Doi: 10.34120/0080-048-004-004

Allocating Old Canals in Al-Kharj Plain Using Merged Spatial Data

Farhan H. Aljeidi

Abstract:

Objective: The study seeks reallocate old artificial canals in Alkharj area using different spatial data. The study also attempts to apply the best technical image merging method between remote sensing data and ols maps to delineate the old tracks of these artificial canals. **Methods:** All image merging methods provided by Erdas software were applied to select the best method to allocate the canals and show their relation to the roads and residential plans; these merging methods include IHS, Brovey and Multiplication methods. Also, ArcGis software has benn used to create a gepgraphical database for the region to maps the ols tracks of the canals on the current spatial data of Alkharj city. **Results:** The study found that the multiplicative method was the best mehtod among the three investigated image merging methods for mapping the canals and reallocating their adequate tracks on the remote sensing data. Therefore, the output merged image with IKONOS images showed both the old canals and the current situation of the AlKharj plain. **Conclusion:** The study concluded that Al-Kharj old canals can be divided into two parts: The first part included prehistoric subsurface canals which had been restored during the Islamic history, while the second part included open canals dating back to ancient times and which gave been expanded recently due the increase of irrigation by pumping water from artesian wells and deep aquifers. While most of the canals have vanished, some are still facing the threat of elimination by active urban developments. Geomorphology plays the largest role in the spatial distrubutions of the old canals of the Alkharj plain, as the sources are located at the bottom of the mountain slopes dominated by karst rocks surrounding the palin, while the canals continue in a track parallel to the valleys that cross the plain towards the east.

Keywords: Spatial data merging, Remote sensing, Old canals, Kharaz, Alkharj, Farzan.

إعادة توقيع القنوات المائية القديمة (الخرز) في سهل الخرج باستخدام دمج البيانات المكانية

فرحان بن حسين الجعيدي*

ملخص:

الهدف من الدراسة: تسعى هذه الدراسة إلى إعادة توقيع مسارات القنوات المائية القديمة في الخرج باستخدام مصادر متنوعة من البيانات المكانية. وتحاول الدراسة أن تختار الأسلوب الأفضل من بين عدد من الطرق الفنية لدمج هذه البيانات مساعدةً في رسم مساراتها. **المنهجية:** تستخدم الدراسة جميع الطرق التي يوفرها برنامج إرداس Erdas لتقييم أفضلها؛ لإظهار القنوات المائية وعلاقتها بالطرق والمخططات السكنية. وتشمل طرق الدمج (طريقة التشبع اللوني HIS، وطريقة بروفي Brovey، وطريقة المضاعفة الحسابية (Multiplication. كما تستخدم الدراسة برنامج ArcGis لإنشاء قاعدة بيانات جغرافية للمنطقة مع توقيع المسارات القديمة للقنوات المائية (الخرز) على الواقع الحالي للأحياء الحديثة لمدينة الخرج. **النتائج:** يعد أسلوب دمج البيانات المكانية المتمثلة في بيانات الاستشعار عن بعد عالية الوضوح المكاني مع الخرائط القديمة – أسلوباً علمياً مفضلاً لرسم وإعادة توقيع مسارات القنوات المائية القديمة في السهول الصحراوية. وهناك أكثر من طريقة لدمج هذه البيانات، وقد توصلت هذه الدراسة إلى أن طريقة المضاعفة الحسابية Multiplicatative تعد أفضل الطرق في استخلاص هذه المسارات وتوقيعها في أماكنها الصحيحة، وأظهرت نتائج الدمج بهذه الطريقة أنها الطريقة الأكثر فعالية لاشتقاق الخطوط السوداء من الخرائط بعد دمجها مع صور إيكونوس IKONOS في سهل الخرج. **الخلاصة:** تنقسم القنوات المائية القديمة في السهل إلى قسمين: القسم الأول قنوات مائية قديمة تحت سطحية (الخرز)، ويعود تأريخها إلى عصور ما قبل الإسلام. والقسم الثاني قنوات مائية مكشوفة يعود تأريخها إلى العصور القديمة، ثم جرى توسيعها حديثاً بسبب تنامي الضخ من الآبار الأرتوازية والعيون. وتلعب الجيومورفولوجيا الدور الأكبر في التوزيع

(*) قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.
Email: farh16@yahoo.com

المكاني لهذه القنوات؛ حيث توجد المنابع في أسفل المنحدرات الجبلية التي تسيطر عليها الصخور الكارستية.

المصطلحات الأساسية: دمج البيانات المكانية، الاستشعار عن بعد، القنوات المائية القديمة، الخرز، الخرج، فرزان.

مقدمة:

تعد الدراسات الجيوآثارية Geoarcheology من الدراسات التي تجمع ما بين الطبيعة والإنسان، ولذلك يعتبرها البعض من علوم الطبيعة؛ لتركيزها على ما يحدثه الإنسان في الطبيعة منذ وجوده (McLaren & Reynolds, 2009). وقد دأب الإنسان منذ القدم على تطويع البيئة المحيطة به لخدمته واستغلال ما يمكن استغلاله لتحسين ظروف معيشته، وتعد القنوات المائية التحت سطحية المعروفة بالخرز أو الفقارا أو الأفلاج من أبرز المشاريع الهندسية التي ابتكرها الإنسان القديم واستخدمها لنقل المياه من المناطق المرتفعة حيث توجد منابع المياه إلى المناطق المنخفضة ذات التربة الخصبة. وتشتهر دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا والصين بمثل هذا النوع من القنوات، ولاتزال تشكل مصدراً مهماً للمياه التي تعتمد عليها في الزراعة في الوقت الحاضر (الغافري، 2016) وHussain) (English, 1968; et. al., 2008;). ففي إيران لا تزال تستخدم هذه القنوات وتعرف باسم الخرز Karez، وتقدر أطوال شبكتها بنحو 80,000 كم، وقد تم مسح 18500كم وقياسها بتدفق يصل إلى نحو 239م3/ث (Encyclopedia Iranica, 2008; Karimi, 2003). وفي الدول العربية تشتهر سلطنة عمان بكونها أكثر الدول التي يوجد فيها مثل هذا النوع من الري، وتسمى بالأفلاج، وتنقسم إلى ثلاثة أنواع بحسب منبع الفلج: النوع الأول الأفلاج الغيلية، ومصدرها المياه السطحية الجارية في أعالي الأودية (الغيول)، وهي الأكثر تأثراً بالجفاف؛ النوع الثاني الأفلاج العينية وتنبع مياهها من الينابيع الطبيعية (العيون)؛ أما النوع الثالث، وهي الأفلاج الداؤودية؛ فتعد الأكثر شهرة وتنبع مياهها من البئر الأم (أم الفلج) في الجبل. ويوجد في عمان 4112 فلجاً، يستخدم منها حالياً 3017 فلجاً، وتنتج كمية من الماء بنحو 680 مليون متر مكعب سنوياً لري ما يقارب 17600 هكتار؛ أي ما يقارب نصف مجمل المساحة المزروعة في سلطنة عمان (الغافري، 2016). ويبلغ الطول الإجمالي لقنوات هذه الأفلاج وسواقيها 2900 كم. وفي شمال إفريقيا تعرف هذه القنوات بالفقارا Foggara (Boualem et. al, 2014; Wilson, 2005). وتقدر القنوات المستخدمة حالياً

في الجزائر بنحو 903 فقارة (قناة)، وتاتي في المرتبة الثانية بعد عمان في الدول العربية التي تستخدم مثل هذه القنوات في الري (Boualem & Rubah, 2012).

وتعد بيانات الاستشعار عن بعد من أهم المصادر التي يعتمد عليها علماء الآثار في الكشف عن المواقع الأثرية؛ لأنها تتميز بالتغطية الجغرافية الواسعة والوضوح المكاني العالي الذي يسمح بعرض تفاصيل المواقع الأثرية وتوجيه العمل الحقلي. بالإضافة إلى ذلك تتميز هذه البيانات بسهولة المعالجة الرقمية؛ حيث يستطيع المتخصص أن يعالج هذه البيانات رقمياً بعدد من الطرق والعمليات الإحصائية والنماذج التي تعطي وضوحاً أكثر للصور، سواء كانت صور أقمار صناعية أم صوراً جوية عبر الطائرات المسيرة (درون Drones)؛ لتتبع الظواهر البشرية وتوضيح العلاقات المكانية بينها وبين محيطها. وقد يلجأ المتخصص في وقت لاحق من اكتشاف هذه الظواهر البشرية المختلفة عن محيطها في حدود المواقع الأثرية إلى استخدام الرادار لمزيد من التحقق عن الآثار في هذه المواقع. فصور الرادار تستطيع أن تخترق أعماقاً ضحلة من الرواسب الرملية لتعرف امتدادات الجدران ووجهتها أو القنوات المائية التي طمرتها الرمال. كما تستطيع صور الليدار Lidar التي تعطي البعد الثالث بوضوح مكاني عالٍ أن تستكشف المواقع الأثرية (الحسن وعلي2011، و Campbell, 2002).

ويشتهر إقليم الخرج الزراعي في وسط المملكة العربية السعودية بهذه القنوات المائية القديمة (الخرز) التي تستخدم في نقل المياه من العيون لري المناطق الزراعية منذ القدم حتى منتصف الخمسينيات من القرن الميلادي الماضي؛ نتيجةً للتوسع في حفر الآبار الارتوازية. وقد جرى إعادة إصلاحها وترميمها في عهد جلالة المغفور له بإذن الله الملك عبدالعزيز لسقيا مزارع منطقة السلمية. وتتشابه هذه القنوات، التي تسمى محلياً أيضاً بالفقارة، بالقنوات المماثلة لها في شمال إفريقيا، وبخاصة في منطقة فزّان في ليبيا، التي تعرف أيضاً بالفقارة ولربما انتقلت التسمية مع الهجرات العربية إلى الشمال الإفريقي. وتسعى هيئة السياحة والتراث الوطني في المملكة حالياً لإعادة تنظيم منطقة العيون في السيح لتصبح وجهة سياحية، وتسعى في ذلك إلى الحفاظ على المواقع الأثرية والتاريخية وإعادة تنظيمها. وكانت منطقة الخرج قديماً تزخر بمثل هذا النوع من القنوات المائية القديمة، ونظراً لعدم وجود دراسات تعيد بناء مسارات هذه القنوات التي اندثرت

بالزحف الزراعي والعمراني، فإن هذه الدراسة تهدف إلى إعادة توقيع مسارات القنوات المائية القديمة في الخرج باستخدام مصادر متنوعة من البيانات المكانية.

منهجية الدراسة:

لرسم مسارات القنوات المائية القديمة تم ما يأتي:

أولاً – الحصول على بيانات الدراسة الآتية:

1 – الحصول على خرائط قديمة توضح مسارات القنوات المائية في سهل الخرج، التي رسمها جلن براون عام 1948م (Brown, 1948). وتنقسم هذه الخرائط إلى نوعين: النوع الأول خريطة جيولوجية جغرافية متوسطة المقياس 1/100.000 موقعاً عليها الأودية والقنوات المائية والطرق والمناطق الزراعية، والنوع الآخر خريطة هيدروجيولوجية كبيرة المقياس 1/5000 لمنطقة عيون السيح موقعاً عليها الأودية والقنوات المائية القديمة (الخرز) والقنوات الحديثة.

2 – الحصول على بيانات القمر الصناعي الأمريكي IKONOS-2 بوضوح مكاني عالٍ في شهر يونيو 2010م، وذلك قبل التطوير العمراني الذي تشهده منطقة العيون. فالقمر الصناعي IKONOS الذي أطلق في 24 سبتمبر 1999م عن طريق شركة (Space Imaging) التي تعرف حالياً بشركة GeoEye – يتميز بوضوح مكاني عالٍ يصل إلى 1م في النطاق البانكروماتي و4 أمتار في النظام المتعدد الأطياف، كما أن هناك مميزات إضافية تقوم بها المحطة الأرضية من خلال دمج النظامين pan-sharpened؛ بحيث يتم الحصول على صور ملونة بوضوح مكاني يصل إلى 1م (جدول 1). ويصور إيكونوس الأرض في جهاز الاستشعار متعدد النطاقات في أربعة نطاقات، هي: الأزرق (455-520 nm) B1، والأخضر (520-600 nm) B2، والأحمر (625-695 nm) B3 ونطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة (760-900 nm) NIR. أما في جهاز الاستشعار في النطاق البانكروماتي؛ فيتم التصوير في نطاق واحد (450-900 nm). وقد استخدمت في الصور التي حصل عليها الباحث طريقة Pan sharpening لدمج صور إيكونوس بالنظام المتعدد الأطياف مع النظام البانكروماتي بهدف الحصول على مرئية متعددة الأطياف بوضوح مكاني عالٍ (1م). ويستخدم هذا النوع من دمج بيانات النظام البانكروماتي مع بيانات النظام المتعدد الأطياف، التي مصدرها قمر صناعي واحد بزاوية التقاط واحدة وارتفاع واحد وتصحيح راديومتري وجيومتري موحد.

جدول (1)
خصائص القمر الصناعي IKONOS

القمر الصناعي	جهاز الاستشعار Sensors	النطاقات Bands	المدى الطيفي للنطاقات Spectral Range	مساحة التغطية Swath width	الوضوح المكاني Spatial Res
إيكونوس Ikonos	متعدد الأطياف Multi-spectral	1= الأزرق B1	520-455 nm	11 x 11 كم	4 م
		2= الأخضر B2	600-520 nm		
		3= الأحمر B3	695-625 nm		
		4= لأشعة تحت الحمراء القريبة NIR	900-760 nm		
	البانكروماتي Panchromatic	PAN	900-450 nm	11 x 11 كم	1 م

3 – الحصول على الصور الجوية عام 1951م.

4 – الحصول على الخرائط الطبوغرافية للمنطقة من مقياس 1/50,000 من إنتاج الهيئة العامة للمساحة عام 1978م.

5 – الحصول على تقارير البعثات الأثرية والدراسات التي تطرقت لآثار الخرج.

ثانياً – المعالجة الرقمية لبيانات الاستشعار عن بعد:

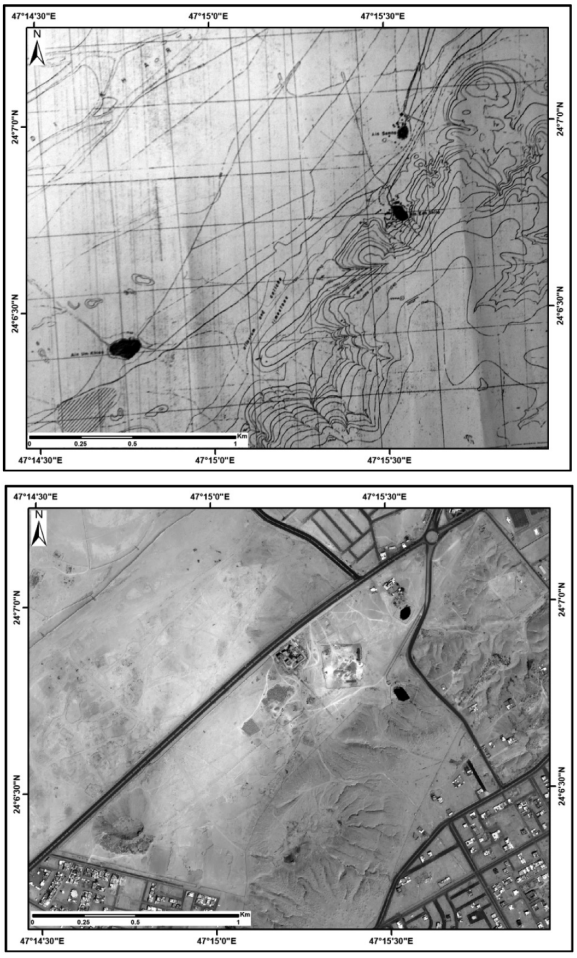
تهيئة للصور Preprocessing لتفسير البيانات الرقمية وتحليلها، فقد اقتطعت المنطقة التي تظهر على خرائط براون، وعولجت باستخدام نظام إرداس وفقاً للإجراءات الآتية:

أ – التصحيح الهندسي Image Geometric Correction للخرائط وصور الأقمار الصناعية. وتعد هذه العملية حجر الزاوية في تهيئة الصور للمعالجة الرقمية لمختلف تطبيقات الاستشعار عن بعد، التي تستخدم الدمج. ومن الطرق الشائعة الاستخدام في عملية التصحيح الهندسي لصور الأقمار الصناعية، التصحيح وفقاً للخرائط الطبوغرافية للمنطقة التي تغطيها الصور الفضائية. وللتأكد من تطابق المواقع أخذت نقاط مرجعية أخرى ثابتة تتمثل في العيون المائية التي تعتبر ظواهر جيولوجية لم تتغير عبر الزمن، وجرى تسجيل Georegistration الصور للخريطة. كما تم التأكد من التصحيح الهندسي في نظام المعلومات الجغرافية باستخدام

برنامج ArcGis؛ وذلك لمزيد من التطابق تحقيقاً لأكبر دقة ممكنة لرسم القنوات المائية التي تظهر في شكل خطي على الخرائط وتأخذ حجماً خطياً أكبر من الطبيعة (شكل 1).

ب – هناك أكثر من طريقة لدمج الصور الفضائية مع البيانات الأخرى. وقد استخدمت جميع الطرق التي يوفرها برنامج إرداس Erdas لتقييم أفضلها إظهاراً للقنوات المائية وعلاقتها بالطرق والمخططات السكنية. وتشمل طرق الدمج (طريقة التشبع اللوني IHS وطريقة بروفي Brovey وطريقة المضاعفة الحسابية Multiplication).

ثالثاً: إنشاء قاعدة البيانات الجغرافية للمنطقة باستخدام برنامج الـ ArcGis وتوقيع المسارات القديمة للقنوات المائية (الخرز) وعلاقتها بالواقع الحالي للأحياء الحديثة لمدينة الخرج.



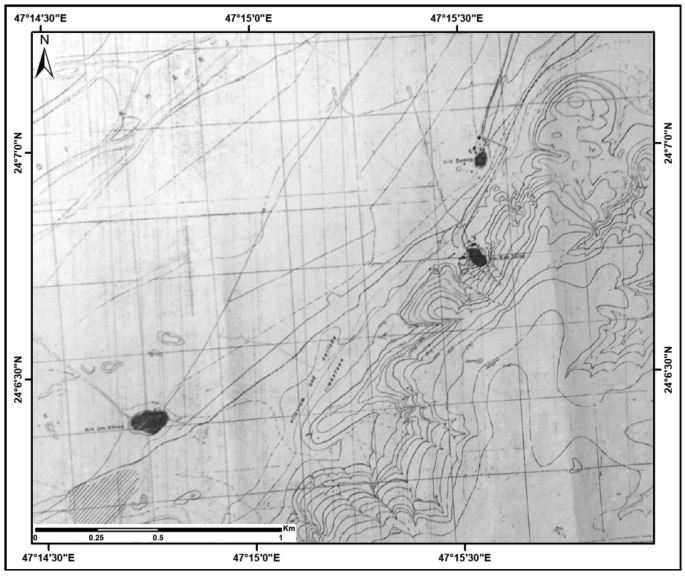
شكل (1): خريطة لمنطقة عيون السيح التي تظهر باللون الأسود عام 1948م (في الأعلى) وصورة حديثة للقمر الصناعي Ikonos في 2010م (في الأسفل).

المناقشة والتحليل:

يعد أسلوب دمج الصور الرقمية Image merging أحد أهم الأساليب المستخدمة في معالجة البيانات المكانية الرقمية؛ وذلك لتحسينها وإيضاح كثير من المعلومات التي تحتويها الصور قليلة الوضوح المكاني أو الطيفي أو الخرائط. ويأتي

أسلوب دمج البيانات المكانية في مقدمة الخطوات المهمة التي تستخدم في تهيئة البيانات الرقمية للتفسير والتحليل؛ لأنها تجمع بين بيانات مختلفة في صورة واحدة تحتوي – إلى حد ما – على المميزات الطيفية والمكانية في كلتا الصورتين الرقميتين (Campbell, 2002). وتوضح الأشكال التالية مخرجات طرق دمج البيانات المكانية المستخدمة في هذه الدراسة، المتمثلة في خريطة براون عام 1948م مع صورة القمر الصناعي إيكونوس Ikonos (مركب النطاقات 1 في الأزرق و2 في الأخضر و3 في الأحمر). وقد جاءت نتائج التحليل على النحو الآتي:

يوضح شكل (2) طريقة الدمج باستبدال مركبات (IHS) التي تعمل على دمج الخريطة مع صورة إيكونوس عبر إحلال النطاق البانكروماتي المتمثل في بيانات الخريطة التي تم وضعها في خانة (بيانات ذات الوضوح المكاني العالي) محل الشدة اللونية (I) ودمجها مع صور إيكونوس متعددة النطاقات في خانة (بيانات ذات الوضوح المكاني المتعدد الأطياف). ولمزيد من التحقق تم تغيير الخانات باستبدال الخريطة محل الصورة، والعكس صحيح، ولكن النتيجة كانت متماثلة؛ إذ تعرض على الخريطة الطرق فقط باللون الأزرق مع إخفاء بقية الصورة.



شكل (2): دمج البيانات المكانية لخريطة عام 1948م مع صورة Ikonos بطريقة HIS، وتظهر فقط الطرق باللون الأزرق الفاتح

ويوضح شكل (3) طريقة الدمج بطريقة بروفي Brovey، التي تعمل على تحويل النسبة الحسابية لدمج الصور، وذلك بقسمة عدد من النطاقات المفردة في مجموعة واحدة؛ بحيث يتم التعامل مع كل نطاق بشكل منفرد في المعادلة؛ ومن ثم يتم التعامل مع البقية بالأسلوب نفسه. فعلى سبيل المثال يتم التعامل مع مركب الألوان للنطاقات 1 و2 و3 في معادلات منفصلة تبدأ المعادلة بنطاق 1 وقسمته على مجموع القيم الرقمية في نطاقات 1 و2 و3، والناتج يتم ضرب القيم في بيانات الخريطة التي تمثل الوضوح المكاني العالي على النحو التالي:

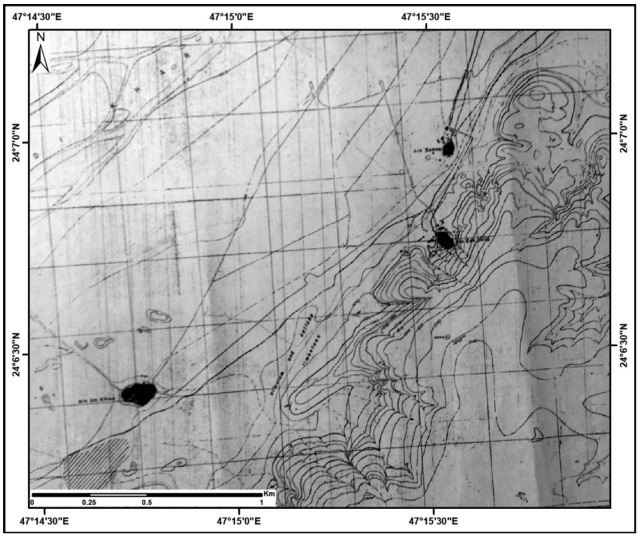
Red gun output = (DNb1 / DNb1 + DNb2 + DNb3) x (DNhighrs map)

Green gun output = (DNb2 / DNb1 + DNb2 + DNb3) x (DNhighrs map)

Blue gun output = (DNb3 / DNb1 + DNb2 + DNb3) x (DNhighrs map)

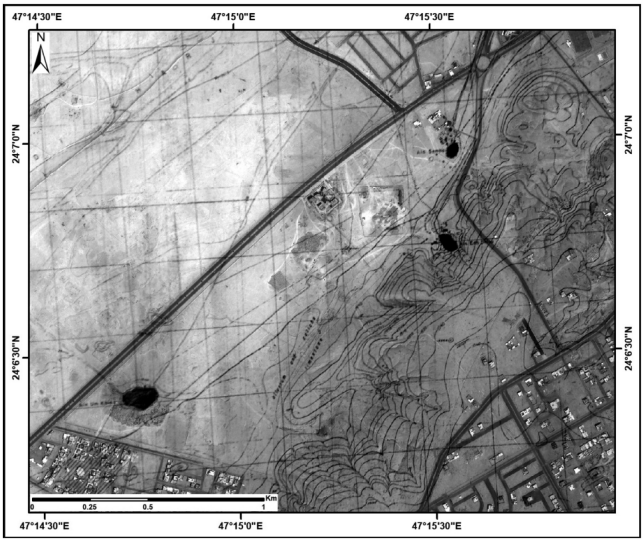
حيث تمثل DN القيم الرقمية للبيانات المكانية، و b النطاق في الصورة الفضائية، وDNhighrs بيانات الخريطة.

وقد عرضت هذه الطريقة بيانات الخريطة دون ظهور تفاصيل الصورة الفضائية إلا من الطرق التي تظهر باللون الأزرق؛ وبذلك لاتزال مسارات القنوات على بيانات الصورة لا تظهر بشكل واضح.



شكل (3): دمج البيانات المكانية لخريطة عام 1948م مع صورة Ikonos بطريقة Brovey وتظهر فقط الطرق باللون الأزرق الغامق

أما شكل (4)؛ فيوضح طريقة الدمج بطريقة المضاعفة الحسابية Multiplication، التي تعمل على ضرب القيم في النطاق البانكروماتي (الخريطة) في القيم في الصور متعددة الأطياف في كل نطاق. وقد عرضت هذه الطريقة مسارات القنوات بصورة واضحة على تفاصيل الصورة الفضائية؛ إذ تم استبعاد الخلفية البيضاء للخريطة؛ وبذلك تعتبر هذه الطريقة من طرق الدمج أفضل الطرق لاشتقاق الخطوط السوداء وتوقيعها في أماكنها على الصور الفضائية مع الاحتفاظ بالخصائص الطيفية للصورة أو المرئية فيما تستبعد اللون الأبيض لخلفية الخريطة.



شكل (4): دمج البيانات المكانية لخريطة عام 1948م مع صورة Ikonos بطريقة Multiplicative، وتظهر بوضوح الطرق والقنوات المائية باللون الأسود على الصورة

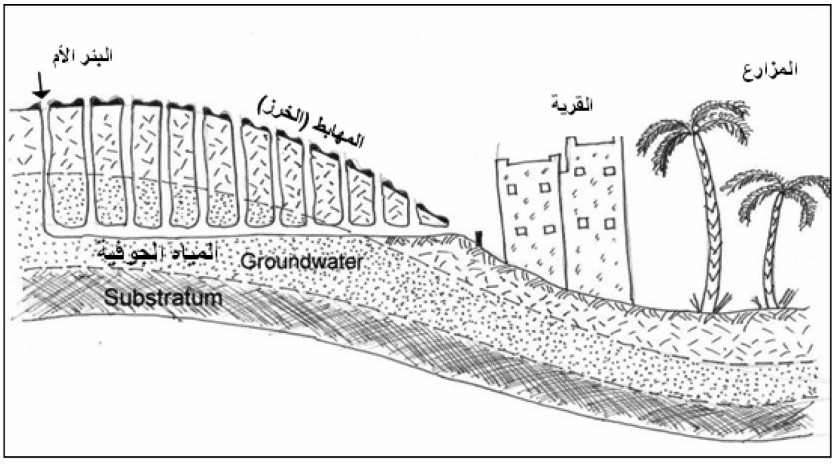
القنوات المائية القديمة في الخرج:

يعتبر أسلوب نقل المياه عبر قنوات الخرز أحد أهم أساليب هندسة الري التقليدية القديمة التي ابتكرها الإنسان. ويعمل هذا الأسلوب على إخراج المياه الجوفية إلى السطح وتيسير تدفقها عبر قنوات أفقية شبه مغطاة لحفظ المياه من التبخر وذلك في رحلتها لري المزارع البعيدة عن مصدر المياه. ويعود تأريخ هذا النوع من القنوات إلى عصور قديمة جداً تعود إلى ما قبل 2000 سنة. حيث يشير بعض الباحثين الذين أرّخوا لهذا النوع من أنظمة الري أو الخرز أو مايسمى بالفقارة

التي وجدت في منطقة إنتافارت في ليبيا إلى الألفية الأولى قبل الميلاد مستدلين في ذلك على طريقة الدفن في القبور الركامية التي توجد عادةً بالقرب من قنوات الفقارة (Wilson, 2005). وتتشابه أغلب مناطق وجود هذه القنوات في الجزيرة العربية وإيران وشمال إفريقيا بوجود مثل هذه المدافن مع وجود مكان المذبح، وهو مكان تقديم القرابين في الجانب الشرقي لكل مقبرة (عبدالعزيز الغزي، 2011). أما فيلبي Philiby (1919) الذي زار المنطقة في عام 1918م؛ فيرجح أن تأريخ هذه القنوات قد يعود إلى الفترة الفارسية ما قبل الإسلام مستدلاً في ذلك على وجود مقابر غير إسلامية في المنطقة المحيطة بها ومدعماً تفسيره لذلك بمفردة الخرز التي يقول إن أصلها فارسي. ويشير آخرون إلى أن وجود قنوات الخرج وما حولها قد يعود إلى العصر الهلينيستي (Zarins et. al., 1979). ويميل الغزي (2011) أيضاً إلى القول بذلك، ويضيف أن تاريخ إنشاء هذه القنوات قد يعود إلى عصور ما قبل الإسلام، ولكنها خضعت لتطوير مستمر خلال العصور اللاحقة ومنها العصر الإسلامي مستدلاً في ذلك بوجود قطع فخارية تؤرخ للحقبة الهلينيستية تشبه الفخاريات التي تم تأريخها في مواقع قريبة في موقعي البنة والسيح. ولكنه أضاف أنها استصلحت في العصر الأموي بحسب ماورد ذكره عن هذه القنوات في المعاجم البلدانية وورود مواقعها في الشعر الجاهلي. وتشير الصورة (1) إلى الجزء المتبقي من هذه القنوات في الخرج التي كانت تستخدم في نقل المياه من عيون فرزان إلى المصب في مزارع السلمية.

صورة (1): الجزء المتبقي من القنوات المائية في فرزان كما تظهر على صور القمر الصناعي Quickbird في النطاقات (1، 2، 3)

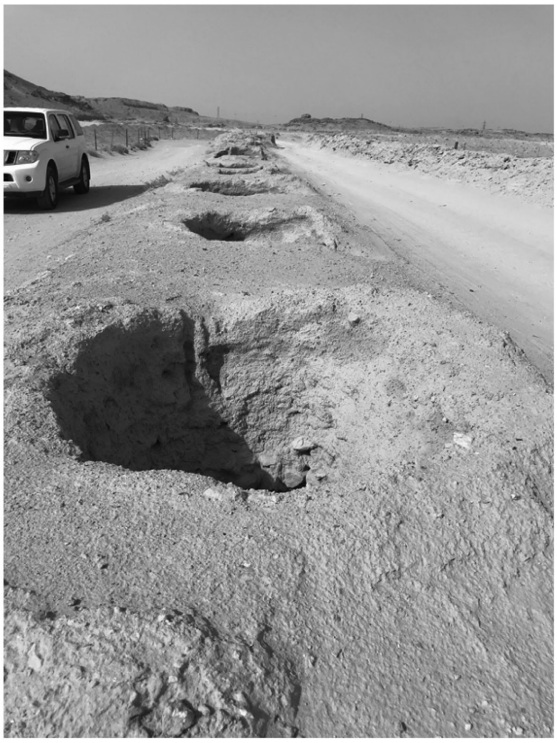
ويتكون نظام القنوات المائية القديمة (الخرز) بشكل عام من أربعة أقسام، هي: البئر الأم في المنبع، والقنوات الأفقية، والآبار المكملة، ومخرج القناة على سطح الأرض، ومنطقة التجميع في الخزان المربع الشكل في نهاية القناة؛ حيث تخرج منه قنوات مكشوفة لسقيا المزارع (شكل 5).



شكل (5): رسم تصويري لعمل القنوات بتصرف بعد (Boualam et al., 2014)

المصدر: Boualam et. al. 2014

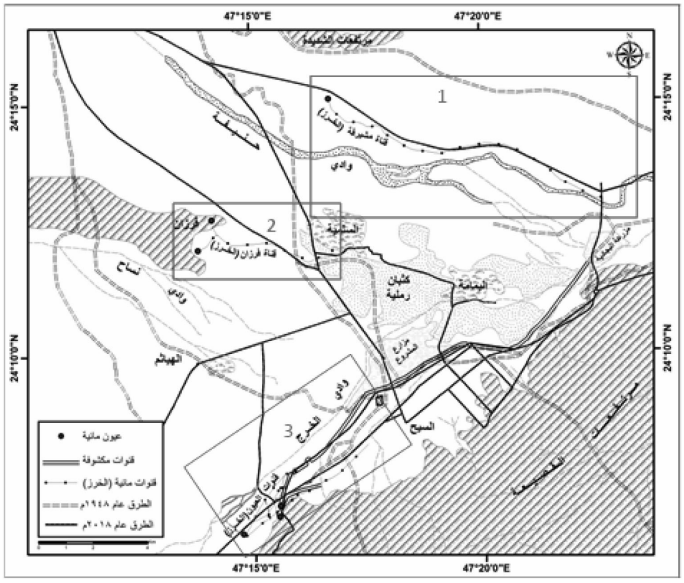
وتتميز هذه القنوات بوجود فتحات (مهابط) تسمى محلياً بالخرز أو الفقارة (Shafts). وتتفاوت المسافة التي تفصل بين الخرز (المهابط) في رحلة المياه من المنبع إلى المصب؛ فتظهر المسافة بين كل مهبط والذي يليه متفاوتة؛ ففي بداية القناة تصل المسافة بين المهابط (الخرز) إلى ما يقارب 6 أمتار بينما تتناقص في مواقع أخرى حتى تصل إلى ثلاثة أمتار، وبعضها تكون متلاصقة (الغزي، 2011). كما يختلف حجم المهابط وحجم القناة بين القنوات الفرعية والقناة الرئيسية (صورة 2)؛ فيراوح قطر المهبط في القنوات الفرعية ما بين 1 و 2م وبعمق يتجاوز 20م، بينما يصل الحجم في القناة الرئيسة إلى أكثر من 3م وبارتفاع الجدار الحامي للمهبط نحو 2م (صورة 3). ويعتبر الباحث الأمريكي براون المتخصص في الهيدروجيولوجيا أول من رسم خرائط هذه القنوات في سهل الخرج في عام 1948م (Brown, 1948).



صورة (2): مهابط (الخرز) في القناة الفرعية بالقرب من عين فرزان (المصدر: تصوير الباحث)

صورة (3): صورة للمهابط (الخرز) في القناة الرئيسة وتظهر ضخامة حجم المهبط (الخرز) وطول الجدار الحامي له (المصدر: تصوير الباحث)

وتتوزع القنوات المائية القديمة مكانياً في سهل الخرج في ثلاثة مواقع (شكل 6). واستند في رسم هذا التوزيع إلى مسارات القنوات في خرائط براون عن المنطقة في عام 1948م (Brown, 1948). وتنحدر القنوات بشكل عام من الغرب إلى الشرق والشمال الشرقي مع انحدار السطح في مسار مواز لمجاري أودية حنيفة ونساح والخرج. ويشير المستطيل باللون الأحمر إلى مسارات هذه القنوات ومواقعها؛ بحيث تعكس أبعاد المستطيل طول القنوات لتسهيل عملية المقارنة (الجعيدي، 2019).



شكل (6): التوزيع المكاني للقنوات المائية القديمة في سهل الخرج وأبعادها وعلاقتها بالطرق المحورية الحالية والقرى الزراعية في سهل الخرج

أولاً – القنوات المائية القديمة في مشيرفة (شمال سهل الخرج):

تقع هذه القناة في منطقة مشيرفة الواقعة في شمال سهل الخرج وتأخذ الاتجاه شرقاً بمحاذاة امتداد مجرى وادي حنيفة في شمال سهل الخرج بطول يصل إلى 11كم. ويقع منبع هذه القناة في عين الشديدة الواقعة في سفح حزم يقع إلى الشمال الغربي من بلدة الشديدة في جنوب وادي الحنية، ومسجلة بوصفها موقعاً أثرياً بالرقم 207-28 تحت مسمى قنوات مشيرفة، ويطلق عليها محلياً قناة

مشيرفة أو الحويط (الغزي، 2011). ويدعم وجود هذه القنوات ما ذكره عدد من المزارعين في أكثر من مزرعة في مشيرفة وشمال بلدة السلمية، الذين أشاروا إلى أنهم لمسوا وجود هذه القنوات في أثناء عملية الإصلاح الزراعي؛ حيث تتكرر الانهيارات في التربة على أعماق بعيدة.

ثانياً – القنوات المائية في منطقة فرزان (وسط سهل الخرج):

تقع عيون فرزان في أسفل وادي نساح في شمال غرب المنطقة الحضرية لسهل الخرج، وبالتحديد في عرض جبل فرزان الذي يفصل بين وادي نساح ووادي حنيفة. وتنحدر هذه القناة في اتجاه الشرق بشكل مواز مع وادي نساح، ويبلغ طولها نحو 7كم. وتحظى هذه القنوات بقدر كبير من الأهمية في تاريخ الدولة السعودية؛ فقد شرعت دارة الملك عبدالعزيز في توثيق هذه القناة ومهابطها بالصورة والوصف والقياس والإحداثيات والرفع المساحي. ووثّق مائة وخمسون مهبطاً منتظماً على خط القناة حتى اختفت بالقرب من بلدة السلمية (الغزي، 2011). وتعد هذه العيون والقنوات التي تخرج منها من أهم وأشهر القنوات المائية القديمة التي توجد في وسط المملكة. ويغذي هذه القناة مصدران مهمان، هما:

الأول: العين الجنوبية المسماة الغانمية، ويتم نقل مياهها عبر قناة تحت سطحية، تبدأ بالاتجاه شمالاً، ثم تنعطف وتأخذ الاتجاه إلى الشرق، ثم الجنوب الشرقي، حتى تلتقي مع القنوات المنحدرة من العين الأخرى.

الثاني: العين الشمالية المسماة عين فرزان، وتأخذ الاتجاه من الشمال إلى الجنوب بمسافة 610م حتى تلتقي بالقناة التي تأتي من العين الجنوبية. بعد ذلك يجتمع المساران في المقرن فيعاد ضبط تدفق المياه باتجاه الشرق في قناة مائية تنقل المياه تحت سطح الأرض إلى المصب الذي يقع في بلدة السلمية. وخضعت القناة على مدى القرون الماضية لعمليات تنظيف وترميم مستمر، كان آخرها في عهد جلالة المغفور له بإذن الله الملك عبدالعزيز (Philby, 1919). وتعد مياه هذه القناة من المياه ذات الجودة؛ إذ بلغت الأملاح الذائبة فيها نحو 851 جزءاً من المليون.

ثالثاً – القنوات المائية القديمة في منطقة العيون (جنوب سهل الخرج):

تقع هذه المنطقة في جنوب سهل الخرج، وتنحدر القنوات بشكل عام في اتجاه الشرق، وينبع أكثرها من عين سمحة وعين أم خيسة (الغزي، 1993، 1996، 2011) و (Brown, 1948). وعلى الرغم من تدوين هذه القنوات المائية القديمة تحت

التسجيل بوصفها مواقع أثرية في الموقع رقم 207-24 فإنها تعرضت للتدمير والاعتداء عليها بالمخططات السكنية. وتأتي مسارات هذه القنوات على النحو الآتي:

1 – القنوات التي تخرج من عين أم خيسة وتنقسم إلى قسمين:

القسم الأول: قنوات قديمة تحت سطحية (الخرز)، وتتجه بشكل عام إلى الشرق والشمال الشرقي، وهي مجريان: المجرى الأول يتجه إلى العيون الأخرى شرقاً ويمر بين عين سمحة وعين الضلع، ويلتقي مع القنوات التي تخرج من عين سمحة في خزان مفتوح تخرج منه قنوات أخرى تتجه للسيح؛ أما المجرى الآخر فيتجه شمال شرق، وتتفرع منه قنوات يعود بعضها إلى الجنوب الشرقي باتجاه العيون مرةً أخرى.

القسم الثاني: قنوات قديمة مكشوفة، وتتجه باتجاه الشمال الغربي، وتصب في وادي الخرج، ونعتقد بأنها تسقي المزارع التي على الضفة الجنوبية للوادي.

2 – القنوات التي تخرج من عين الضلع وتنقسم إلى قسمين:

القسم الأول: قنوات قديمة تحت سطحية (الخرز)، وتتجه بشكل عام إلى الشمال، وهي مجرى واحد، يتقاطع مع ثلاثة مسارات للمجاري القادمة من عين أم خيسة.

القسم الثاني: مجرى مائي مكشوف، ويتجه إلى الشمال الشرقي، ثم ينعطف بزاوية قائمة باتجاه الغرب، ليمر بالقرب من عين سمحة، ثم يلتقي بالمجاري التي تخرج منها ويتجه شمال شرق مرةً أخرى للسيح. وقد ذكر ذلك فيلبي (1922) في وصفه لهذه القناة التي تخرج من عين سمحة بأنها تتجه إلى الشمال بمسافة تراوح ما بين 4 و 5 أميال. ويشير الغزي (2011) إلى أنه تم مسح مسار القنوات التي تنطلق من عين أم خيسة باتجاه الشمال الشرقي، التي تقوم عليها مهابط شبيهة بمهابط عين فرزان إلا أنها أقل عمقاً وتقنيةً؛ إذ لا يزيد عمق المهابط تحت سطح الأرض عن 2,5م، ثم يبدأ مجرى القناة الذي يغوص لعمق نصف متر.

القنوات المائية المكشوفة في الخرج:

تعتبر القنوات المائية المكشوفة إحدى أهم وسائل نقل المياه من منابعها إلى المصب في سقيا المزارع في الخرج. وتظهر الخرائط التي تمت دراستها في هذا البحث ورسمت في نهاية الأربعينيات والخمسينيات من القرن الماضي الميلادي عدداً من هذه القنوات التي تنقسم – بحسب أطوالها – إلى قنوات طويلة تسقي

مزارع السهباء وقنوات قصيرة تسقي مزارع الشعبة. وتبدأ بعض القنوات مغطاة تحت الأرض بشكل جزئي عند المنبع في كل من عين سمحة وأم خيسة، وتستمر في اتجاه الشمال الشرقي وتصبح مكشوفة بالقرب من مزارع السيح. وفي عام 1939م قامت البعثة العراقية بتحويل هذه القناة من قناة مغطاة إلى قناة مكشوفة بشكل كلي؛ وذلك بسبب وجود المضخات التي تعمل على الكيروسين. وتشير الصورة التي نشرتها مجلة Life الأمريكية في تقريرها الصحفي المنشور عام 1943م في أثناء مقابلة الملك عبدالعزيز – طيب الله ثراه – في الخرج إلى وجود عدد من المواطنين الذين يقومون بحفر قناة مائية مكشوفة موازية للقناة المائية القديمة (الخرز) التي تظهر بقاياه المطمورة في الجانب الأيمن من الصورة (صورة 4).

صورة (4): صورة للقناة المكشوفة في أثناء الحفر في عام 1943م موازية لقناة مائية قديمة مدفونة، تظهر معالمها على شكل مهابط خرز واضحة في يمين الصورة

المصدر: (LIFE, 1943).

الجدير بالذكر أن هذه القناة المكشوفة تنحدر بشكل عام من الغرب إلى الشرق؛ فتبدأ منابعها في منطقة العيون في غرب مدينة السيح وتنتهي في مزارع مشروع الخرج الزراعي بمنطقة السهباء. وتمتد هذه القناة لمسافة تصل إلى 16 كم؛ إذ تبدأ من منطقة العيون التي يصل ارتفاعها إلى 440م فوق سطح البحر بينما يصل الارتفاع عند نقطة المصب في مشروع الخرج الزراعي في السهباء إلى 433م،

بنسبة انحدار عام تصل إلى 0.05%. وتتخلل مسيرة هذه القناة التي يراوح عرضها ما بين 1,5 و 2م عدد من الدفاعات (وهي نوع من الشلالات الصغيرة التي كانت تسمى محلياً بالزحليقة أو الخرارة) للمساعدة في دفع المياه. وتتبع القناة في رحلتها من المنبع إلى المصب ميول السطح مع حدوث بعض التعرجات التي فرضتها طبيعة سهل الخرج. ويتضح من تتبع مجرى القناة أنها تفصل ما بين مجرى وادي الخرج الواقع إلى الشمال منها ووادي السيح الواقع إلى الجنوب منها وبذلك لم تتقاطع مع الأودية إلا في نهاية مصبها بالقرب من مزرعة السهباء.

الخاتمة:

يعد دمج البيانات المكانية المتمثلة في صور الأقمار الصناعية عالية الوضوح المكاني مع الخرائط القديمة أسلوباً علمياً مفضلاً لرسم وإعادة توقيع مسارات القنوات المائية القديمة في السهول الصحراوية. وهناك أكثر من طريقة لدمج هذه البيانات، وقد توصلت هذه الدراسة إلى أن طريقة المضاعفة الحسابية Multiplication هي أفضل الطرق في استخلاص هذه المسارات وتوقيعها في أماكنها الصحيحة على بيانات الاستشعار عن بعد. وأظهرت نتائج الدمج بهذه الطريقة أنها الطريقة الأكثر فعالية لاشتقاق الخطوط السوداء من الخرائط بعد دمجها مع صور إيكونوس IKONOS.

وتنقسم هذه القنوات إلى قسمين: القسم الأول القنوات المائية التحت سطحية، ويعود تأريخها إلى عصور ما قبل الإسلام، وتم تجديدها في العصور الإسلامية اللاحقة وبداية عهد الدولة السعودية الثالثة. والقسم الثاني القنوات المائية المكشوفة في الخرج، ويعود تأريخها إلى العصر الحديث عبر الضخ من الآبار الارتوازية والعيون. وتتعرض هذه القنوات حالياً إلى التدمير بل إن البعض منها اختفى نتيجةً للتطور الحضري المستمر والطلب على الأراضي.

وتتوزع القنوات المائية القديمة (الخرز) في سهل الخرج توزيعاً مكانياً تؤدي فيه الجيومورفولوجيا الدور الأكبر. وتوجد هذه القنوات في أسفل المنحدرات الجبلية التي تسيطر عليها الصخور الكارستية المحيطة بالسهل في ثلاث مناطق، وذلك على النحو الآتي:

أولاً: قناة مشيرفة: وتقع بالقرب من مرتفعات الشديدة، وتمتد بمحاذاة وادي

حنيفة من الجهة الشمالية ويبلغ طولها أكثر من 11 كم، وتتجه – بشكل عام – إلى الشرق.

ثانياً: قنوات فرزان: وتقع بالقرب من جبال نساح، وتحاذي وادي نساح من الجهة الشمالية، ويصل طولها إلى نحو 7 كم، وتتجه – بشكل عام – إلى الشرق أيضاً.

ثالثاً: قنوات عيون السيح، تقع في أسفل مرتفعات القصيعة، وتحاذي وادي الخرج من الناحية الجنوبية. وتعد هذه المنطقة أكثر المواقع في سهل الخرج من حيث وجود القنوات المائية التي تنقسم إلى 4 قنوات رئيسة مختلفة الأطوال وفقاً لوجهتها على النحو الآتي:

قناة 1: وتبدأ من عين أم خيسة وتتجه شرقاً إلى عين سمحة بطول يصل إلى مايقارب 2كم. ويميز هذه القناة التفافها على جبل مفرد صغير لتعود إلى مسارها مرة أخرى.

قناة 2: وتبدأ من عين أم خيسة أيضاً وتتجه إلى الشمال الشرقي وتسقي المزارع في الضفة الجنوبية لوادي الخرج.

قناة 3: وتبدأ من عين سمحة، وتتجه إلى الشمال الشرقي، وتسقي مزارع الشعبة والسيح، وتعد هذه القناة امتداداً لقناة 1 الداعمة لها.

قناة 4: وتبدأ من عين الضلع وتتجه إلى الشمال الغربي وتقطع القناة 1؛ لأن منسوبها – على ما يبدو – أعلى منها، وتلتقي مع قنوات متفرعة من القناة 2.

وفي الختام توصي هذه الدراسة بالاستفادة من الخرائط القديمة وإعادة دراستها لاستخلاص المعلومات التي تظهر عليها وتوقيعها في أماكنها الأصلية عبر دمجها مع صور الأقمار الصناعية الحديثة عالية الوضوح المكاني. وسيعمل هذا الأسلوب على تقليل نسبة الخطأ الذي تعاني منه البلديات وهيئات السياحة وإدارات التخطيط الأخرى في توقيع الأماكن القديمة في أماكنها الحقيقية.

المراجع:

الجعيدي، فرحان. (2019). *إقليم الخرج*، الرياض، المملكة العربية السعودية: دار جامعة الملك سعود للنشر.

الحسن، أحمد ابو القاسم؛ وعلي، عباس سيد. (2011). الاستشعار عن بعد واستخداماته في علم الآثار، *مجلة الآداب والعلوم الاجتماعية*، جامعة السلطان قابوس، 2: 5–26.

الغافري، عبدالله. (2016). الأفلاج نظام حياة، في كتاب أيامنا في القمر، مركز الخليل بن أحمد الفراهيدي للدراسات العربية: 177–195، سلطنة عمان.

الغزي، عبدالعزيز. (1993). شواهد آثارية على استمرارية الاستيطان في واحة الخرج قبل الإسلام، لندن: دار المريخ للنشر والتوزيع.

الغزي، عبدالعزيز. (1996). التحول الاستيطاني في محافظة الخرج في العصور القديمة، *الجمعية السعودية للدراسات الأثرية*، عدد 1، جامعة الملك سعود، الرياض.

الغزي، عبدالعزيز. (2011). مشروع مسح المنشآت الحجرية في محيط عيني فرزان، مجلدان، دارة الملك عبدالعزيز. الرياض.

Boualem, B. & Rabah K. (2012). *The Foggara in the Arab world. Geographia Technica, 1*, 1-7.

Boualem, B., Bachir, A., & Rabah, K. (2012). Traditional techniques for increasing the discharge from qanats in Algeria, *Springer Science+Business Media B.V*. DOI 10.1007/s10795-012-9125-6.

Boualem, B., Bachir, A., & Rabah, K. (2014). The Foggara: A traditional system od irrigation in arid regions. *GeoScience Engineering,* LX, 2, 32-39, ISSN 1802-5420.

Brown, G. (1948). *The geology and ground water of AlKharj District, Nejd Saudi Arabia*, [Unpublished Ph.D thesis], University of Northwestern, Illinois USA.

Campbell, J. B., (2002), Introduction to remote sensing, Third edition, *The Guilford Press*, New York.

Encyclopedia, Iranica., (2008). http://www.iranicaonline.org/articles/kariz_5

English, P. W. (1968) The origin and spread of qanats in the Old World, *Proceedings of the American Philosophical Society,* 112, 170-181.

Hussain I., Abu Rizaiza, O., Habib, M., & Ashfaq M. (2008). Révitalizing a traditional dryland water supply system, The karezes in Afghanistan, Iran, Pakistan and the Knigdom of Saudi Arabia, *Water International, 33*(3), 333-349.

KARIMI, S. (2003). Qanat as the symbol of the native Iranians in water harvesting from groundwater resources, (3rd) IWHA conference, 11-14 Dec, Alexandria, Egypt.

Life Magazine (1943). King Abd al-Aziz Al Saud and the Kingdom of Saudi Arabia. May 31, 1943, issue.

McLaren, SJ., & Reynolds, T. (2009). Early humans in dryland environments: a geoarchaeological perspective. *Geomorphology of Desert Environmentspp*. 773-798ISBN13: 978-1-4020-5718-2.

Philby, J. (1919). *Southern Nejd, Journey to Kharj, Aflaj, Sulaiayyil and Wadi Dawasir in 1918*. Cairo: Government press.

Philby, J. (1922). The heart of Arabia, Vol. 2. Constable and Company LTD. London

Wilson, A. (2005). Foggara irrigation, early state formation and Saharan trade: the Garamantes of Fazzan. *Journal of Schriftenreihe der Frontinus-Gesellschaft*. *26*, 223-234.

Zarins, J., Ibrahim M., Potts D. & Edens C. (1979). Saudi Arabian Archaeological Reconnaissance 1978. The Preliminary Report on the Third Phase of the Comprehensive Archaeological Survey Program - *The Central Province*. Atlal 3: 9-42 (English).

قدم في: يناير 2019
أجيز في: يوليو 2019