستوية يغلب على تكويناتها الرواسب مع تواجد للصخور الجيرية الطباشيرية من تكوين الرجام، باستثناء حوض العنيقية الذي تسوده التكوينات البازلتية بالكامل، أوديتها موحلة وطينية ملحية، وأهم خصائصها المورفومترية:

* انخفاض مساحاتها الحوضية حيث لا تشكل 12% من المساحة الكلية، وشكلها مائل إلى الاستدارة.

* تنخفض قيم الشبكة المائية والتضاريسية عن المعدل العام وذلك استجابة للمساحة والأبعاد الحوضية المتواضعة، معدل عدد روافدها الأولية 16 رافد، ومجموعها 80 رافد، ومجموع أعداد روافدها بجميع رتبها 110 رافد، ويبقى كلاً من معدل أطوالها وتشعبها النهري عند المعدل العام، بينما ارتفع المعامل الهبسومتري كثيراً ليصل إلى 82% وبذلك تعد من أكثر الأحواض حداثةً وأقلها تطوراً جيومورفولوجيا ولتواضع نسب الإزالة منها.

4) شكل حوض وادي راجل بيئة حوضية مميزة بخصائص جعلته يتباين عن المجموعات الحوضية الأخرى، ويمتاز عموماً بارتفاع قيم الانحدار إلى 40 خاصة في جهات المنابع العليا، وتسوده تكوينات بازلتية بما نسبته 88% من أراضيه، ويحوي على 28% من أطوال التراكيب البنيوية في الحوض الكلي وتتدفق مجاريه مع اتجاه الصدوع الشمالية الجنوبية، والشمالية الغربية الجنوبية الشرقية، انخفضت بيئة مصبة بسبب تأثره بصدع الفالق، ويمتاز بكثرة وجود المخاريط والهياكل البركانية، التي تخندقها المسيلات ذات الكفاءة التصريفية المتدنية؛ نظراً لخصائص البازلت المنفذة وغير القادرة على تكوين جريان مائي بسعة حتية عالية، تشكل مساحة الحوض 31%.

من المساحة الكلية للأحواض، وطوله 112.7 كم، ومتوسط عرضه 49كم، ويميل شكله إلى المثلثي غير المتراص، بلغ مجموع أعداد روافده الأولية 487 رافد، بما نسبته 24% من مجموعها العام ومجموع أعداد روافده بجميع رتبها 877 رافد بما نسبته 20%، ويرتفع فيه كلاً من معدل نسبة أطوال روافده، ومعدل التشعب النهري، ومعامل رو، وخصائص النسيج الحوضي، بينما تنخفض فيه متغيرات التكرار النهري والكثافة التصريفية إلى أقل من 0.5.

وتعد خصائص المتغيرات التضاريسية أهم ميزة حوضية في أراضي حوض راجل حيث بلغت قيم أقصى ارتفاع 1540م، وتضرسه العام 1040م، بينما يقل فيه المعامل الهبسومتري عن المعدل العام ليصل إلى 0.63 مما يعطي دلالة واضحة عن مدى تقدمه في دورته الحتية حيث أزال ما نسبتة 37% من تكويناته الحوضية على الرغم من بقائه في مرحلة الشباب.

الخاتمة والتوصيات

بينت الدراسة الحالية الفائدة من استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تقييم المتغيرات المورفومترية من خلال تشخيص أساسي ضمن الخصائص البيئية العامة والمتعلقة بالخصائص الجيولوجية والجيومورفولوجية والهيدرولوجية، بغية التنبؤ بالسلوك التقريبي للأحواض المائية والتعرف على العتبات ونقاط التحول التي يعتمد عليها في بيان نشاط الأحواض من دونه.

حيث أظهرت نتائج التحليل الإحصائي للمتغيرات المورفومترية لأحواض أودية قاع الأزرق قدرة الحسم لعوامل حجم الحوض وأبعاده، وامتداد شكله، ومرحلة التطور الجيومورفولوجية الأولية التي تمر بها الأحواض، وشدة التصريف المائي، في تفسير التباين لتلك الأحواض لكن يبقى عامل حجم الحوض وأبعاده من أكثرها تفسيراً وارتباطاً بالمتغيرات المورفومترية حيث تشبع حوله 62% من المتغيرات المورفومترية، ممثلة بالخصائص المساحية والشبكة المائية. ومرد ذلك إلى أن أحواض أودية قاع الأزرق قد تعرضت إلى ظروف مناخية متباينة بين الرطوبة والجفاف مؤدية إلى إحداث نشاط جيومورفولوجي متباين أيضاً، كما أسهم التركيب الصخري والحركات التكتونية في إبراز بعض الخصائص والاستجابات التي تمت على طول رميات الصدوع، مما أوجد نظام شبكة مائية غير منسجم مع معطياته البيئية الحالية، التي تتشابه إلى حدٍ ما في سيادة النوع الواحد من المناخ الجاف الحار، باستثناء منطقة محدودة تقع خارج الأراضي الأردنية في نطاق جبل العرب شمال الحوض، حيث يظهر المناخ شبة الرطب، ونتيجة لذلك فإن هذه الأحواض اذا ما توفرت لها الظروف المناخية الرطبة، فإنها تبدأ بتخطي العتبات

الجيومورفولوجية إلى مرحلة تطورية نشطة تسهم في إيجاد منظومة استجابات تلقائية جديدة، ينجم عنها متغيرات حوضية وبيئية، تكون هي الأخرى بحاجة إلى تقييم لأغراض التنمية المستدامة، بناءً على ما توفر من موارد طبيعية، أو ما تحدثه من أخطار بيئية محدقة بالحوض.

1- أشارت نتائج التحليل العنقودي إلى وجود أربعة مجموعات تناظرية أخذ وادي راجل بعداً مميزاً بمساحة حوضية مترامية الأطراف يطغى عليها التكوين البازلتي، بينما أخذت الأحواض الجنوبية التي تسود في أراضي الصخور الجيرية الطباشيرية وحدة تناظرية مميزه أخرى، فيما أظهرت المجموعة الثالثة تناظراً يطغى علية التركيب الصخري المتداخل بين البازلت والجيري الطباشيري، وتشكلت آخر مجموعة في أراضي الرواسب الحديثة عند المراوح الفيضية وسهول البهادا المميزة باستواء سطحها وصغر مساحاتها الحوضية . وبذلك توصي الدراسة باعتماد الحوض المائي وحدة أساسية يمثل أنسب الوحدات لإجراء تصنيف لأغراض تطوير وإدارة أراضي الأحواض، التي يجب التركيز عليها لرفع سوية البرامج والبدائل التخطيطية للإسهام في إنجاحها من خلال تضمينها لمتغيرات الوسط البيئي، في اتخاذ أية قرارات ذات أبعاد تنموية، بالإضافة إلى إمكانية اقتراح سياسات تنموية تهدف إلى إيقاف التدهور البيئي المستمر، وبناء خطط إدارة بيئية متكاملة تكون عوناً لمتخذ القرار وتساعد الهيئات المعنية بعمليات التنمية المستدامة في الحوض، والإفادة منها كذلك في إجراء البحوث المستقبلية، التي تخص أحواض أودية قاع الأزرق.

المصادر والمراجع

ابو عجمية،، س، (1999). التحولات السكانية والتغيرات البيئية في واحة الازرق، رسالة ماجستير غير منشوره، جامعة اليرموك.

دائرة الارصاد الجوية،2014، بيانات مناخية للسنوات 2000-2014، عمان.

رمضان، س، (1980). التحليل الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية للأحواض المائية في الأردن دراسات-العلوم الانسانية، مجلد7، عدد2، ص97-132.

سلطة المصادر الطبيعية، (1999). خرائط جيولوجية 1:50000، عمان.

شهبز، م، وأخرون، (2010). افاق التنمية في البادية الأردنية، المجلس الأعلى للعلوم والتكنولوجيا، عمان.

الشواورة، ع، (1970). اقليم الأزرق بالأردن: دراسة في الجغرافيا الإقليمية، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة القاهرة.

المركز الجغرافي الملكي الأردني، (1997)، خرائط طبوغرافية مقياس 1:50000، عمان.

ملكاوي، ع، (1997)، دراسة التصحر في حوض الأزرق باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة ال البيت.

AL-Adamat, R. (2003). The use of Geographical Information Systems and Remote Sensing to investigate Groundwater Quality in the Azraq Basin Jordan, , PhD Thesis, University of Coventry University, UK.

Al-Hadidi, K and Subuh, A. (2001): Jordan Badia Research and Development Program: Integrated Studies of Azraq Basin for Optimum Utilization of the Natural Resources, Water Group. 4, the Higher Council of Science and Technology, Amman, Jordan.

AL-Karabsheh, (1995). Possibilities of Artificial Ground Recharge in the Azraq Basin: potential Surface Water Utilization of Five Representative Catchment Areas (Jordan). Herausgegeben Vom Leher- Und Forschungsbereich Hydrogeologie Und Umwelt Der Universitat Wurzburg, Helft 10, Germany.

Al-Momani, M. Kilani, S. El-Naqa, A. and Amro, H. (2006). Isotope response to hydrological systems for long-term exploitation, Case of Azraq Basin, Jordan, in International Atomic Energy Agency, Isotopic assessment of long term groundwater exploitation, IAEA-TECDOC- 1507, Vienna, Austria, p. 177–211.(Also available at: http://wwwpub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1507_web/PDF/TE_1507.pdf.

AL-Qududah, K. (2003). The Influence of Long-Term Landscape Stability on Flood Hydrology and Geomorphic Evolution of Valley Floor in the Northeastern Badia of Jordan, PhD Thesis, University of Nevada, Reno.

AL-Zu'bi, Y. A. (1997).Irrigation Efficiency and Return Flow as environmental Parameters Affecting Water Quality in the Azraq Basin. MSc. Thesis, University of Jordan.

Ayed, R. (1996). Hydrological and hydrogeological study of the Azraq basin. PhD Thesis. Univ Baghdad, Baghdad, Iraq, pp 85–96

Band LE. (1986). Topographic partition of watersheds with digital elevation models. Water Resour Res 22(1):15–24

Bender, F. Geology of Jordan, Gebrüder Bornträger, Berlin 1974, pp.196.

Bishop. P. Cowell, P. (1997) Lithological and drainage network determinants of the character of drowned, embayed coastlines, J. Geol. 105, (6), P: 685–699

Esper, AMY. (2008). Morphometric analysis of Colanguil river basin and flash flood hazard, San Juan, Argentina. Environ Geol 55:107–111

Faniran, (1968). "The index of drainage intensity -a provisional new drainage factor," Australian Journal of Science, 31, P: 328–330.

effects and hydrological response. Hydrol Processes 17:33–58

Ozdemir, H. Bird, D. (2009). Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and DEM in point floods. Environ Geol 56:1405–1415

Patel, D. Gajjar, C. and Srivastava, P. (2013). Prioritization of Malesari Mini-Watersheds through Morphometric Analysis: A Remote Sensing and GIS Perspective. Environmental Earth Sciences, 69, 2643-2656. http://dx.doi.org/10.1007/s12665-012-2086-0

Raux, J. Copard, Y. Laignel, B. Fournier, M. and Masseï, N. (2011). Classification of Worldwide Drainage Basins through the Multivariate Analysis of Variables Controlling Their Hydrosedimentary Response. Global and Planetary Change, 76, 117-127. http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2010.12.005.

Sahawneh, J. (1996). Geology of Al Azraq Basin, Geology Directorate, Subsurface Geology Division, Groundwater Basin Project, Internal Report No. 2, Natural Resources Authority, Amman, Jordan 1996.

Schumm, S. A. (1956). Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey. Geological Society of America Bulletin, 67, 597-646. http://dx.doi.org/10.1130/0016 7606(1956)67%5B597: EODSAS%5D2.0.CO; 2

Shatanawi, M. AL_Kharabsheh, A. AL-Weshah, R. (1997). Artificial Groundwater recharge in the Azraq Basin (Jordan), Dirasat Journal Agricultural Sciences Series, 24, (3).

Singh, P. Thakur, J. and Singh, U. (2013). Morphometric Analysis of Morar River Basin, Madhya Pradesh, India, Using Remote Sensing and GIS Techniques. Environmental Earth Sciences, 68, 1967-1977. http://dx.doi.org/10.1007/s12665-012-1884-8

Strahler, A. N. (1952). Dynamic basis of geomorphology, Geol. Soc. Amer. Bull., 63:923-938. http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606 (1952)63%5B1117: HAAOET%5D2.0.CO; 2

Strahler, A. N. (1964). Quantitative geomorphology of basins and channel networks, in: V.T, Chow, Editors, Handbook of Applied Hydrology, Mcgraw Hill BookCompany, and New York.

Ta'any, R. (1996). Hydrological and Hydrogeological Study of the Azraq Basin, Jordan, PhD Thesis, University of Baghdad.

Zavoianu, I. (2011). Hypsometric curves and longitudinal stream profile. Morphometry of drainage basins (Chapter XI) Elsevier, Science series, pp 186–190.

Gangalakunta, P. (2004). Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in a basaltic terrain, central India: a remote sensing and GIS approach. Int J Appl Earth Obs Geoinf 6:1–16.

Gibbs, Beatrice. (1993). the Hydrology of the Azraq Basin North East Badia- Jordan Unpublished MSc Thesis University College London.

Gravelius, H. (1941). Flusskunde, Goschen'sche Verlagshandlung, Berlin, Germany.

Holden, Wayne. (1995). Modeling and Isotope study of the Azraq Basin North East Jordan, Unpublished MSc Thesis University College London.

Horton, R. E. (1945). Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins; Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. Geological Society of America Bulletin, 56, 275-370. http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606 (1945) 56%5B275: EDOSAT%5D2.0.CO; 2.

Horton, RE. (1932). Drainage basin characteristics. Trans Am Geophys Union 13: P: 350–361. http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606 (1945)56%5B275: EDOSAT%5D2.0.CO; 2.

Jasem, H. (2009) Groundwater vulnerability assessment in wadi Kafrain catchment area and its surroundings_ us- ing GIS, ground truthing and lab analysis_. PhD thesis, University of Jordan, Jordan.

Kaudse, T. and Aeschbach-Hertig, W. (2011). Noble gases used as an indicator of groundwater mixing in Azraq, Jordan [abs.]: Proceedings 2011 V.M. Goldschmidt Conference, Prague, p. 1156, accessed November 19, 2012 at http://goldschmidt.info/2011/abstracts/finalPDFs/1156.pdf.

Magesh, NS. Chandrasekar, N. Soundranayagam, JP. (2011). Morphometric evaluation of Papanasam and Manimuthar watersheds, parts of Western Ghats, Tirunelveli district, Tamil Nadu, India: a GIS approach. Environ Earth Sci 64:373–381.

Mesa, LM. (2006). Morphometric analysis of a subtropical Andean basin (Tucuman, Argentina). Environ Geol 50, (8). P: 1235–1242.

Miller, V.C. (1953). A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristicsin the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee, Office of Naval Research,Geography Branch, Project NR 389-042, Tech.Rept. 3, p. 30.

Morisawa, M. E. (1962). Quantitative Geomorphology of Some Watersheds in the Appalachian Plateau. Geological So - ciety of America Bulletin, 73, 1025-1046. http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606 (1962)73%5B1025: QGOSWI%5D2.0.CO; 2.

Moussa, R (2003). On morphometric properties of basin, scale

Analyzing and Classifying the Morphometric Characteristics of the Azraq Basin Using Geographic Information Systems to Support Integrated Environmental Management Plans

Samer A. Al-Nawayseh*

ABSTRACT

The study aims to analyze and classify the Morphometric characteristics of the Azraq basin, using Geographic Information Systems in order to support the integrated environmental management plans. The study results are based on a statistical analysis that depends on the correlation coefficients, factorial and cluster analysis and multiple regression. Based on the analysis, a geographic database of the basin was built which includes environmental data and general characteristics, to describe and interpret variation in Morphometric characteristics and to identify the most important factors of this discrepancy, and items featured have pelvic factors and natural processes affected the composition. The study found that there are four factors of pelvic patterns, that morphometric variables are clustered around it. It recommended that river basin should be considered as a basic unit represents the most appropriate units of classification for the purposes of development and land management.

Keywords: Morphometric Analysis, Azraq Basin, Integrated Environmental Management, GIS, Factor and Cluster Analysis.

* Geography Department, Faculty of Arts, Yarmouk University، Jordan. Received on 11/02/2016 and Accepted for Publication on 07/03/2016.