مَسَار مقترح لنقل الماء إنسيابياً من نهر عطبرة إلى ساحل البحر الأحمر

الطيب حسن أونسه[1] وخليفة إدريس هباني[2] وأنور آدم أحمد[3]

مُسْتَخلَص

إهتم هذا البحث بإيجاد مقترح لتغطية الحاجة الكبيرة إلى إيصال الماء إلى مناطق مهمة في شرق السودان لأغراض الشُرب والري. إهتم البحث بأن يكون إيصال الماء إلى شرق السودان وساحل البحر الأحمر بتكلفة تشغيلية قليلة وبكميات وافرة. ومن ثَمَّ تَم إقتراح مسار لنقل الماء إنسيابياً من بحيرة سد خشم القربة إلى ساحل البحر الأحمر عن طريق قناة مفتوحة ومجاري أودية طبيعية مع إمكان إتباع نفس المسار لنقل الماء في أنبوب لأغراض الشُرب.

إستخدمت المعلومات المساحية من خرائط التصوير الجوى مقاس 100,000:1 ومن صور الأقمار الصناعية في قُوقِل. وتناول البحث التقديرات الأولية لكمية الماء المطلوب للزراعة والشرب في المناطق التي يتوقع أن يخدمها المسار المقترح وأيضاً تم حساب الفقد في الماء المنقول وبناءً على ذلك تم إقتراح مقاسات للقناة المفتوحة المقترحة في حال نقل الماء لإستخدامه في أغراض الزراعة.

إستعرض البحث المشاكل التي يمكن أن يواجهها تنفيذ مشروع الإستفادة من المسار المقترح وتم إقتراح خطة التنفيذ بإعتبار المشروع أحد المشروعات المفضية إلى تنمية شاملة في مناطق عدة من شرق السودان.

Abstract

This research is concerned with finding proposal for supplying important areas at Eastern Sudan and the coastal plain with water for irrigation and domestic use. Special attention is made such that water is conveyed with minimal running cost and enough quantity. Hence, a route is suggested on which water can be taken by gravity from the reservoir of Khashm Algirba Dam to the coastal plain via open channel and natural valleys; with the possibility of following the same route and using water pipeline to supply the coastal cities with drinking water.

Survey data from satellite images and aerial photography maps scale 1:100,000 are used for preparing this proposal. Preliminary quantity of water needed for irrigation and domestic use is estimated for suggested areas expected to be served by the proposed

[1] أستاذ مشارك - كلية العلوم الهندسية - جامعة أم درمان الإسلامية - بريد إلكتروني: eonsah@gmail.com
[2] مهندس إستشاري.
[3] محاضر - كلية العلوم الهندسية - جامعة أم درمان الإسلامية - بريد إلكتروني: anwarsudan@gmail.com

route. Also water losses are estimated and hence size of the open channels is estimated for the case of conveying water for irrigation.

The major problems which are expected to face the proposal are outlined, hence, an action plan is suggested considering the proposed route will reveal projects for comprehensive development in many areas at east of Sudan.

1. مقدمة

عندما بدأت حركة السفن تنشط في ميناء الشيخ برغوث (بورتسودان حالياً) وبدأت سواكن تفقد أهميتها كونها ميناءً رئيساً للسودان تقرر أن يكون الشيخ برغوث هو الميناء الرئيس للسودان. وفي عام 1904م تقدم مهندس الأشغال بخارطة توضح طريقة لجلب الماء من منطقة أربعات إلي مدينة بورتسودان ومنذ ذلك الحين صارت أربعات هي المصدر الرئيس لمياه بورتسودان وقد تم توسعة خط الأنابيب عدة مرات. وكلما ازدادت حاجة المدينة إلى الماء يتم حفر مزيد من الآبار الجوفية بمنطقة أربعات دون العمل على إيجاد وسائل بديلة لتغذية المياه الجوفية من مياه الخور السطحية والتي يذهب معظمها إلي البحر الأحمر ما عدا الخزان الأرضي الذي أضيف في سبعينيات القرن الماضي.

واليوم وبعد إحياء ميناء سواكن وتوسع مدينة بورسودان وتنوع الأنشطة الحياتية فيها إزدادت الحاجة لإمداد المدينة بالمياه ويجري حالياً البحث عن إيجاد مصادر للمياه في منطقة خور هندوب شمال غرب سواكن وخور آقُوب جنوب غرب سواكن ومن نهر النيل ومن نهر عطبرة، [1].

يعتبر المسار المقترح في هذا البحث من أفضل المسارات لحل مشكلة مياه بورتسودان وسواكن، [1]. وقد ظل يعرف هذا المسار بإسم "مشروع هباني" نسبة للمهندس خليفة هباني الذي إقترحه لأول مرة وفي عدة منتديات منذ العام 1978. وقد هدف هذا البحث إلى تحديد المسار المقترح وتوثيقه وتقديمه في شكل علمي يستفيد منه مُتخذو القرار والباحثون بإعتباره أحد نواتج التفكير الهندسي الشامل.

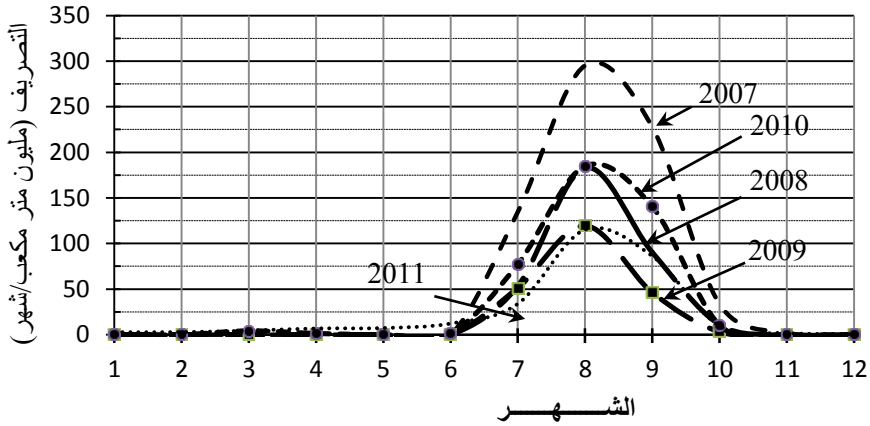
تقوم فكرة المسارعلى سحب الماء من نهر عطبرة من بحيرة سد خشم القربة عند الجزء الشمالي الشرقي من السد ونقله بالإنسياب الطبيعي إلى ساحل البحر الأحمر. ويتم سحب الماء أثناء موسم الفيضان من بحيرة السد حيث يمكن سحب الماء إما عن طريق قناة مفتوحة أو عن طريق خط أنابيب كما موضح أدناه:

i. سحب الماء عن طريق قناة مفتوحة تمتد من أمام السد حيث يتم سحب الماء أثناء موسم الفيضان (تفيد معلومات من إدارة السد،[2]، أن المدة التي يسمح بسحب الماء فيها هي 60 يوم) وينقل عن طريق قناة مفتوحة ليُخزن في بحيرة طبيعية تقع وسط الجبال قرب مدينة هَمَشْكُوريب. ثم ينقل الماء في مسار خور لانجيب إلى منطقة إلتقائه مع خور بركة ومن ثم إلى ساحل البحر الأحمر كما هم موصوف في الفقرة (3) أدناه.
ii. يمكن سحب الماء من بحيرة السد ثم معالجته ونقله في خط أنابيب على نفس المسار المقترح إذا أُريد استخدام الماء لأغراض الشُرب وبكميات محدودة حسب الحاجة له في المدن التي يمر بها الأنبوب.

2. بحيرة سد خشم القربة

يقع سد خشم القربة على نهر عطبرة قرب مدينة الشوك على بعد 65 كيلومتر من الحدود الإثيوبية وعلى بعد 75 كيلومتر من ملتقى أعالي نهر عطبرة وستيت. تم تشييد سد خشم القربة عام 1964 بسعة تخزين 1.30 مليار متر مكعب عند منسوب 473.2 متر فوق مستوى سطح البحر في بحيرة يبلغ طولها حوالي 80 كيلومتر، [4].

صُمِّم سد خشم القربة لغرض ري مشروع حلفا الجديدة الزراعي وتوطين المتأثرين من قيام السد العالي في مصر وكذلك لتوطين الرعاة المحليين. تم أيضاً مراعاة استخدام التوربينات لتوليد الكهرباء وإمداد مياه الري في آن واحد عندما يكون منسوب الماء في السد عالياً. ويحمل نهر عطبرة سنوياً كميات كبيرة من الطمي تقدر بحوالي 1,500 جزء في المليون ويقدر متوسط التدفق السنوي للنهر 12 مليار متر مكعب كما يعتبر نهر عطبرة من الأنهار ذات التذبذب العالي في حجم المياه وفترة نقلها حيث أنه في عام 1984م كان حجم الجريان السنوي حوالي 3.5 مليار متر مكعب وفي عام 1988م كان 19.2 مليار متر مكعب بينما كان في عام 1989م 6.7 مليار متر مكعب. الشكل (1) يوضح إمكان سحب الماء من بحيرة السد خلال شهري يوليو وأغسطس.



شكل (1): متوسط التصريف الشهرى من بحيرة سد خشم القربة للأعوام 2007 ~ 2011

وصف المسار المقترح

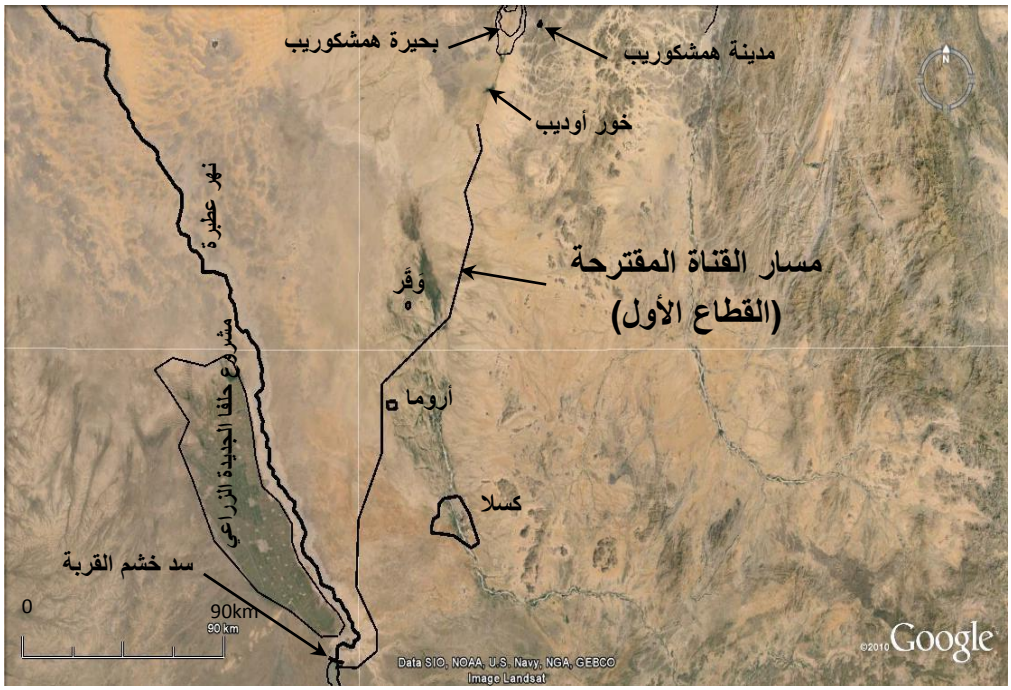
ينقسم مسار توصيل الماء من بحيرة سد خشم القربة إلى ساحل البحر الأحمر إلى خمس قطاعات كما يلي:

القطاع الأول: من بحيرة سد خشم القربة إلى شمال دلتا القَاش

يبدأ المسار من الضفة اليمنى لبحيرة سد خشم القربة ثم بمحازاة نهر عطبرة لمسافة 45 كيلومتر شمالاً وحتي غرب مدينة أروْما.

ومن ثم يتجه المسار إلى منطقة وَقَر مروراً بشمال مشروع القاش وصولاً إلى المنطقة الشرقية من مشروع القاش الزراعي وبعدها يتجه المسار شمالاً إلي أن يصل مدخل خور أوديب. التقدير الأولي لطول هذا القطاع يبلغ 240 كيلومتر، أنظر الشكلين (2) و(3).

يقترح أن ينقل الماء في هذا القطاع في قناة مقتوحة, الجدول (3) يوضح الأبعاد التقديرية للقناة.



شكل (2): مسار القناة المقترحة (القطاع الأول)

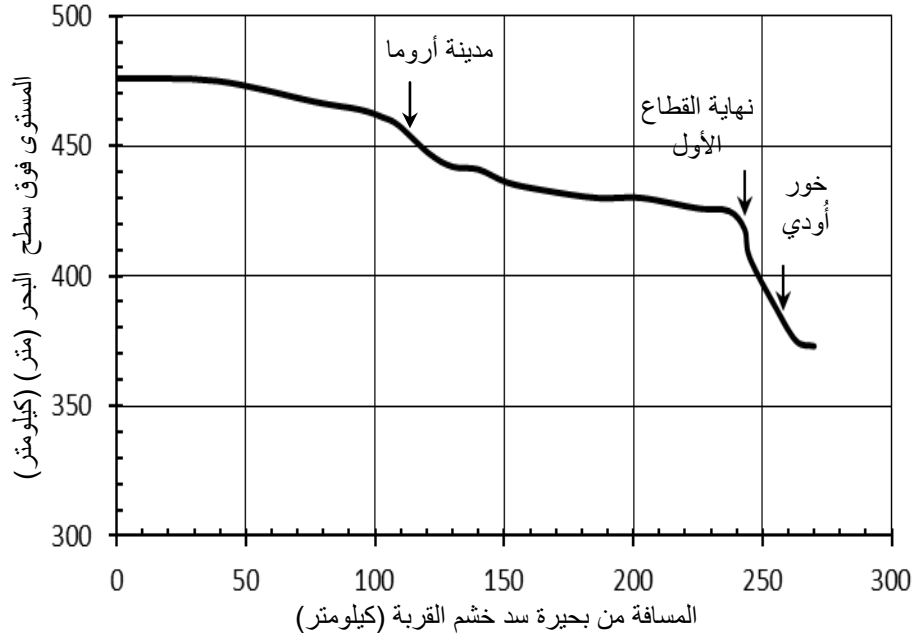
القطاع الثاني: خور أُوْدِيب وبحيرة هَمَشْكُوريب

ثم يكون المسار في خور "أُوْدِيب" لمسافة 30 كيلومتر ومن ثَمَّ يدخل المسار إلى منطقة تجمع مياه الخيران بين الجبال قرب مدينة هَمَشْكُوريب حيث تكونت بحيرة أُنشئ في عام 1977م عند مخرجها

سد صغير يسمى "تشلَّل" بسعة تخزينية تبلغ حوالي 28 مليون متر مكعب من مياه الخيران. في هذا

المقترح وبما أنه يتوقع زيادة حجم وعمر البحيرة إذا نُقل الماء إليها بقناة مفتوحة من نهر عطبرة

فنقترح تسمية تلك البحيرة: **"بحيرة هَمَشْكُوريب"** على اسم أكبر تجمع سكاني حضري قريب منها. ومن ثمَّ



شكل (3): مخطط المسافة ~ المستوى في القطاع الأول من المسار المقترح

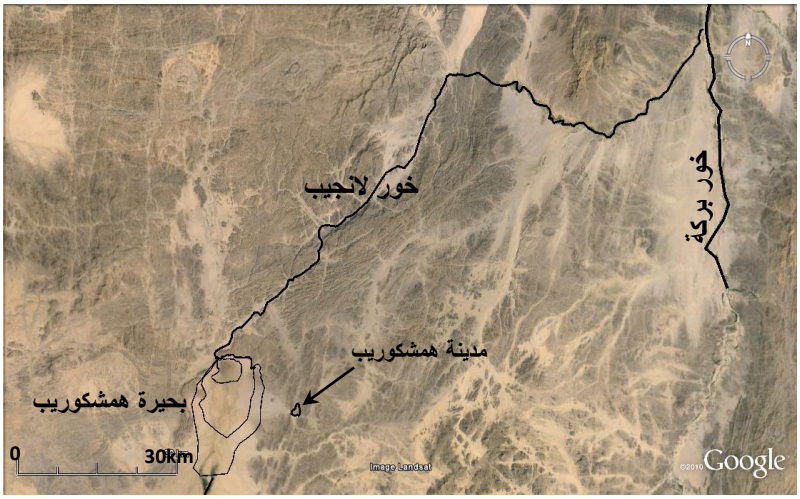
إعادة تشييد سد تشلل ليواكب إرتفاع الماء في البحيرة.

الشكل (6) يوضح مستويات الماء المتوقعة في بحيرة هَمَشْكُوريب. المستوى 340 متر يمثل أعلى مستوى تخزين حالياً. المستويان 350 متر و360 متر يمثلان مستويا تخزين نصف مليار و1.5 مليارمتر مكعب، على الترتيب، مع إحتساب إحتياطي لترسيب الأطماء يعادل 61.5% تم حسابه من الترسيب الذي تم في بحيرة سد خشم القربة إذ نقص التخزين من 1.3 إلى 0.8 مليار متر مكعب في 50 عام، [1].

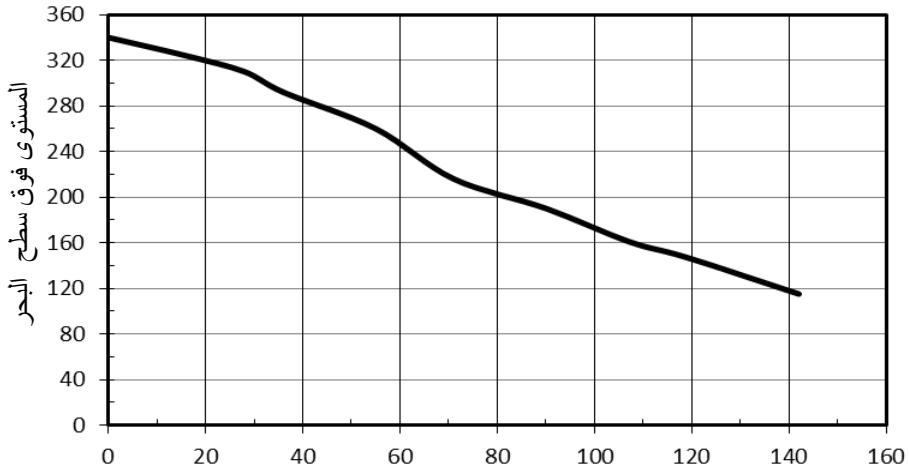
القطاع الثالث: خور لاْنْجَيْب إلى نقطة الإلتقاء مع خور بركة

ومن بعد ذلك يكون المسار المقترح داخل خور لاْنْجيْب بمسافة 145 كيلومتر تقريباً. وفي هذا الخور منحدر مائي طبيعي يسمح بنقل الماء وبإنتاج الكهرباء عن طريق التوليد الكهرومائي إذ يهبط الماء مسافة تبلغ 210 متر خلال جريه على طول الخور كما موضح في الشكل (5) وكما سيقدم مفصلاً في بحث لاحق مع بيان المقاطع العرضية للخور ونوع التربة في قاعه وإستيفائها مطلوبات المسار.

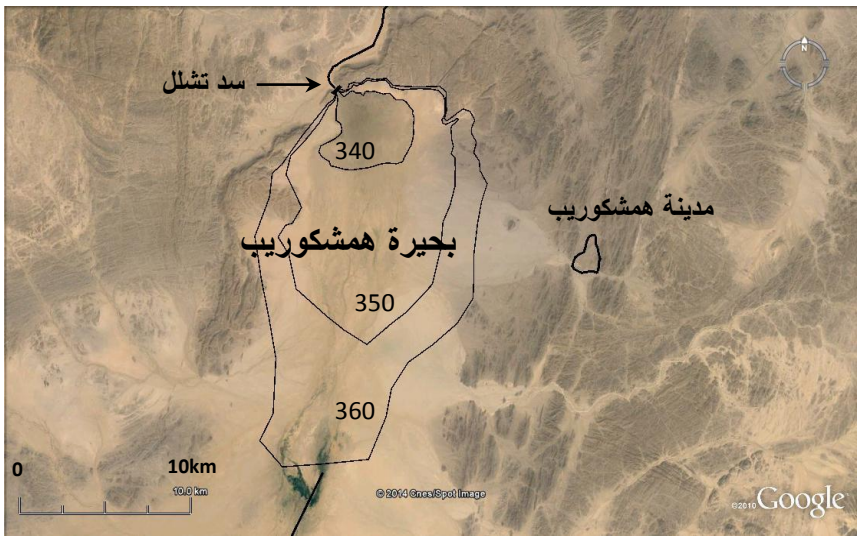
تجدر الإشارة إلى أن خور لانْجِيْب يعتبر المنفذ الطبيعي الوحيد الذي يصل الماء من الأراضي العالية في شرق السودان إلى ساحل البحر الأحمر خلال سلسلة الجبال وأن للمهندس هباني الدور الرئيس في الإعلام عن هذا المنفذ.



شكل (4): خور لانْجَيب



شكل (5): مخطط المسافة ~ المستوى في خور لانجيب



شكل (6): البحيرة المقترحة قرب هَمَشْكُوريب

القطاع الرابع: من إلتقاء خور لأنْجِيْب مع خور بركة إلى مدخل دلتا طوكر

يحمل خور بركة كل عام حوالي 500,000 متر مكعب من الماء في كل عام، [1] ويُسقى ببعض ذلك الماء أراضي دلتا طوكر وحالياً ينساب الجزء الأكبر منه إلى البحر الأحمر. فإذا تم تنظيم الماء القادم من خور بركة وخور لانجيب عند منطقة إلتقائهما بواسطة منشأة مائية، مثل سد، فينتج من ذلك فائدة عظيمة لمشروع طوكر ومشروع ري السهل الساحلي المقترح في هذا البحث.

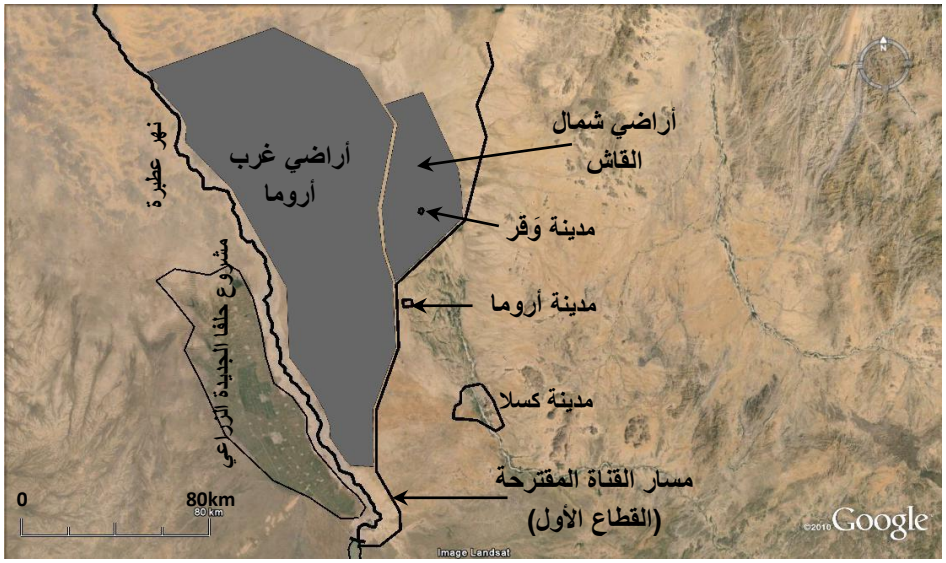
ويمكن نقل الماء في هذا القطاع بأحد الطريقين الموضحين فيما يلي:

أ. عبر مجرى خور بركة وفي هذه الحالة يُحتاج إلى منشأة لفصل الماء عند مدخل الدلتا.
ب. أو في قناة مفتوحة يتم تصميمها لتجري بمحازاة الخور وتمتد إلى القطاع الخامس الذي يلي شرحه.

القطاع الخامس: من نهاية خور بركة عند مدخل الدلتا إلى ساحل البحر الاحمر

يتجه المسار من نهاية خور بركة عند مدخل الدلتا إلى الشمال بمحازاة ساحل البحر الأحمر إلى سواكن وبورسودان في قناة مفتوحة طولها حوالي 150 كيلومتر ومن ثَمَّ إلى شمال بورسودان إلى الحدود مع مصر.

شكل (7): مسارالقناة المقترحة (القطاعين الرابع والخامس)



شكل (8): أراضي غرب أروما وشمال القاش

3. الأراضي الزراعية على المسار المقترح

فيما يلي بيان الأراضي الصالحة للزراعة ويمكن ريُّها إنسيابياً من القناة المقترحة:

1.4 أراضي منطقة أَرُوْما: وهي أراضي منبسطة وعالية الخصوبة وإرتفاعها متسق مع مستوى الماء في القناة المقترحة. من الخرائط، تبلغ مساحة هذه الأراضي أكثر من مليون فدان، الشكل (8). وربما يُخطط حالياً لري جزء من تلك الأراضي بالإستفادة من سدَّي سِتِيْت وأعالي نهر عطبرة (تحت التشييد). وبحسب المسار والقناة المقترحين في هذا البحث وبما أن أراضي أَرُوْما تقع قبل بحيرة التخزين عند همشكوريب فإن زراعة هذه الأراضي تكون موسمية في الصيف فحسب حين يؤخذ الماء من بحيرة سد خشم القربة وينقل ليُخزن في بحيرة همشكوريب. لم تضمن هذه الأراضي عند حساب كمية الماء هنا.

2.4 أراضي شمال دلتا القاش، [8]: يمكن ري الجزء الشمالي من دلتا القاش، ومساحته حوالي 200,000 فدان، من القناة المقترحة لأن الأرض مستوية ومستواها أقل من مستوى الماء في القناة. أنظر الشكل (8).
أيضاً لم تضمن هذه الأراضي عند حساب كمية الماء هنا.

3.4 أراضي دلتا طوكر: يتوقع أن تمر القناة المقترحة إلى الشمال الغربي من دلتا طوكر ويعتبر مشروع دلتا طوكر من المشروعات الزراعية المهمة في جنوب البحر الأحمر. وقد أُنشئ ذلك المشروع لزراعة القطن محصولاً للصادر والذرة الرفيعة غذاءً لسكان المنطقة ويعتبر المشروع أحد أهم المشاريع الزراعية بشرق السودان. وتبلغ مساحته 450,000 فدان إلا أنه يستفاد حالياً من أقل من 100,000 فدان بسبب ضعف التحكم في الماء وإنتشار النباتات البرية،[9]. لم تضمن هذه الأراضي هنا مع إمكان أن تروي القناة المقترحة أجزاء من المشروع رياً دائماً خصماً من الماء المخصص لأراضي السهل الساحلي. أنظر الشكل (7).

4.4 أراضي السهل الساحلي: هي أراضي خصبة ومستوية ويَغمر أجزاء منها ماء السيول الجارية من جبال البحر الأحمر ويقوم المواطنون بزراعة الدخن والذرة والخضروات في مساحات محدودة منها. وبما أن القناة المقترحة لهذا القطاع ماؤها دائم ومنتظم لأنها تستمده من بحيرة همشكوريب فإن زراعة السهل الساحلي ستكون طول العام وبمحاصيل نقدية قابلة للتصدير عبر ميناء بورتسودان القريب.

نقترح أن تقسم هذه الأراضي إلى قطاعين: القطاع الواقع من دلتا طوكر وحتى بورتسودان وتبلغ مساحته حوالي 160,000 فدان وقد تم تضمينه عند تقدير كمية الماء هنا. وأما القطاع الواقع شمال بورتسودان وتبلغ مساحته حوالي 350,000 فدان فيمكن ريُّه بعد إعادة تقدير مقاسات القناة المقترحة لتستوعبه. الشكل (9) يوضح أراضي السهل الساحلي.

شكل (9): أراضي السهل الساحلي

4. تقديرات أولية لكمية الماء المطلوب

1.5 تقدير إستهلاك سكان مدينتي بورسودان وسواكن

يتوقع أن يبلغ عدد سكان مدينتي بورسودان وسواكن لعام 2025 حوالي 710,000 نسمة، [1]. وإذا إعتبرنا متوسط إستهلاك الفرد من الماء في اليوم = 150 لتر فإن الإستهلاك الكلي اليومي سيكون:

710,000×1,000/150 = 106,500 م^3/يوم

وبإضافة 30% للإستهلاك الكلي اليومي لتغطية الإستخدامات الأخرى والفواقد يكون:

الإستهلاك الكلي اليومي = 1.30×106,500 = 140,000 م^3/يوم

الإستهلاك الكلي السنوي = 365×140,000 = 51 مليون م^3/عام

2.5 تقديرات الإحتياجات الزراعية

تفيد المعلومات الزراعية أن أهم المحاصيل التي تزرع في مناطق المسار المقترح هي القطن وزهرة الشمس والذرة وغيرها. وحيث لا توجد بيانات متوفرة محلياً ليقاس منها التبخر فقد تم إستخدام طريقة بلاني- كريدلي (Blaney-Criddle),[7] , لحساب التبخر من المحاصيل في منطقة المسار كما يلي:

$$ET_0 = p(0.46\,T_{mean} + 8) \quad \text{.....} \quad (1)$$

$$ET_{crop} = ET_0 \times K_c \quad \text{.....} \quad (2)$$

حيث:

ET_0 = المتوسط الشهري للتبخر من المحصول (مليمتر/يوم)

T_{mean} = المتوسط اليومي لدرجة الحرارة (درجة مئوية)

p = نسبة ساعات النهار في اليوم.

ET_{crop} = حاجة المحصول للماء (مليمتر/يوم)

K_c = معامل المحصول.

الجدول (1) يوضح حساب التبخر المتوقع في منطقة المسار خلال العام محسوباً بالمعادلتين (1) و(2):

الجدول (1): التبخر المرجعي المتوقع في منطقة المسار، [3]

الشهر	T_{min} (C^0)	T_{max} (C^0)	T_{mean} (C^0)	p	ET_0 (مليمتر/يوم)
يناير	16.5	33.7	25	0.26	5.1
فبراير	17.2	35.2	26	0.26	5.2
مارس	20.1	38.3	29	0.27	5.8
أبريل	23.0	40.8	32	0.28	6.3
مايو	25.8	41.6	34	0.29	6.8
يونيو	25.7	39.8	33	0.29	6.7
يوليو	23.9	36.1	30	0.29	6.3
أغسطس	23.4	34.9	29	0.28	6.0
سبتمبر	24.0	36.8	30	0.28	6.2
أكتوبر	24.3	38.7	32	0.27	6.1
نوفمبر	21.4	37.0	29	0.26	5.6
ديسمبر	17.9	34.4	26	0.25	5.0

(*وجدت معلومات المناخ في المنطقة من الموقع الإلكتروني:* www.wheatherforecast.org)

حساب إحتياج بعض المحاصيل الممكن زراعتها

جدول (2): حساب إحتياج محصول القطن للماء

الشهر	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	يناير
ET_0 (mm/day)	6.3	6.0	6.2	6.1	5.6	5.0	5.1
مرحلة النمو	البداية	تطور المحصول	تطور المحصول إلى الوسط	الوسط	الوسط إلى النهاية	النهاية	النهاية
K_c حسب مرحلة النمو	0.45	0.75	0.75~1.15	1.15	1.15~0.75	0.75	0.75
K_c القيمة المتوسطة	0.45	0.75	0.88	1.15	1.00	0.75	0.75
ET_{crop}(mm /day)	2.80	4.50	5.40	7.00	5.60	3.80	3.80
ET_{crop}(mm/ month)	**85.35**	**134.88**	**162.50**	**209.49**	**167.17**	**112.66**	**57.38**

من الجدول (2) فإن إحتياج محصول القطن للماء لكل الموسم = مجموع القيم في الصف الأخير = **930 مليمتر**.

بذات الطريقة تم حساب إحتياج المحاصيل الأخري ووجدت النتيجة كما موضح في الجدول (3).

جدول (3): ملخص إحتياج المحاصيل للماء (تم تضمين كفاءة التطبيق)

المحصول	إحتياجه للماء (مليمتر)	المساحة (فدان)	الماء المطلوب (متر مكعب /عام)
القطن	930	50,000	195,300,000
الذرة	603	30,000	76,000,000
زهرة الشمس	603	34,000	86,300,000
برسيم (للعام)	1850	46,000	357,400,000
الجملة		**160,000**	**715,000,000**

3.5 حساب فقد التبخر في بحيرة هَمَشْكُوريب

مساحة سطح البحيرة =100 km^2 (متوسط المساحة بين أعلى مستوى وأدنى مستوى)

متوسط درجة الحرارة = 30 ^0C

متوسط الرطوبة النسبية = 35%

باستخدام معادلة هاربك الآتية لتقدير كمية التبخر، [3]:

$$E_0 = 0.291 \times A^{-0.05} U_2 \times (e_s - e) \quad \text{..... (3)}$$

حيث:

E_0 = التبخر

A = مساحة سطح البحيرة (متر مربع).

U_2 = سرعة الرياح عند ارتفاع مترين (= 2 متر في الثانية).

e = ضغط البخار في المنطقة (مليمتر زئبق).

e_s = ضغط البخار المشبع: من الجداول 21.82 =e_s (مليمتر زئبق)

يمكن حساب قيمة eمن المعادلة الآتية:

$$\text{الرطوبة} = \frac{e}{e_s} \times 100\%$$

وبعد إدخال القيم الخاصة بالمنطقة وجد أن E_0 = 4.35 mm في اليوم = 150 مليون متر مكعب في العام.

4.5 فواقد النقل

يفقد الماء من قنوات الري عن طريق التسرب من خلال القاع والجوانب والتسرب من خلال الشقوق والفتحات والمنشئآت الضعيفة والتدفق من أعلى الجوانب.تعتمد حساب الفواقد في القنوات على نوع القناة وطولها ومواد تشييدها وطريقة التشييد وعوامل أخرى. وغالباً ما تبلغ نسبة الفواقد حوالي 10% من كمية الماء الكلية المنقول بواسطة القنوات، [5].

بنيت تقديرات الماء الذي ستنقله القناة المقترحة علي القيم الموضحة في الجدول (4). ونشير إلى أنه لم يضمن الماء الوارد من مياه الخيران في هذه الدراسة، [6]، مع إمكان حسابه في مرحلة الدراسات المفصلة.

جدول (4): ملخص تقديرات أولية لكمية الماء المقترح نقله إلى ساحل البحر الأحمر

الغرض	كمية الماء (مليون متر مكعب/ العام)
إحتياجات طوكر وبورسودان وسواكن	51
إحتياجات زراعية عند الساحل	715
فقد التخزين في بحيرة همشكوريب	150
فقد النقل	84
الجملـــــــــــــة	**1000 (أي مليار متر مكعب في العام)**

5. تحديد أولي لمقاسات القناة المفتوحة المقترحة

تم تطبيق معادلة الإستمرارية وصيغة مانِنْق لتحديد المقاسات الأولية للقنوات المقترحة ذلك لغرض الإستدلال. على أن يتم حساب الأبعاد الحقيقية للقنوات والمنشآت المطلوبة بعد توفر المعلومات الدقيقة اللازمة.

جدول (5): الأبعاد الأولية للقنوات حسب القطاع (بإعتبار مقطع شبه منحرف وميل الأجناب 2:1)

القطاع	المسافة من بحير السد (كيلومتر)		الطول (كيلومتر)	متوسط الميل (سم/كيلومتر)	أبعاد القناة (متر)	
	من	إلى			العرض	العمق
القطاع الأول	0	109	109	15	15	5
	109	130	21	80	10	4.5
	130	237	107	15	15	5
القطاع الخامس	505	710	205	15	6	3.5
الطول الكلي للقنوات			**442**			

6. الفوائد المتوقعة

يعتبر المسار المقترح من أمثل المسارات من حيث الطول والإنحدار والإقتصاد والتكلفة التشغيلية، [3] ويمكن للمسار أن يستخدم لنقل الماء عن طريق خط أنابيب بغرض الشُرب أو عن طريق قناة مفتوحة ليستخدم في الشرب وأيضاً في الزراعة.

هذا المقترح خطة لحل مشكلة مياه بورتسودان والسهل الساحلي حلاً جذرياً. ويتم ذلك بنقل ماء حسب الحاجة من الفائض من مياه نهر عطبرة في موسم الفيضان من بحيرة سد خشم القربة وفي هذه الحالة يكون المشروع إنمائياً وقومياً له عدة فوائد منها الآتي:

أ. نقل ماء صالح للشرب إلى مدن ساحل البحر الأحمر: طوكر وسواكن وبورتسودان.
ب. تغذية الجزء الشمالى من دلتا القاش بماء منتظم أثناء الفيضان مما يقلل من مخاطر الإعتماد الكلي على كميات الماء القادم من خور القاش والتي تعرضت إلى تذبذب عالٍ في الفترة الأخيرة نتج عنه نقص المساحة المزروعة وترك الأراضي لتنمو عليها النباتات البرية.
ت. تغذية دلتا طوكر بكميات ماء منتظمة مما يقلل من مخاطر الإعتماد الكلي على الماء الوارد موسمياً من خور بركة وكذلك ينظم الري بقنوات مفتوحة بدلاً من الري الحوضي الذي يهدر كثير من الماء ويقل الإنتاج بسبب عدم إنتظام توزيع الماء.
ث. توليد كهرباء في منطقة خور لأنْجَيْب.
ج. زراعة مساحات واسعة من السهل الساحلي.
ح. تقليل خطر الفيضانات في نهر النيل في المنطقة الواقعة شمال مدينة عطبرة.
خ. إنشاء بحيرة دائمة قرب همشكوريب تكون من فوائدها ما يلي:
- توفير ماء للزراعة على أجناب البحيرة.
- توفير ماء شرب لسكان همشكوريب والرعاة.
- تلطيف الجو.
- توفير ثروة سمكية.

- توليد كهرباء من مخرج البحيرة.
- تعظيم الاستفادة من الموارد المائية السودانية.

التحديات والمصاعب الفنية

من المشاكل والمصاعب الفنية التي يتوقع أن تواجه المشروع المقترح ما يلي:

أ. ملكية الأراضي ويلزم حلها أن تحصر وتناقش مع المسؤلين والمُلاك في الولاتين اللتين يمر بهما المسار المقترح وهما ولايتي كسلا والبحر الأحمر.

ب. إرتفاع تكلفة الإنشاء وعِظَم طول القنوات المفتوحة (442 كيلومتر): وهو أمر متوقع في شأن المشروعات الإستراتيجية وبرامج الإستثمار القومي وقد مر بالسودان مشروعان مماثلان هما مشروع الجزيرة والمناقل إذ بلغ طول القنوات الرئيسة 375 كيلومتر لري 2.2 مليون فدان إضافة إلى تكلفة تشييد سد سنار، [10]. ومشروع الرهد الزراعي وطول قنواته الرئيسة 240 كيلومتر لري 300 ألف فدان إضافة إلى تكلفة تشييد وتسيير محطة مضخات الماء.

ت. عدم وجود ماء لتغطية إحتياجات المشروع المقترح: تفيد التقارير أن وزارة الري قد أبدت موافقة في أغسطس 1989على سحب الماء المطلوب للقناة من سد خشم القربة، [2].

ث. المصاعب الفنية الآتية:

- وجود أراضي طينية – رملية صعبة التضاريس في منطقة الكَرَب قرب نهر عطبرة. ويستوجب مرور القناة المقترح عبرها إيجاد حلول هندسية مناسبة لكل موضع.
- الإنحدار الكبير في بعض مناطق المسار، أنظر الشكلين (3) و(6)، ويحتاج تصميم بحيث لا يحدث تجاوز لحدود النحر في القناة.
- نقل كمية كبيرة من الطمي في القناة ويمكن تجاوز ذلك بحسن تصميم القناة لتكون المواصفات الهندسية لقطاعها العرضي وانحدارها الطولي بحيث تصير الترعة ذات قدرة وكفاءة على حمل الأطماء الوارد مع مياه فيضان نهر عطبرة. وأيضاً يتم تصميم حدود الماء في بحيرة همشكوريب بإعتبار ترسيب الأطماء بعد دراسته مفصلاً.
- التداخل مع أراضي وقنوات مشروع دلتا القاش حيث تبلغ مسافة مرور الترعة المقترحة داخل دلتا القاش حوالي 35 كيلومتر ويمكن حل هذا المشكل بحسن التصميم بعد دراسة تفاصيل المسار بدمج القنوات أو قطعها بحسب الحالة.
- نقل الماء طول العام في المجرى الطبيعي بخور لانْجيب قد يؤدي إلى فقد كميات كبيرة منه بالتسرب في قاع الخور وزيادة ملوحتها. إلا أن إحتمال حدوث ذلك بعيد بسبب الطبيعة الصخرية للخور وسيستبين ذلك بعد دراسة التربة والصخور في الخور. غير أن حل مشكلة التسرب، إذا وجدت، فهو ممكن. ولا يتوقع وجود ملوحة عالية في تربة قاع الخور لأن جري ماء المتجمع من الخيران الفرعية في الخور لمئآت السنين حتماً قام بغسل الأملاح منه. كما أن ماء الخور ظل يقوم بمد دلتا طوكر جزئياً بالماء ولم تشتَكِ طوكر من ملوحة عالية أو من تسرب الماء في الخور.
- تلاقي خور لانجيب مع خور بركة ذلك بالنظر إلى أن الماء الجاري في خور لانجيب، بحسب المقترح هنا، سيكون جريه منتظماً طول العام بينما يجري ماء خور بركة صيفاً فحسب. فيمكن تنظيم الماءين بحسن تصميم منشآت مائية عند منطقة الإلتقاء.

- وجود خيران نازلة من جبال البحر الأحمر تعترض مسار القناة المقترحة. ويمكن حل هذا المشكل بحسن التصميم بعد دراسة تفاصيل الخيران بدمجها أو قطعها بحسب الحالة.

7. مقترح خطة التنفيذ

يعتبر المشروع المقترح في هذا البحث من المقترحات المفضية إلى تنمية شاملة في مناطق واسعة ومؤثرة في الإقتصاد القومي مثل التنمية التي أحدثها في السودان مشروع الجزيرة ومشروع المناقل ومشروع الرهد الزراعي ومشروع سد مروي وغيرها من المشاريع العملاقة. لذلك نوصي أن تولي الدولة المقترح المقدم ههنا ما يستحقه من عناية لما سيحدثه من نقلة إقتصادية وفوائد جمة.

ويعتبر هذا البحث فكرة أولى بنيت على المعلومات الأولية المتاحة والتي تدل على إمكان قيام المشروع المقترح ووجود جدوى إقتصادية وإجتماعية وبيئية من قيامه. لذلك، ولضمان حسن تنفيذه، نقترح تكوين وحدة إدارة للمشروع تتبع للقيادة العليا بالدولة يكون مهمتها إدارة كل النشاطات بالمشروع من دراسة الجدوى الأولية والدراسات والتصاميم والتقديرات ووضع آليات لمراجعة الدراسات والتصاميم ووضع الشروط المرجعية وإختيار الإستشاريين والمقاولين ووضع أسس التمويل والعمل على توفيره.

ويتوقع أن يحتاج تنفيذ المشروع المقترح المطلوبات الفنية الآتية:

أ. عمل دراسة الجدوى الأولية إعتماداً على معلومات أكثر عمقاً من المعلومات المقدمة في هذه الدراسة للتحقق من جدوى هذا المقترح فنياً واقتصادياً والآثار المتوقعة من قيامه، ومن ثَمَّ:

ب. عمل الدراسات التحضيرية الأولية مثل:
- رفع مساحي دقيق بتقنيات التصوير الجوي أو لايْدَرْ .
- عمل إختبارات ودراسات التربة والجيولوجيا والمناخ.
- عمل دراسات هيدرولوجية ودراسات ملكية الأرض ودراسات الأثار البيئية والإجتماعية المتوقعة من قيام المشروع.

ت. عمل الدراسات والتصاميم والمراجعة كما يلي:
- دراسة جدوى مفصلة.
- تصاميم أولية لمكونات المشروع.
- التصاميم التفصيلية لمكونات المشروع وجداول الكميات والمواصفات والشروط المرجعية.

ث. تكوين هيكل إداري لإدارة المشروع بحسب ما تفضي به دراسات الجدوى.

8. الإستنتاجات والتوصيات

نستنتج الآتي من هذه الدراسة:

أ. ضرورة تنشيط وتبني طريقة التفكير الهندسي الشامل في حل مشاكل التنمية وإبتكار مشروعات التنمية والبنى التحتية.

ب. إن قلة الماء العذب هو السبب الرئيس الذي يحد من توسع وتطوير مدن ساحل البحر الاحمر.

ت. من المعلومات المساحية الأولية المتوفرة والزيارات الميدانية فإن نقل الماء إنسيابياً من نهر عطبرة إلى ساحل البحر الأحمر ممكن.

ث. برغم التحديات الفنية والاقتصادية يعد المسار المقترح من أهم الخيارات لتزويد ساحل البحر الأحمر بالماء العذب.

ج. في حال تم نقل الماء بحسب المسار المقترح فإن منافع إقتصادية وبيئية وإجتماعية كبيرة ستعم مناطق واسعة من شرق السودان.

ح. توجد أراضي واسعة وصالحة للزراعة وواقعة قرب المسار المقترح عند المنطقة غرب مدينة أروما وشمال دلتا القاش. حيث أنها لم تضمن في هذه الدراسة فإن الفرصة متاحة لأخذها في الإعتبار عند دراسة المشروع تفصيلياً.

9. المراجع

[1] وحدة تنفيذ السدود، (2012) ، "الشروط المرجعية لإختيار إستشاري عالمي لدراسة جدوى أولية لمد بورتسودان ومدن الساحل بماء للشرب".

[2] مسودة تقرير فني، 1990، فريق العمل الفني - وحدة إعداد المشروعات بوكالة التخطيط (وزارة المالية الإتحادية)، دراسة مقترح المهندس خليفة هباني لحل مشكلة مياه بورتسودان.

[3] عصام محمد عبد الماجد وعباس عبد الله، (2002) ،"الهيدرولوجيا" – دار جامعة السودان للطباعة والنشر والتوزيع.

[4] Ahmed Osman and Anwar Adam, (2010), “Estimating the Sediment Deposit Volume in Khashm Elgirba Reservoir – Sudan”, http://www.paper.edu.cn.

[5] Prabhata K. S. et. al. (2002), “Design of minimum water-loss canal sections”, Journal of Hydraulic Research, Vol. 40, No. 2.

[6] Republic of Sudan, 2011, “Water Sanitation and Hygiene Sector, National Strategic Plan (2001 – 2016)”, supported by the UNICEF.

[7] Smith, M.et. al.(1992),“Report of the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements”.UN-FAO, Rome, Italy.

[8] http://ar.wikipedia.org/wiki/ مشروع_دلتا_القاش_الزراعي -*(sited April 2014).*

[9] http://ar.wikipedia.org/wiki/مشروع_دلتا_طوكر_الزراعي- *(sited April 2014).*

[10] http://ar.wikipedia.org/wiki/مشروع_الجزيرة-*(sited April 2014)*.