جامعة المنصورة
كلية التربية

تطبيقات نموذج PSR في تقييم استدامة الأمن المائي (دراسة حالة على مصر)

إعداد

دينا السيد مختار حسن منصور
معيدة بقسم المواد الاجتماعية
كلية التربية- جامعة المنصورة

إشراف

أ.م.د/ عبد الحميد ابراهيم ربيع
أستاذ الجغرافيا البشرية المساعد بالقسم

أ.م.د/ أحمد محمد حسين القناوي
أستاذ الجغرافيا الطبيعية المساعد بالقسم

مجلة كلية التربية – جامعة المنصورة
العدد ١٢٢ – إبريل ٢٠٢٣

تطبيقات نموذج PSR في تقييم استدامة الأمن المائي
(دراسة حالة على مصر)

دينا السيد مختار حسن منصور

الملخص

تتناول الدراسة الحالية تقييم استدامة الأمن المائي في مصر باستخدام نموذج الـ PSR (الضغوط- الحالة- الاستجابة)، وذلك بهدف قياس الفجوة المائية بين الموارد المائية المتاحة، والاستخدامات المائية للقطاعات المختلفة، وتقديم المقترحات والتوصيات لسد العجز المائي وتنمية الموارد المائية، وقد وظفت الدراسة الحالية المنهج الوصفي والتحليلي والإقليمي، ومدخل تحليل القوة، وأساليب التحليل الكارتوجرافي والبياني والإحصائي، وقيمت الدراسة الحالية الضغوط المؤثرة في استدامة الأمن المائي في مصر والتي انقسمت بدورها إلي ضغوط طبيعية وبشرية وإقليمية ودولية، واعتمدت الدراسة علي بعض المؤشرات لكمية التي تغطي عدداً من الأبعاد المائية والبيئية والاقتصادية والاجتماعية والسياسية ذات الصلة بالموارد المائية في مصر وتطورها خلال العقود الأخيرة ومنها: الميزان المائي المصري لعامي ٢٠٠٠ و ٢٠١٩، وتطور الموازنة المائية في مصر عبر الزمن، ومؤشرات التنمية الاقتصادية والاجتماعية والسياسية لدول حوض النيل، والتغيرات المناخية المستقبلية، ومخاطر تلوث المياه، ومتوسط نصيب الفرد من المياه، وإسقاطات السكان المستقبلية، واستهلاك القطاعات الاقتصادية المختلفة من المياه، وكثافة شبكة الترع والمصارف والسدود وتطورها، وتأثير بناء سد النهضة علي مختلف القطاعات في مصر، واختتمت الدراسة بتقديم مقترحات وتوصيات لتنمية الموارد المائية المصرية والحفاظ عليها.

الكلمات المفتاحية: *نموذج PSR، الأمن المائي، الاستدامة البيئية، الضغوط الطبيعية والبشرية والإقليمية والدولية، المؤشرات الكمية، تنمية الموارد المائية، مصر.*

Abstract

Using the PSR (Pressure-Status-Response) model, the current study evaluates the sustainability of water security in Egypt in order to measure the water gap between water resources and the water uses of various sectors, and to provide suggestions and recommendations for bridging the water gap and promoting water resources development. The current study employed descriptive, analytical, and regional methods, as well as force analysis input and cartographic, graphical, and statistical analysis techniques. This study evaluated the pressures affecting the sustainability of Egypt's water security, which were categorized as natural, human, regional, and international. The study relied on quantitative indicators covering a number of water, environmental, economic, social, and political dimensions

pertinent to Egypt's water resources and their development in recent decades, including: Egypt's water balance for 2000 and 2019, and the development of Egypt's water balance over time, indicators of the economic, social, and political development of the States of the Nile Basin, future climate changes, risks of water pollution, average per capita water consumption, and the average annual precipitation in the Nile Basin.

Keywords: PSR model, water security, environmental sustainability, Pressures, indicators, water resources development, Egypt.

أولا: المقدمة

يعد الماء العنصر الحيوي اللازم لجميع أشكال الحياة علي سطح الأرض، والركيزة الأساسية لتحقيق التنمية المستدامة في جميع القطاعات الاقتصادية والاجتماعية بصفة عامة والزراعية بصفة خاصة، وفي الوقت الحالي أصبحت تمثل قضية المياه في مصر جانباً كبيراً من القضايا المعاصرة نظراً لما تواجهه من تحديات طبيعية وبشرية وإقليمية ودولية ساهمت بدورها في اتساع فجوة العجز المائي ومن ثم تهديد الأمن المائي المصري، ولقد ازداد الوضع المائي تأزماً في ظل محدودية الموارد المائية المتاحة التي يزيد الطلب عليها بتزايد معدلات النمو السكاني بالإضافة إلي مشروعات التوسع الزراعي والصناعي (الجهاز المركزي،٢٠١٤، ٧٥؛ الولى،٢٠١٠، ٢٣٥)، مما أدي إلي زيادة الضغط علي الموارد المائية المحدودة وانخفاض متوسط نصيب الفرد من المياه إلي ما دون خط الفقر المائي العالمي.

ويتمثل التهديد الهيدروسياسي الأكبر لمياه نهر النيل المسئولة عن تلبية ٩٧,٥% من احتياجات السكان الأساسية في أنها تأتي من خارج الحدود وتقع تحت سيطرة دول المنابع التي أعلنت مؤخراً رفضها لكافة الاتفاقيات الموقعة بينهم والتي تثبت حق مصر التاريخي في مياه نهر النيل (Owiro,2004)، وتطالب بضرورة إعادة التفاوض حول المعاهدات القديمة بالإضافة إلي إعادة توزيع الحصص بينهم، وجاء مشروع سد النهضة في الآونة الأخيرة للتأكيد علي تنفيذ إثيوبيا لتهديداتها المستمرة بالتحكم في مسار النيل الأزرق بهدف فرض الهيمنة الإثيوبية علي حوض النيل (فضل الله،٢٠١٣، ٩٩)، وعلي المستوي الدولي، تشكل القوي الدولية تهديداً غير مباشراً للأمن المائي المصري من خلال تدعيم دول منابع النيل في تنفيذ المشروعات المائية علي نهر النيل، لذا فإن أي نقص في حصة مصر المائية سينعكس سلباً علي كافة القطاعات الاقتصادية وعلي رأسها القطاع الزراعي المستهلك الأكبر للمياه، مما يستدعي ضرورة البحث عن موارد مائية إضافية وتنمية الموارد المائية المتاحة وتعزيز العلاقات الاقتصادية بين مصر ودول حوض النيل كمدخل لدعم العلاقات السياسية بينهم وتجاوز المشكلات التاريخية الخاصة

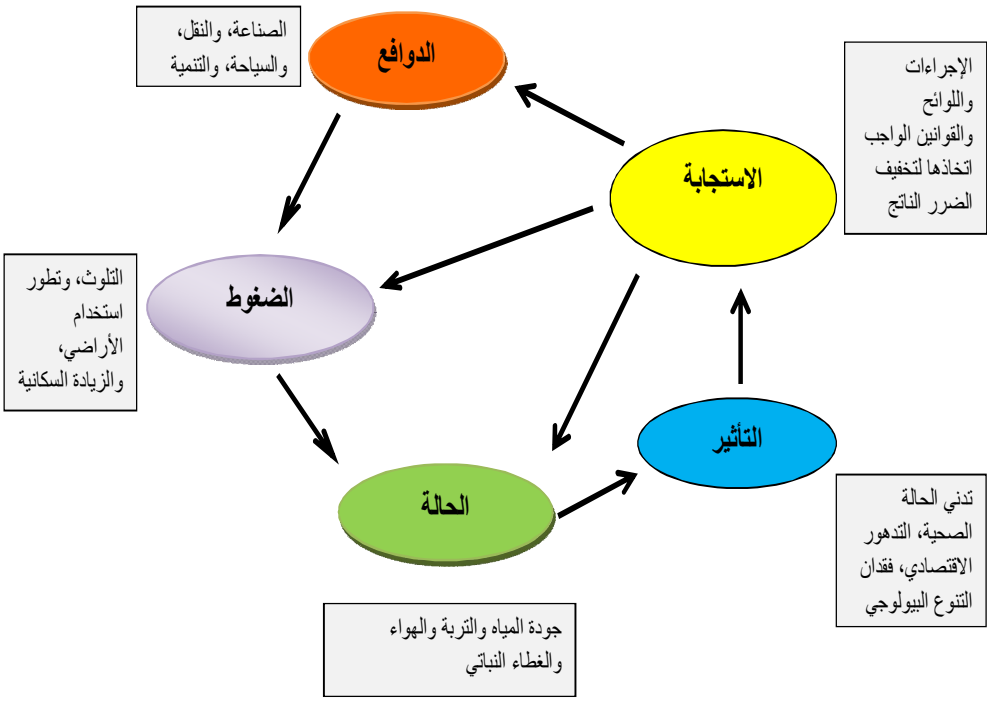
بملف مياه النيل بما يحقق المنفعة المشتركة ويعود بالنفع علي شعوب تلك الدول (القط،٢٠١٨، ٣٧).

تعد دراسة استدامة أمن مصر المائي باستخدام نموذج الضغط – الحالة – الاستجابة (PSR) هي الدراسة الجغرافية الأولي من نوعها، ورغم أن العديد من الدراسات العربية السابقة قد تناولت موضوع الأمن المائي المصري من زوايا مختلفة ولكن من دون توظيف هذا النموذج في الربط بين مهددات الأمن المائي المصري وانعكاساتها على الموارد المائية المصرية والقطاعات الإنتاجية المختلفة، وخطط الدولة والحكومة وعامة الشعب لإمكانات استدامة أمن مصر المائي وإزالة تلك المهددات.

ثانياً: نموذج PSR: تعريفه ومكوناته المختلفة:

حاولت عديد المنظمات المحلية والدولية استخدام مؤشرات التنمية المستدامة ومن بينها مؤشرات التفاعل التي تمكننا من ربط الأنشطة البشرية والديناميكيات البيئية والأهداف الاجتماعية، ومن أكثر المؤشرات شيوعاً هي مؤشرات الضغط– الحالة– الاستجابة (Pressure- State- Response)، بالإضافة إلي مؤشرات أخري في هذا الإطار، حيث أطلقت العديد من المنظمات الدولية برامج طموحة لتطوير مؤشرات التفاعل، من بين تلك المنظمات منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD) التي قدمت إطارها الناجح والمبتكر لنموذج الضغط والحالة والاستجابة Pressure- State- Response (PSR)، ومؤشرات القوة الدافعة والضغط والحالة والأثر والاستجابة Diving Forces- Pressure- State- Impact- Response (DPSIR)، ومؤشرات القوة الدافعة– الحالة– الاستجابة Diving Forces- State- Response (DSR)، (Levrel et al.2009).

يشكل نموذج (DPSIR) إطاراً عاماً لتنظيم المعلومات عن حالة البيئة، وفيه يتم تحديد وربط مجموعة من العناصر التي تحدد العوامل التي تؤثر في البيئة، وإيجاد ربطاً منطقياً بين هذه المكونات لتوجيه مسار تقييم حالة البيئة واتجاهاتها ابتداءً من الأنشطة البشرية والعمليات والأنماط التي تؤثر في البيئة (القوي الدافعة)، والعوامل التي تضغط علي الموارد الطبيعية وتولدها القوي الاقتصادية والاجتماعية (الضغوط)، وتطور كمية وجودة الموارد الطبيعية (الحالة)، والآثار الاقتصادية والاجتماعية والسياسية والبيولوجية الناتجة عن الضغوط (الأثر)، وصولاً إلي استجابة المجتمع وكيفية تعامله مع مشاكله البيئية باتخاذ مجموعة من الإجراءات التي تقلل أو تمنع الآثار البيئية السلبية (شكل ١).



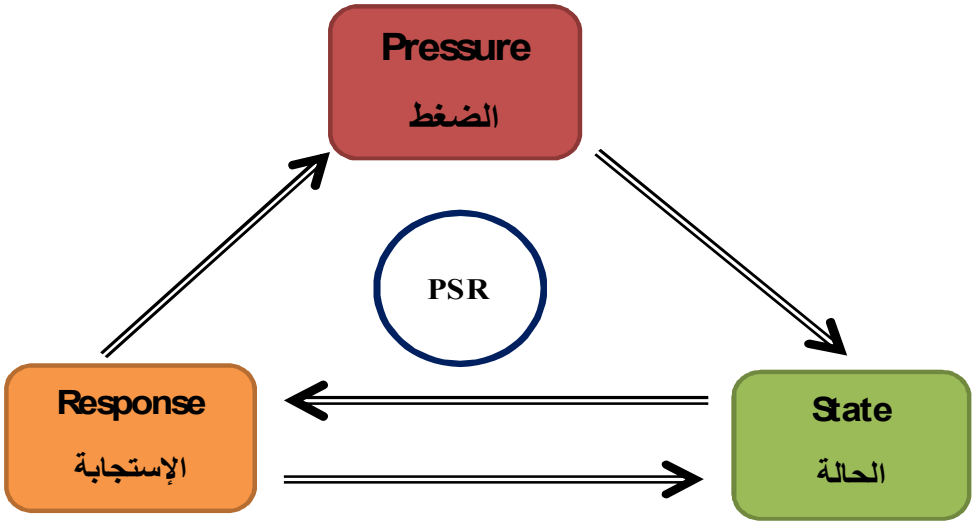
شكل (١) تأثيرات العلاقات بين القوة الدافعة والضغوط والحالة والأثر والاستجابة وفقاً لنموذج DPSIR

Source: https://rivandipputra.wordpress.com Last access (13/1/2023).

ويساهم استخدام نموذج (DPSIR) في تقييم التفاعل بين التنمية الحضرية والبيئة، حيث تشكل القوي الدافعة للتغير البيئي (الإنتاج الصناعي نموذجاً)، والضغوط علي البيئة (تصريف مياه الصرف الصحي نموذجاً)، وحالة البيئة (نوعية المياه في البحار والأنهار نموذجاً)، والآثار علي السكان والاقتصاد والنظم الأيكولوجية (المياه غير الصالحة للشرب نموذجاً)، انتهاءً بـــاستجابة المجتمع (حماية مساقط المياه نموذجاً) (برنامج الأمم المتحدة للبيئة،٢٠٠٩، ٩-١٠)، وفيما يلي سيتم عرض مفاهيمي لنموذج PSR من حيث تعريفه، ومكوناته، ومميزاته وعيوبه، وبعض الدراسات التي تناولته.

تعريف نموذج PSR

هو عبارة عن أداة تشغيلية لمواجهة التغيرات البيئية والاجتماعية السريعة داخل المحيط الحيوي، وتقترح مؤشرات الـــــــ PSR تقييم ضغوط الأنشطة البشرية على البيئة وتقديم استجابات مدروسة من أجل العودة إلى الحالة المرغوبة، ولقد تم توسيع هذا الإطار مؤخراً ليشمل الأبعاد الاقتصادية والمؤسسية والاجتماعية (Levrel et al.2009).



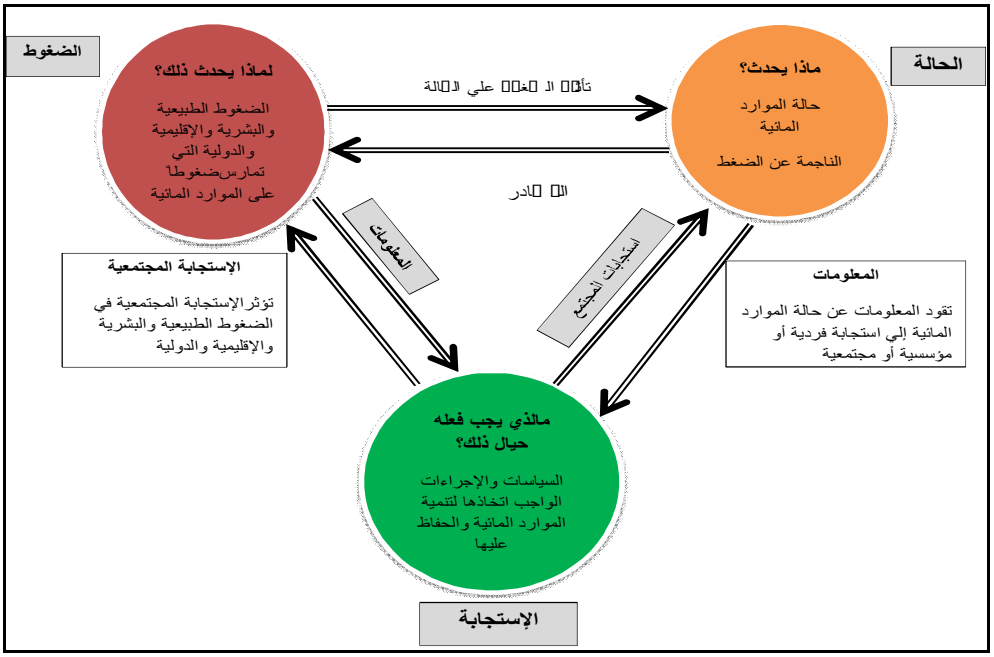
شكل (٢) مكونات نموذج PSR

مكونات نموذج PSR

نموذج الـــــــ PSR اختصار لـــ Pressure-State-Response وتعني (الضغط- الحالة- الاستجابة)، ويسلط هذا النموذج الضوء علي علاقات السبب والنتيجة، وكما يتضح من شكل (٤) فالضغوط هي إجابة علي سؤال لماذا يحدث ذلك؟، والحالة هي إجابة علي سؤال ماذا يحدث؟، والاستجابة هي إجابة علي سؤال ما الإجراءات الواجب اتخاذها حيال ذلك؟، فعلي سبيل المثال تؤثر الضغوط مثل (الزيادة السكانية والأنشطة البشرية والتلوث البيئي) في البيئة، وتشير الحالة إلي حالة البيئة الناجمة عن الضغط مثل (مستوي تلوث الهواء، أو الماء، أو انجراف التربة)، وفي المكون الثالث للنموذج (الاستجابة) يتم قياس مدي استجابة المجتمع لهذه الضغوط بوضع برامج بيئية أو اقتصادية تهدف إلي منع أو تقليل أو تخفيف الضغوط والأضرار البيئية، بالإضافة إلي وضع سيناريوهات مستقبلية للتقليل من حدة التأثيرات السلبية لهذه الضغوط.

ولتوضيح ما سبق تشير منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD) أن نموذج PSR هو وسيلة لقياس الضغوط على البيئة، وبالتالي توفير وسيلة لقياس التغير في الحالة –تغير حالة البيئة–كماً ونوعاً، أي أنه يقوم على مفهوم أن الأنشطة البشرية تمارس ضغوطاً على البيئة وتؤثر في كمية وجودة الموارد الطبيعية، ويستجيب المجتمع لهذه التغييرات من خلال السياسات البيئية والاقتصادية والقطاعية العامة ومن خلال احداث تغيير في الوعي والسلوك (السلوك المنظم الذي يهدف إلى تقليل أو منع أو تخفيف التأثيرات على البيئة) (Drury,2022)

شكل (٣) الإطار المفاهيمي لنموذج PSR



شكل (٤) العلاقات المتبادلة بين الضغوط والحالة والاستجابة

Source: Waheed et al. (2009), p 452).

ثالثاً: مميزات استخدام نموذج PSR

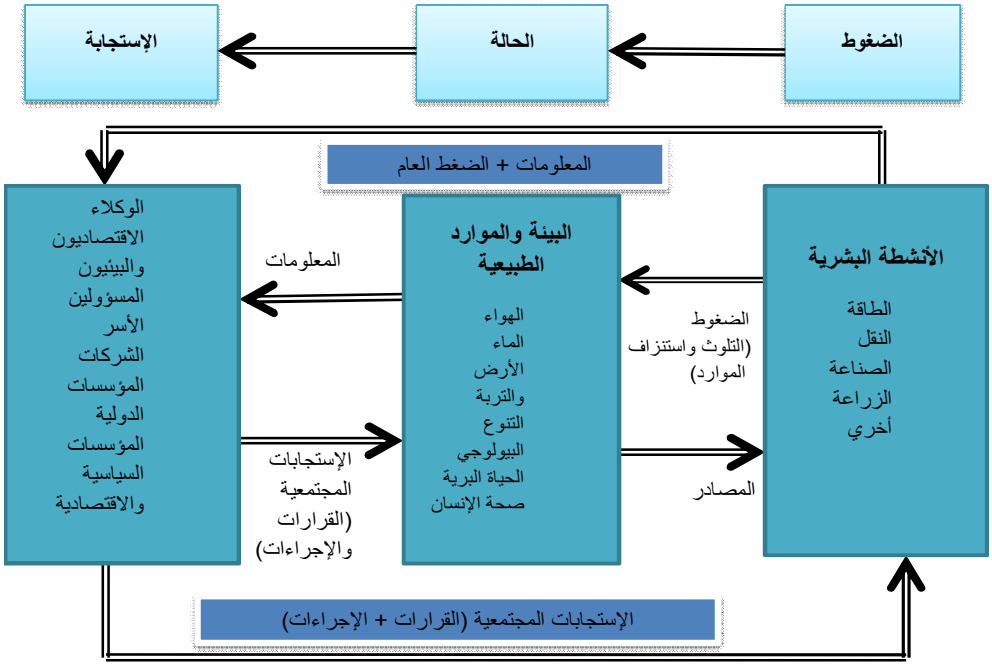
يعد نموذج PSR من أهم النماذج المستخدمة في تقييم الاستدامة البيئية بصفة عامة واستدامة الأمن المائي بصفة خاصة، فهو وسيلة لتطوير المؤشرات وإعداد التقارير عن حالة البيئة التي تساهم في إبراز علاقات السبب والنتيجة بين الأنشطة البشرية والظروف البيئية والاجتماعية، كما أنه يساعد صانعي القرار علي إدراك مدي الترابط بين القضايا البيئية والاقتصادية والاجتماعية، وتصميم السياسات التي تعالج المشكلات الرئيسة بشكل أكثر فعالية، ويعد نموذج PSR أحد أسهل النماذج لاستخدام الحيادية لأنه يوضح فقط مكان وجود الروابط بدلاً من ما إذا كان لها تأثيرات سلبية أو إيجابية، ويتميز بمرونته وسهولة تعديله لمراعاة تفاصيل أكبر، وميزات محددة علي سبيل المثال يمكن استخدامها في نطاقات مكانية مختلفة معترف بها علي نطاق واسع، وعلي الجانب الآخر، تنحصر نقاط ضعف هذا النموذج في أن كثير من العلاقات بين المتغيرات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية غير خطية ولأيمكن التنبؤ بمساراتها لأنها تتأثر بمتغيرات أخري دخيلة لا يمكن التحكم فيها وبالتالي لا يعكس النموذج العلاقات الأكثر تعقيداً في النظم البيئية والتفاعلات بين البيئة والاقتصاد (OECD,2003).

ويوضح جدول (١) ملخصاً لبعض الدراسات البيئية والجغرافية التي اعتمدت علي نموذج PSR

الدراسة	اقليم الدراسة	الهدف	الضغوط	الحالة	الاستجابة
Whitall et al (2007)	الولايات المتحدة الأمريكية	تقييم التخثث في مصبات الأنهار في شمال شرق الولايات المتحدة	ارتفاع نسبة النيتروجين الناتج عن تصريف مياه الصرف الصحي والزراعي في المياه	انخفاض نسبة الأكسجين الموجودة بالمياه وبالتالي القضاء علي الكائنات الحية وتشكيل مناطق مائية ميتة.	تطبيق نموذج (WATERSN) لتحديد كمية النيتروجين في مصبات الأنهار، بالإضافة إلي تخفيض المغذيات المتعلقة بمياه الصرف الصحي في المنطقة الشمالية الشرقية، في حين يتم تخفيض المغذيات المرتبطة بالزراعة في منطقة وسط المحيط الأطلسي.
Levrel et al (2009)	جزيرة أوشانت بإقليم بريتاني بغرب فرنسا	إدارة التنوع البيولوجي لمحمية المحيط الحيوي بجزيرة أوشانت	تراجع الأنشطة الزراعية والرعوية والزحف علي الأراضي، ونمو الأنشطة السياحية وإقبال السياح عليها	تدهور الغطاء النباتي وتشويه المناظر الطبيعية الخلابة وبالتالي انخفاض الأنواع النادرة	إنشاء محمية المحيط الحيوي لمنع الزحف علي الأراضي والحفاظ علي الأنواع النادرة من النباتات والحيوانات من الإختفاء.

الدراسة	اقليم الدراسة	الهدف	الضغوط	الحالة	الاستجابة
Wang et al (2021)	ساحل الصين الجنوبي	تقييم حالة الصحة البيئية للنظم الأيكولوجية لأشجار المانجروف	تحول مناطق زراعة المانجروف إلي استخدامات أخري مثل البنية التحتية وتربية الأحياء المائية وزراعة الأرز، والقطع الجائر، والإستغلال المفرط، وتلوث البيئة البحرية، والإحترار العالمي	تدهور النظام البيئي وفقدان أشجار المانجروف	وضع استراتيجيات تعليمية، وهياكل إدراية فعالة، وتدابير حماية لوقف تناقص أشجار المانجروف، لذلك عززت الحكومات الإستثمار في حماية البيئة وأنشأت العديد من محميات المانجروف الطبيعية في الصين.
Zhang et al (2020)	حوض نهر براهمابوترا شمال شرق الهند	تقييم العلاقة بين التغيرات المناخية والفيضانات	الفيضانات المتكررة خلال كل موسم مطير	خسائر فادحة في إنتاج الغذاء، وأثرت تلك الخسائر بشكل كبير في اقتصاد الهند	تعزيز التدابير الهندسية وغير الهندسية للسيطرة علي الفيضانات، ومراعاة قدرات الصرف لمشاريع الحفاظ علي المياه في الحوض، وكذلك النظر في توزيع الأمطار والطلب علي الصرف في كل منطقة.
Neri et al (2016)	جنوب شرق البرازيل	تقييم الآثار التراكمية لبعض الاستخدامات البشرية المركزة في منطقة تعدين خام الحديد	تحويل ٦٧,٣% من مساحة الغطاء النباتي إلي استخدامات التعدين تليها الأنشطة الصناعية	تقلص مساحة الغطاء النباتي وتدهور جودة الهواء والماء بالإضافة إلي تدمير الكثير من المواقع الأثرية.	إلزام شركات التعدين والمصانع والحكومات المحلية بتقديم تقارير المراقبة البيئية لقياس جودة المياه والهواء من خلال قياس نسب الغازات المنبعثة من المصانع، ومراجعة تصاريح استخراج المياه لتلبية الطلب المستقبلي.
Mangi et al (2007)	كينيا	تقييم إدارة مصايد الشعاب المرجانية في كينيا	الصيد الجائر للشعاب المرجانية باستخدام معدات صيد مدمرة	تدهور النظان البيئي للشعاب المرجانية	زيادة شبكة المنتزهات البحرية (مناطق تكاثرٍ وحضانة) لتشمل جزءاً كبيراً من نظام الشعاب المرجانية والأسماك في دياني كمنطقة خالية من الصيد.

Source: Whitall et al. (2007), pp 678, 688), Levrel et al. (2009), pp 1719, 1722), Wang et al. (2021), pp 622, 630), Zhang et al .(2020), pp 5821, 5836), Neri et al. (2016), pp 288, 290), Mangi et al. (2007), P 463, 477).



شكل (٥) العلاقات المتبادلة بين الضغط والحالة والاستجابة

Source: Da silva and Rodrigues (2004), p 14), (https://www.fao.org/ Last access (28/7/2022).

رابعاً: الدراسات السابقة

توجد العديد من الدراسات الأجنبية التي اعتمدت على هذا النموذج من أهمها:

- **دراسة Wang and Li (2019) عن تقييم الأمن المائي في مدينة بكين بالصين في ضوء نموذج PSR**، لقد أدت الزيادة السكانية المستمرة في بكين إلي الضغط علي الموارد المائية المحدودة وبالتالي انخفاض متوسط نصيب الفرد من المياه، حيث بلغ إجمالي الموارد المائية عام ٢٠١٦ حوالي ٣,٥١ مليار م^{٣}، وكان نصيب الفرد حوالي ١٦١ م^{٣}، وتشير المعايير الدولية إلي أن هذه المستويات تعكس نقصاً حاداً في المياه، وتم استخدام نموذج الضغط والحالة والاستجابة (PSR) لقياس استدامة الموارد المائية لمدينة بكين بالصين في عامي ٢٠١٢ و٢٠١٦ ، والذي أشارت نتائجه إلي أن استدامة الموارد المائية منخفض نسبياً في مستوي الكفاءة في عام ٢٠١٢ (يمكن أن تلبي الموارد المائية الاحتياجات الأساسية للمجتمع، ولكن علي المدي الطويل لا يمكن تحقيق الاستخدام المستدام)، وبلغت القيمة القصوى لمعامل الارتباط نحو -٠,٤١، وكان أيضاً مستوي الكفاءة منخفض نسبياً في عام ٢٠١٦، وقدر

معامل الارتباط بنحو -٠,٣١، فلم يكن هناك تغييراً كبيراً في استدامة الموارد المائية في بكين، لذلك يعد حسن التنسيق بين نطاق النشاط البشري وحماية النظم الأيكولوجية أمراً ضرورياً لتنمية الموارد المائية (Wang and Li,2019).

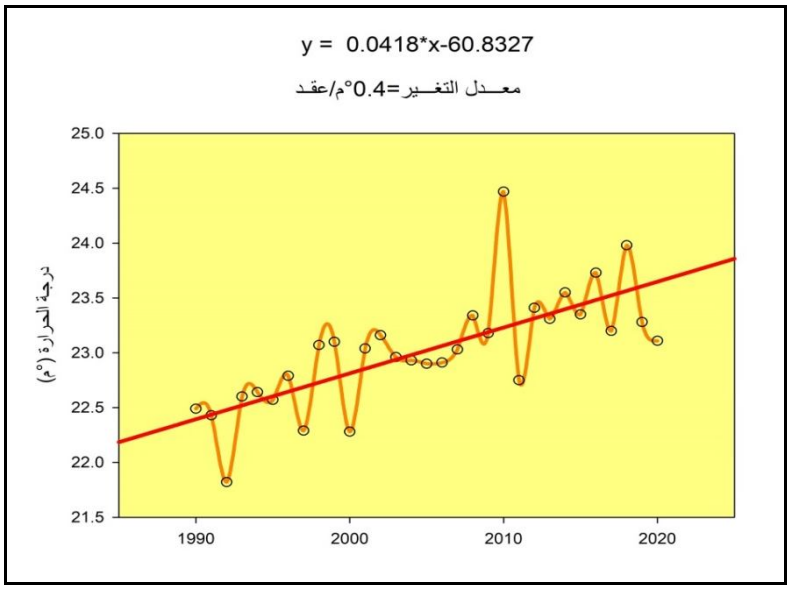
- **دراسة Dong et al (2018) عن التقييم الشامل لأمن الموارد المائية في مدينة لويانغ بالصين علي أساس إطار الضغط والحالة والاستجابة،** حيث يزداد الضغط علي الموارد المائية بسبب ارتفاع معدلات التحضر وتأثيرها السلبي علي تنمية واستخدام الموارد المائية والذي تسبب بدوره في انخفاض جودة وكمية الموارد المائية، بالإضافة إلي انخفاض متوسط نصيب الفرد من المياه إلي ٤٥٠ م^{٣} عام ٢٠١٦ وهو أقل من حد الفقر العالمي، وتشير النتائج إلي أن الوضع المائي في مدينة لويانغ من عام ٢٠٠٦ إلي ٢٠٠٨ كان حرجاً، بينما شهد تحسناً طفيفاً من عام ٢٠٠٩ إلي ٢٠١٦، ومع ذلك لايزال المستوي العام لأمن الموارد المائية منخفضاً نتيجة اتساع الفجوة بين إمدادات المياه والطلب عليها مما أثر بشكل خطير في التنمية البيئية والاقتصادية والاجتماعية في مدينة لويانغ، لذلك فإن عملية التحضر تحتاج إلي مواصلة تحسين درجة الكفاءة في استخدام الموارد المائية، وتكثيف الجهود لتحسين كفاءة إدارة الموارد المائية وتعزيز حماية البيئة من خلال تكثيف البنية التحية الحضرية لتحقيق الاستدامة المائية والتنمية الاقتصادية والاجتماعية في مدينة لويانغ (Dong et al. 2018).
- **دراسة Yuan and Meng (2020) عن إمكانات تطوير طاقة الكتلة الحيوية في المناطق العرقية الغربية بجمهورية الصين الشعبية،** تعد طاقة الكتلة الحيوية نوع من أنواع الطاقة المتجددة يتم انتاجها بشكل أساسي من المصادر الطبيعية القادرة علي استبدال الطاقة الأحفورية مثل الطحالب الكبيرة والطحالب الدقيقة والأعشاب المائية والنفايات ومحاصيل الطاقة والمنتجات الثانوية، وتتخذ المناطق العرقية الغربية من الموارد الطبيعية ميزة نسبية إقليمية لها منذ تطوير المناطق الغربية في عام ٢٠٠٠، ونظراً لاتجاه تلك المناطق لبناء حضارة حديثة أساسها التطور الصناعي الموجه نحو الضغط علي الموارد الطبيعية، مما تسبب في مشاكل البناء المتكرر، والتدهور البيئي، ونضوب الموارد، مما أدي إلي إجبار المناطق العرقية الغربية علي تعزيز تطوير طاقة الكتلة الحيوية للحد من التلوث البيئي، وحماية البيئة المعيشية للأقليات العرقية الغربية، نظراً لأنها تضمن إمداداً مستقراً للطاقة (Yuan and Meng,2020).

- **دراسة Huang (2016) عن تقييم التنوع البيولوجي البحري في منطقة تشانغهاي بمقاطعة لياونينغ بناءً علي نموذج PSR**، لقد تم إجراء دراسة تجريبية في مقاطعة تشانغهاي، وهي مقاطعة غنية بالموارد البيولوجية المختلفة، كمحافظة مصايد أسماك شمالية شهيرة، والصناعات الأساسية القائمة علي المصايد البحرية وتربية الأحياء المائية، وهي أيضاً مصدر مهم للأسماك الاقتصادية والربيان مثل القريدس، وقاعدة تكاثر مهمة لخيار البحر والكنوز البحرية الأخرى، حيث تم جمع البيانات حول التنمية الاقتصادية والاجتماعية، وحماية البيئة في مقاطعة تشاتغهاي خلال الفترة من عام ٢٠٠٤ إلي عام ٢٠١٣، وتم اختيار ١٩ مؤشراً لبناء إطار تقييم التنوع البيولوجي البحري استناداً إلي نموذج الضغط – الحالة – الاستجابة (PSR) بالإضافة إلي حساب مؤشر التنوع البيولوجي البحري، وأظهرت النتائج أن مؤشر التنوع البيولوجي البحري وصل إلي قيمة قصوي قدرها ٠,٦٦٠ أي أن المستوي "جيد" عام ٢٠٠٤، ثم انخفض إلي ٠,٤٧١ أي أن المستوي "متوسط" عام ٢٠١٣، وكانت حالة التنوع البيولوجي البحري خلال الفترة (٢٠٠٤-٢٠٠٧) أفضل من (٢٠٠٤-٢٠١٣)، ويرجع انخفاض مؤشر التنوع البيولوجي البحري في تشانغهاي إلي: تصريف مياه الصرف الصناعي، والتعدي علي الشواطئ، واستثمار الأصول الثابتة، وغزو الأنواع الغريبة، والصيد الجائر، وكثرة اقبال السياح، والشحن البحري، واستخدام الأسمدة، أدت كل هذه العوامل إلي تزايد الضغوط علي التنوع البيولوجي البحري وتهديده، ولكي يتم تخفيف الضغط علي التنوع البيولوجي لابد من الأخذ في الاعتبار الوضع الفعلي لحماية التنوع البيولوجي البحري في منطقة الدراسة وتوافر الموارد، وبناء علي ذلك تم وضع مؤشرين للاستجابة هما: معدل الاستخدام الشامل للنفايات الصلبة الصناعية، ومعدل إشغال المنطقة بالمحميات البحرية (Huang,2016).
- **دراسة Hughey et al (2004) عن تطبيق نموذج PSR علي تقارير التصورات عن حالة البيئة النيوزيلندية**، حيث تم استخدام مسح بريدي لـــــ ٢٠٠٠ شخص تم اختيارهم عشوائياً من السجل الانتخابي لنيوزيلندا لفحص مجموعة من قطاعات الموارد المختلفة والتي تشمل جودة الهواء، ونباتات وحيوانات الأراضي المحلية، والمياه العذبة، ومصايد الأسماك البحرية، بالإضافة إلي مقارنة نيوزيلندا ببقية دول العالم المتقدمة، وأظهرت النتائج أن الأداء العام للموارد التي تم فحصها كان في النطاق المناسب إلي الجيد باستثناء مصايد الأسماك البحرية، في حين تري أقلية تتراوح بين ٣٠:٤٠% من المستجيبين بأن حالة البيئة قد

تدهورت علي مدي السنوات القليلة الماضية، كما أن أداء النيوزيلنديون أفضل من الدول المتقدمة الأخرى، وتشير النتائج إلي أن الضغوط علي البيئة تتمثل في تلوث الهواء الناتج عن انبعاثات المركبات والانبعاثات الصناعية وحرائق التدفئة المنزلية بالوقود الصلب، وممارسات الصيد التجاري الخاطئة مما يتسبب في ارتفاع حالات أمراض الجهاز التنفسي، وتهديد النباتات والحيوانات والأسماك المتنوعة بالانقراض، لذلك يعد هذا المسح أداة مفيدة لربط بيانات التصورات بتقارير حالة البيئة، كما أنه يساعد في تحديد السياسات التي لا تتطابق فيها التصورات مع الأدلة العلمية الأخرى أو مبادرات الإدارة، وسيساهم أيضاً في تنفيذ التدابير الناجحة للسياسات المستقبلية (Hughey et al.2004).

خامساً: تقييم استدامة الأمن المائي في مصر باستخدام نموذج PSR

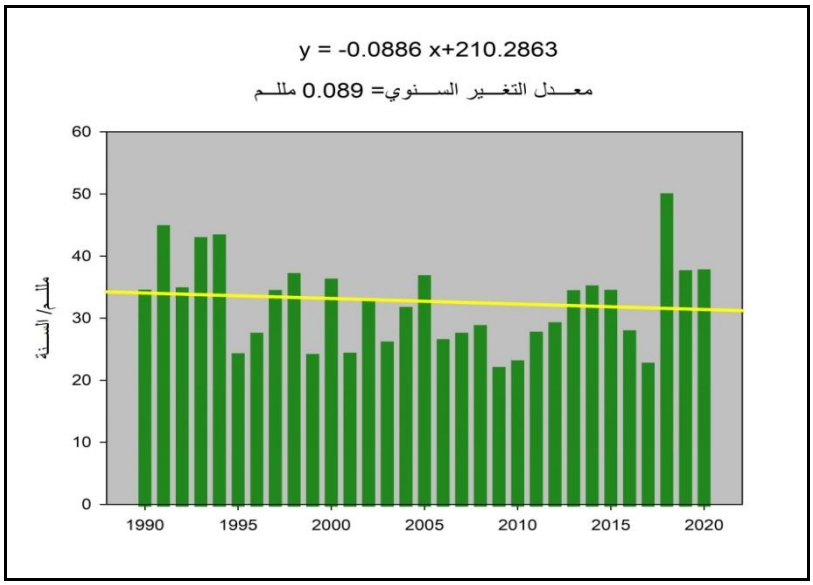
يخضع الأمن المائي في مصر لعدد من الضغوط التي تؤثر في درجة استدامة موارده، وتتباين هذه الضغوط في طبيعتها ودرجة نفوذها الجغرافي، فهناك محددات و**ضغوط طبيعية** وهي الأخطار الناتجة عن قوي الطبيعة ولأيمكن للإنسان التدخل للحد من آثارها السلبية المترتبة إلا في حدود معينة يصبح الإنسان فيها قادراً علي الحد من قوتها أو إضعاف تأثيرها (حتر،٢٠٠٩،٦) مثل الموقع الفلكي والجغرافي، وطبوغرافية حوض النيل، والتغيرات المناخية الحالية والمستقبلية، وتملح المياه والتربة.



شكل (٦) التغير في متوسط درجة الحرارة في مصر خلال الفترة (١٩٩٠ – ٢٠٢٠)

المصدر: اعتماداً علي بيانات موقع https://climateknowledgeportal.worldbank.org، آخر دخول للموقع ٢٠٢٢/٦/١٥.

ويتضح من شكل (٦) ارتفاع درجة الحرارة بمعدل سنوي قدره ٠,٠٤٢°م، ولقد تراوح متوسط درجة الحرارة بين حد أدني بلغ ٢١,٨ °م عام ١٩٩٢، وحد أقصي بلغ ٢٤,٥ °م عام ٢٠١٠.

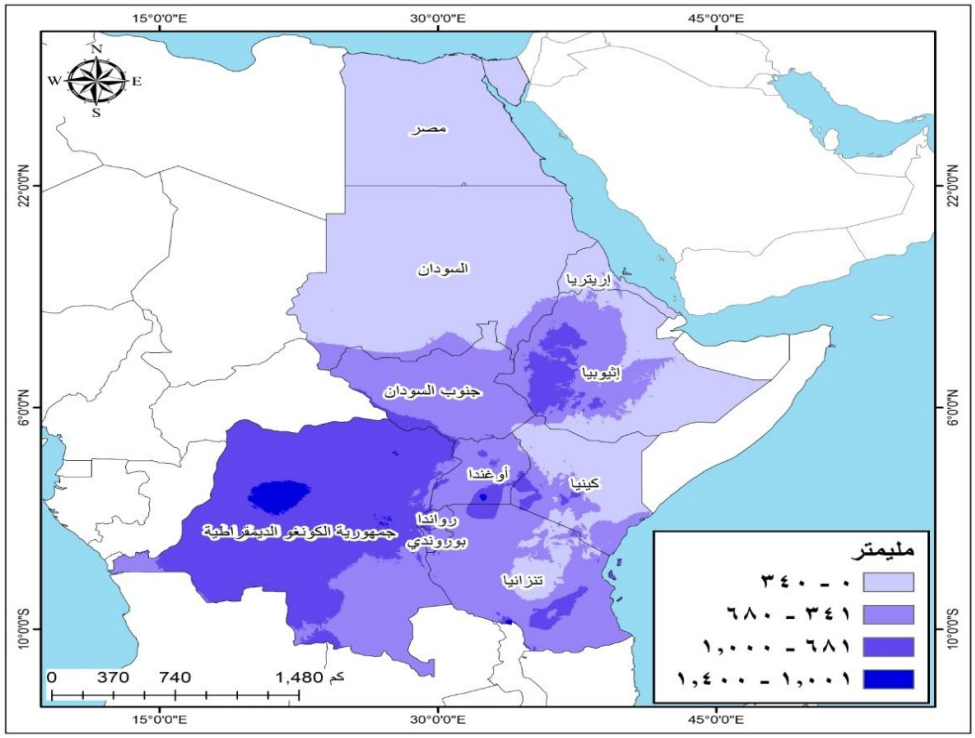


شكل (٧) التغير في متوسط كمية الأمطار السنوية خلال الفترة (١٩٩٠ – ٢٠٢٠)

المصدر: اعتماداً علي بيانات موقع https://climateknowledgeportal.worldbank.org، آخر دخول للموقع ٢٠٢٢/٦/١٥.

ويتضح من شكل (٧) تناقص كمية الأمطار الساقطة بمعدل سنوي قدره ٠,٠٨٨٦ ملم/ السنة، ولقد تراوح متوسط كمية الأمطار السنوية بين حد أدني بلغ ٢٣,٢ ملم/ السنة عام ٢٠١٧، وحد أقصي بلغ ٥٠,٤ ملم/ السنة عام ٢٠١٨.

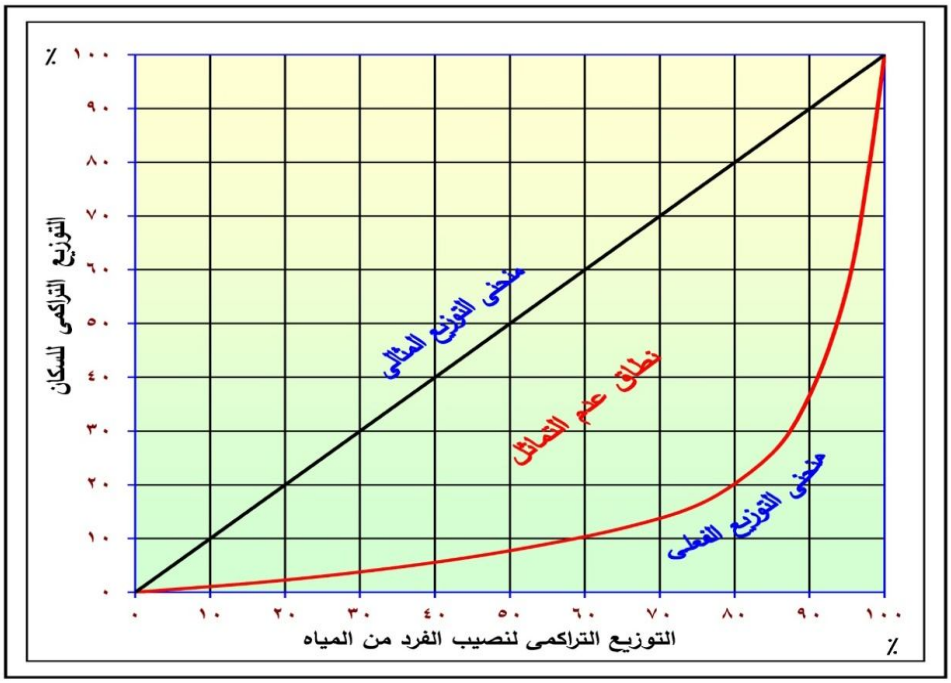
وبمقارنة معدل سقوط الأمطار بباقي دول حوض النيل نجد أن مصر وشمال السودان أقلهم في كمية الأمطار المتساقطة، حيث تراوح نصيب كل منهما بين ٠-٣٤٠ ملم/ سنة عام ٢٠٢٠، بينما تراوح معدل سقوط المطر في باقي دول حوض النيل بين ٣٤١-١٤٠٠ ملم/ سنة (شكل ٨)



شكل (٨) توزيع الأمطار السنوية في دول حوض النيل عام ٢٠٢٠

المصدر: المنظمة العالمية للأرصاد الجوية https://public.wmo.int/ar ، آخر دخول للموقع ١/٤/ ٢٠٢٣.

وفي المقابل ترتبط **الضغوط البشرية** بخصائص السكان وطبيعة أنشطتهم الاقتصادية، وتنظيمهم المجتمعي، وعاداتهم وتقاليدهم مثل معدلات النمو السكاني، ومعدلات التحضر والحضرية (الجهاز المركزي، تقرير مصر في أرقام،٢٠١٦، ٢١)، والمشروعات الزراعية الكبرى، وتطور حركة التصنيع، وكفاءة شبكات الري والصرف، وتكنولوجيا الري التقليدية، والوعي والثقافة المجتمعية، كما توجد ضغوط ذات امتداد جغرافي واسع تتعدي حدود الدولة ذاتها مثل طبيعة علاقتها بدول الجوار المائي أو القوي الدولية المؤثرة في طبيعة العلاقات والصراعات الإقليمية والدولية (جاد،٢٠٠٠، ٢٠٩؛ عبد الوهاب، ٢٠٠٦، ١٦٣).



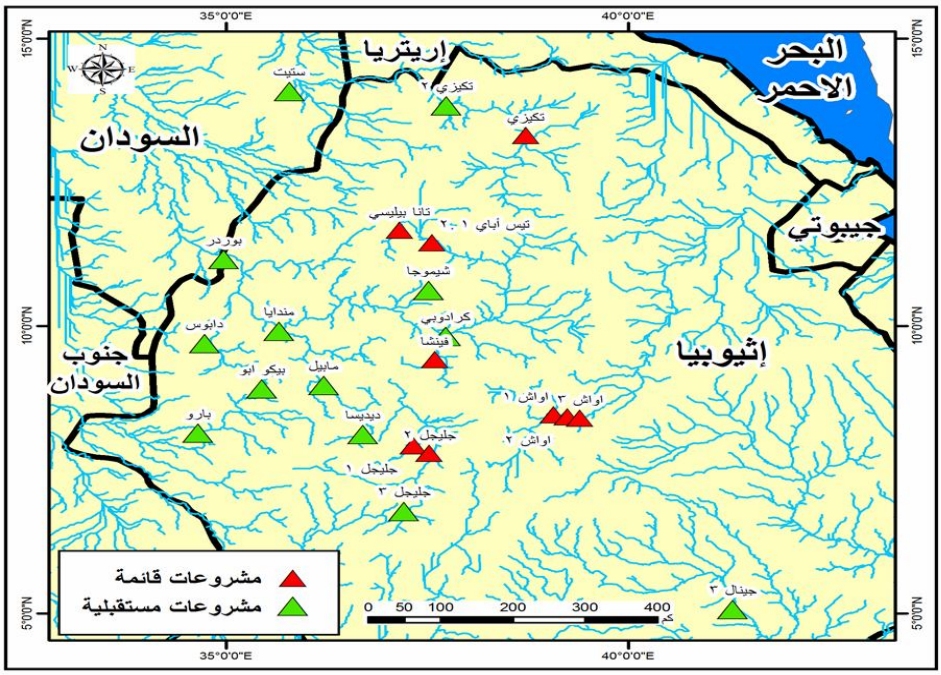
شكل (٩) تطور عدد السكان ومتوسط نصيب الفرد من المياه في مصر خلال الفترة (١٨٩٧ – ٢٠٢١)

المصدر: اعتماداً علي بيانات الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، تقرير مصر في أرقام ٢٠١١، ص٩، والجهاز المركزي، الكتاب الإحصائي السنوي، أعداد مختلفة، والجهاز المركزي، تقرير دراسة الموارد المائية وترشيد استخدامها في مصر عام ٢٠١٤، ص ص ١٥ ، ٥٣، والجهاز المركزي، التعداد العام للسكان والإسكان والمنشآت ٢٠١٧، ص٣١.

ويتضح من شكل (٩) اتساع نطاق عدم التماثل في منحني لورنز ويرجع ذلك إلى الزيادة السكانية المطردة والتي يقابلها انخفاض في متوسط نصيب الفرد من المياه، ونظراً لثبات الإيراد الطبيعي لنهر النيل (٥٥,٥ مليار م^{٣}) انخفض متوسط نصيب الفرد من المياه بنسبة قدرها ٨٨,٢% خلال الفترة (١٨٩٧-٢٠٢١)، بالإضافة إلي زيادة احتياجات المواطنين من المياه بسبب ارتفاع مستوي معيشتهم.

أما **الضغوط الإقليمية** فتتمثل في ما قامت به إثيوبيا من وضع دراسات جدوى لحوالي ٣٠ مشروعاً مائياً مازالوا قيد الدراسة أهمها مشروع نهر دابوس ويستقطع ٢. مليار م^{٣} سنوياً،

ومشروع نهر ديديسا ويستقطع ٢. مليار م^{٣} سنوياً، ومشروع نهر دابانا ويستقطع ١٦. مليار م^{٣} سنوياً، ومشروع نهر جلجل أباي ويستقطع ١. مليار م^{٣} سنوياً، ومشروع أديس أبابا ويستقطع ١. مليار م^{٣} سنوياً، ومشروع نهر ستيت ويستقطع ٥. مليار م^{٣} سنوياً، وسد كرادوبه علي النيل الأزرق (أسامة،٢٠١٠، ١٠٧)، ومشروع فينشا أمارتي الذي أنشئ علي نهر فينشا أحد الروافد الصغيرة للنيل الأزرق ويهدف إلي توليد ٦٥ ميجاوات في المرحلة الأولي من إنجازه، وفي المرحلة الثانية تم تحويل نهر إمارتي أحد الروافد الصغيرة للنيل الأزرق إلي خزان فيشنا مما أدي إلي زيادة الطاقة الكهربائية المتولدة إلي ١٠٠ ميجاوات (سلامه،٢٠٠١،٤٤)، وسد شيموجا يبدأ الذي ينتج ٢٧٨ ميجاوات علي النيل الأزرق بالقرب من ديبري ماركوس، وسد جينال داوا ٣ بقدرة ٢٥٦ ميجاوات ويقع بين أورومو والصومال بتكلفة ٤٠٨ مليون دولار (عبدالرحمن ،٢٠١٩،٦٤).



شكل (١٠) المشروعات المائية الإثيوبية القائمة والمستقبلية

المصدر: اعتماداً علي شراقي (٢٠١٠)، ١٨٢).

وعلي المستوي الدولي، فقد تمثلت مظاهر التدخل الأمريكي السافر في دول حوض النيل في قيام لجنة الاستصلاح التابعة لوزارة الداخلية الأمريكية بإعداد خطة شاملة لاستغلال مياه النيل

الأزرق وروافده لصالح إثيوبيا خلال الفترة من ١٩٥٩ إلي ١٩٦٤ (عبدالحى،١٩٨٨،٢٢)، حيث وضعت الولايات المتحدة دراسات جدوي لنحو ٣٣ سد تصل السعة التخزينية لخزاناتهم حوالي ١١٨,٤ مليار م^{٣} من المياه وتستطيع حجز ٦,٤ مليار م^{٣} من روافد النيل الأزرق وخاصة الدندر والرهد (جاد،٢٠٠٠، ٢٠٩)، كما شملت الخطة بناء أربعة سدود كبيرة علي النيل الأزرق لاحقاً (كارادوبي، ومابيل، ومانداياً، وبوردر) (Mulat and Moges,2014)، ويتراوح إجمالي السعة التخزينية لهم بين ٨١:٥٠ مليار م^{٣} وهو ما يعادل تقريباً إجمالي الإيراد السنوي للنيل الأزرق (Tayie,2019).

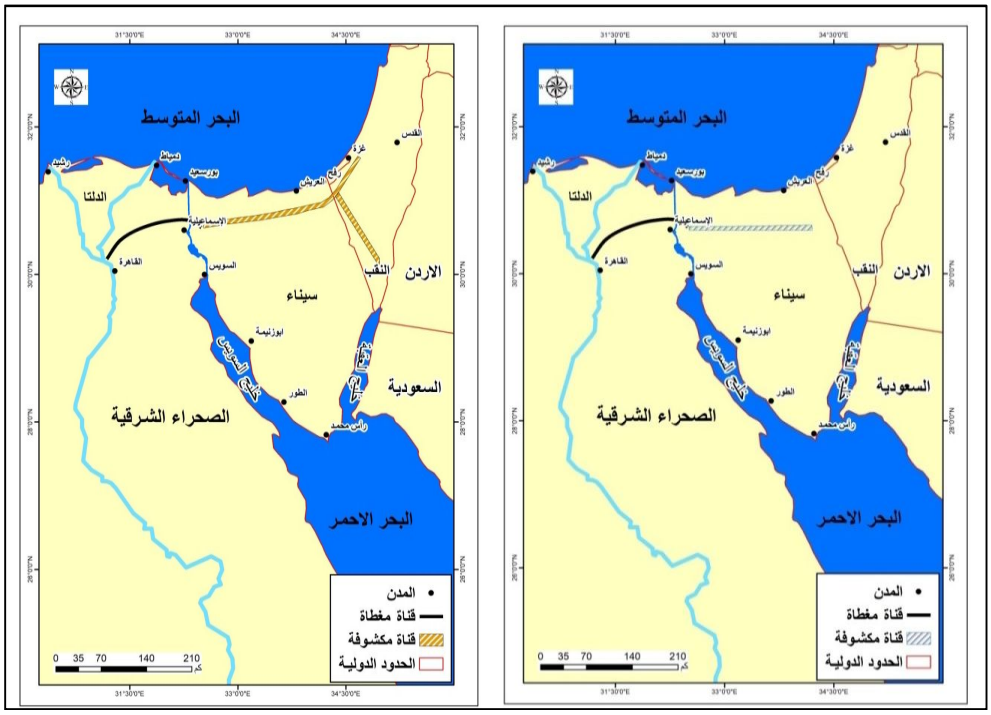
جدول (٢) خصائص السدود المقترحة علي النيل الأزرق طبقاً لدراسة مكتب الاستصلاح الأمريكي USBR عام ١٩٦٤

السد	ارتفاع السد (م)	ارتفاع سطح الأرض (م)	سعة التخزين (مليار م^{٣})	الكهرباء (مليون ميجاوات)	معدل التصريف م^{٣}/ ث	
					قبل تانا- بيليس	بعد تانا- بيليس
كارادوبي	٢٥٢	١١٤٦	٤٠,٢	١٦٠٠	٦٤٩	٥٧٢
مابيل	١٧١	٩٠٦	١٣,٦	١٢٠٠	–	–
مانداياً	١٦٤	٧٤١	١٥,٩	١٦٢٠	١٠٩١	١٠١٤
بوردر (النهضة)	٨٤,٥	٥٧٥	١١,١	١٤٠٠	١٥٤٧	١٥٤٧
بيكو أبو	١١٠	٩٠٦	–	٨٠٠- ٢٠٠٠	–	–
الإجمالي			٨٠,٨	٧٢٢٠		

المصدر: شراقي (٢٠١١)، ٥).

ويعد مشروع **هرتزل** (١٩٠٣) أولي المحاولات الصهيونية للحصول علي مياه النيل (سرى الدين،١٩٩٨، ١١٦)، وتتلخص فكرة المشروع في تحويل نسبة ضئيلة من مياه النيل لا تتجاوز ١% إلي سيناء بهدف نقل المستوطنين إليها وتمت الموافقة علي المشروع في البداية إلا أنه فشل بسبب الظروف الدولية حينئذ (زكريا،٢٠٠٩،٣٥)، فضلاً عن مشروع **إليشع كالي** (١٩٧٤) الذي تقوم فكرته علي توسيع ترعة الإسماعيلية لاستيعاب المزيد من مياه نهر النيل لتوصيل جزء منها عبر أنابيب ضخمة تمتد أسفل قناة السويس ومنها إلي ترعة في شمال سيناء

حتي تصل إلي خان يونس جنوب غزة لتفرع مجري المياه إلي فرعين فرع لقطاع غزة والآخر إلي النقب لتلتقي بمياه بحيرة طبرية ونهر الأردن لزراعتها ونقل المستوطنين إليها (البحيري،٢٠١٦، ٢٧٩).

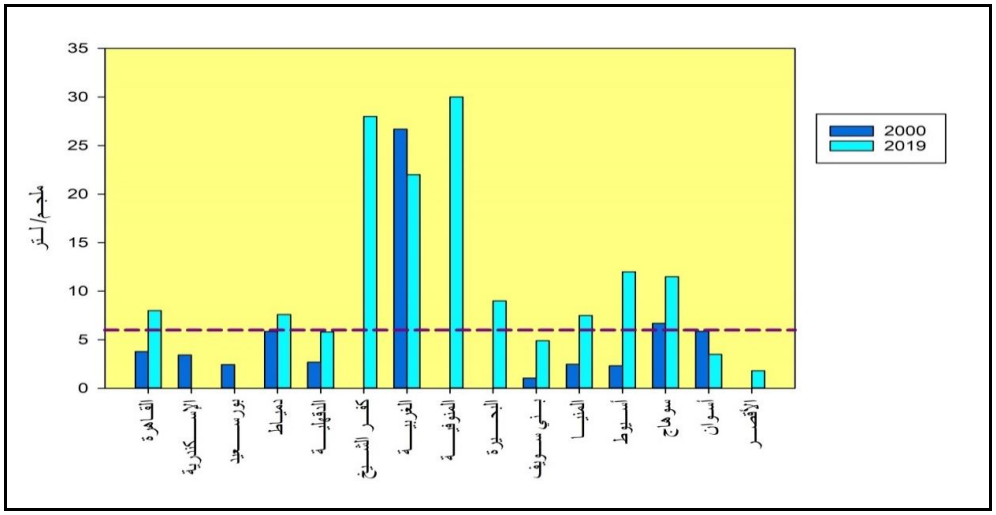


شكل(١١) مشروع هرتزل لنقل مياه النيل إلي سيناء

شكل (١٢) خط سير مشروع إليشع كالي لنقل مياه النيل إلي الكيان الصهيوني

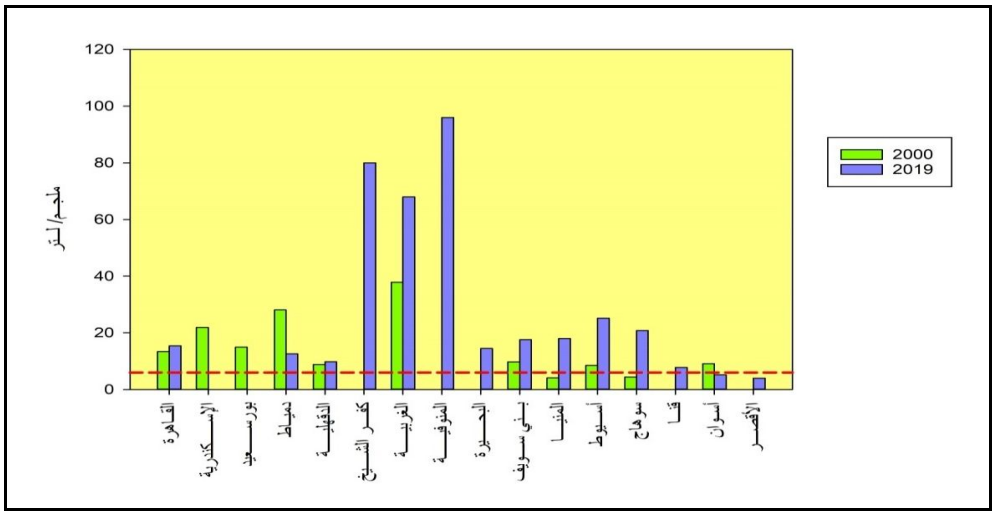
المصدر: اعتمادا علي الحيالي (٢٠١٩)، ١٩٧)، أبو العطا وآخرون (١٩٨٥)، ٩٧).

ولقد ساهمت تلك الضغوط في انخفاض متوسط نصيب الفرد من المياه في مصر فضلاً عن ارتفاع معدلات تلوث مياه نهر النيل **(الحالة)** نتيجة لانخفاض متوسط تركيز الأكسجين الذائب في المياه اللازم لحياة الكائنات البحرية، وزيادة متوسط تركيز الأكسجين الحيوي الممتص في المياه عن الحد المسموح به الناتج عن زيادة معدلات مخلفات الصرف الصحي في مياه النيل، وزيادة متوسط تركيز الأكسجين الكيميائي الممتص في مياه النيل عن الحد المسموح به نتيجة لإلقاء مخلفات الصرف الصناعي والزراعي به وارتفاع نسبة تركيز العناصر الثقيلة مثل الكادميوم والزئبق والكروم والرصاص والزرنيخ وهي عناصر شديدة السمية (السروي،٢٠١٦، ٤٨٢؛ حسين،٢٠١٣، ٢٩-٣٠).



شكل (١٣) المتوسط السنوي لمؤشر تلوث مياه نهر النيل (الأكسجين الحيوي الممتص) علي مستوي المحافظات خلال عامي ٢٠٠٠ و٢٠١٩

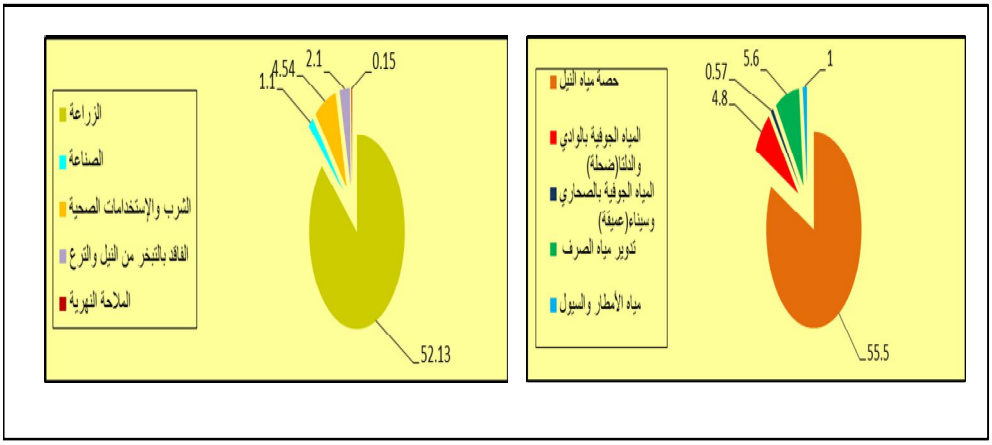
المصدر: الجهاز المركزي، الكتاب الإحصائي السنوي، ٢٠٠٨، ص ص ٤٧٤-٤٧٥، وعام ٢٠١٦، ص ص ٥٣٨-٥٣٩، ، والجهاز المركزي، تقرير مصر في أرقام،٢٠٢١، ص ١٩٧.



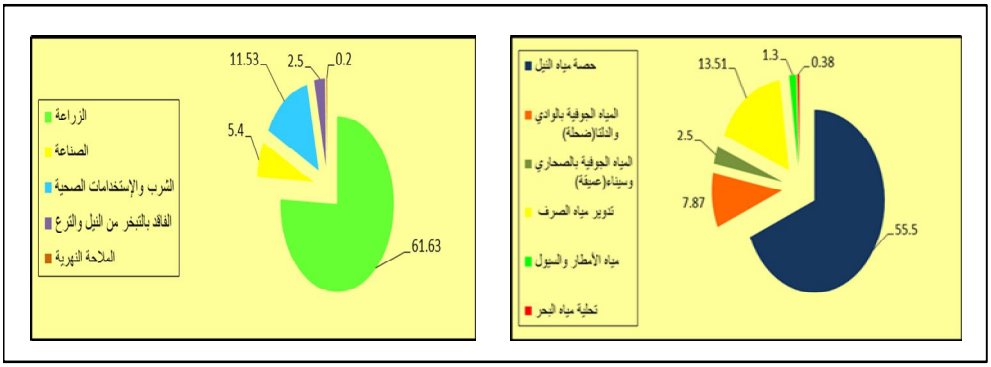
شكل (١٤) المتوسط السنوي لمؤشر تلوث مياه نهر النيل (الأكسجين الكيميائي الممتص) علي مستوي المحافظات خلال عامي ٢٠٠٠ و٢٠١٩

المصدر: الجهاز المركزي، الكتاب الإحصائي السنوي، ٢٠٠٨، ص ص ٤٧٤-٤٧٥، وعام ٢٠١٦، ص ص ٥٣٨-٥٣٩، ، والجهاز المركزي، تقرير مصر في أرقام،٢٠٢١، ص ١٩٧.

ولتوضيح تأثير الضغوط علي الحالة يمكن استخدام عدداً من المؤشرات الكمية التي تغطي عدداً من الأبعاد المائية والبيئية والاقتصادية والاجتماعية والسياسية ذات الصلة بالموارد المائية في مصر وتطورها خلال العقود الأخيرة ومنها: الميزان المائي المصري لعامي ٢٠٠٠ و ٢٠١٩، وتطور الموازنة المائية في مصر عبر الزمن، ومؤشرات التنمية الاقتصادية والاجتماعية والسياسية لدول حوض النيل، والتغيرات المناخية المستقبلية (جعفر وعبد الوهاب،٢٠٢٢، ٧٨)، ومخاطر تلوث المياه، ومتوسط نصيب الفرد من المياه، وإسقاطات السكان المستقبلية، واستهلاك قطاع الزراعة من المياه (الجهاز المركزي،٢٠٢١،٢٠٢)، واستهلاك قطاع مياه الشرب من المياه (وزارة الموارد المائية والري،٢٠١٠،٢٢)، والاستهلاك المائي لقطاع الصناعة (الجهاز المركزي،٢٠١٩، ٢٠٢)، والاستخدامات المائية لقطاعي الطاقة الكهربائية والملاحة النيلية، واستهلاك قطاع الثروة السمكية من المياه، واستهلاك قطاع السياحة من المياه، وكثافة شبكة الترع والمصارف والسدود وتطورها، وتأثير بناء سد النهضة علي مختلف القطاعات في مصر (Wheeler et al. 2020)



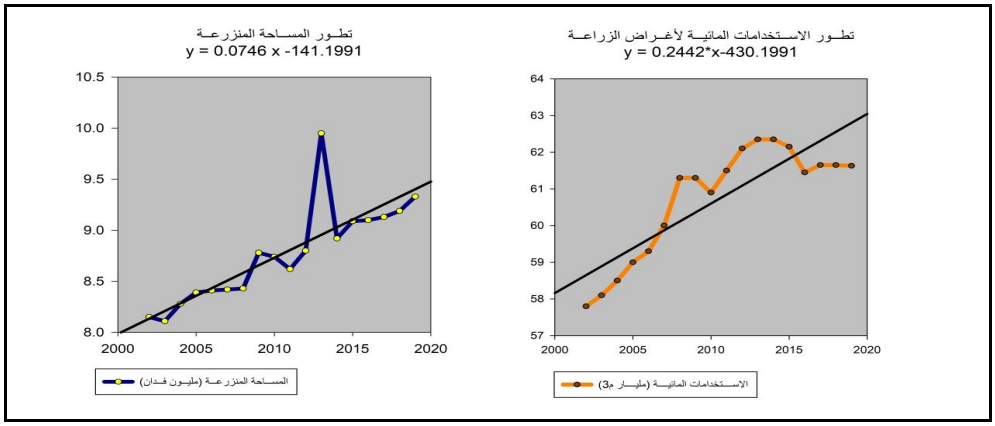
شكل (١٥) التوزيع النسبي للموارد والاستخدامات المائية لمصر عام ٢٠٠٠/٢٠٠١



شكل (١٦) التوزيع النسبي للموارد والاستخدامات المائية لمصر عام ٢٠١٩/٢٠٢٠

المصدر: وزارة الموارد المائية والري (٢٠٠٣)، تقرير ملخص السياسات المائية حتى عام ٢٠١٧، ص ص٢-٣، وأيضاً، الجهاز المركزي، تقرير مصر في أرقام ٢٠٢١، ص٢٠٢.

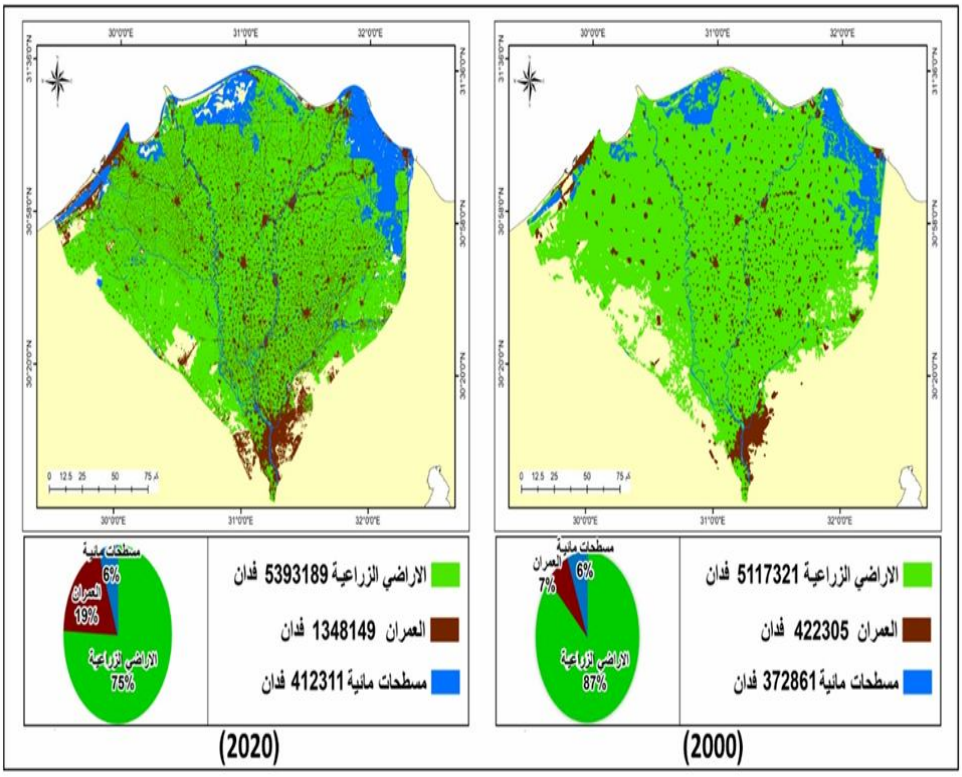
وبناءً على ما سبق يلاحظ وجود فجوة مائية بين المعروض من المياه والطلب عليها بين عامي ٢٠٠٠، و٢٠١٩، وتزداد هذه الفجوة مع مرور الوقت، ففي حين كان إجمالي الموارد المائية عام (٢٠٠٠) ٦٧,٤٧ مليار م^{٣}، كان إجمالي الاستخدامات ٦٦,٣٤ مليار م^{٣}، ثم اتسعت هذه الفجوة ليصبح إجمالي الموارد المائية عام (٢٠١٩) ٨١,٠٦ مليار م^{٣}، والاستخدامات المائية ٨١,٢٦ مليار م^{٣}.



شكل (١٧) تطور المساحة المنزرعة والاستخدامات المائية لأغراض الزراعة خلال الفترة (٢٠٠٢ – ٢٠١٩)

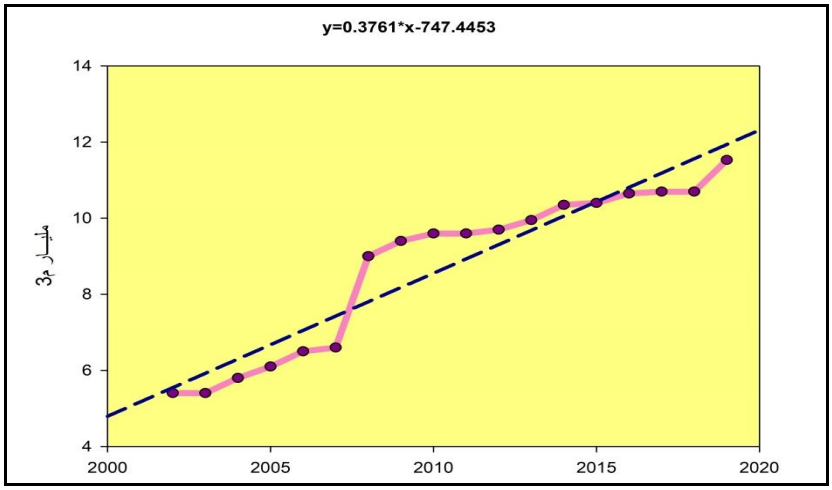
المصدر: الجهاز المركزي، تقرير دراسة الموارد المائية وترشيد استخدامها، عام ٢٠١٤، ص٣١، والجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، تقرير مصر في أرقام، أعداد متفرقة.

ويتضح من شكل (١٧) زيادة المساحة المنزرعة من ٨,١٥ مليون فدان عام ٢٠٠٢ إلى ٩,٣٣ مليون فدان عام ٢٠١٩ بنسبة زيادة قدرها ١٤,٥%، وقابل هذه الزيادة ارتفاع استهلاك قطاع الزراعة من المياه من ٥٧,٨ مليار م^{3} عام ٢٠٠٢ إلى ٦١,٦٣ مليار م^{3} عام ٢٠١٩ بنسبة زيادة قدرها ٦,٦%، في حين أن قطاع الزراعة لم يسهم سوي بنحو ١٢,١% من إجمالي الناتج المحلي القومي عام ٢٠٢٠/٢٠١٩ (الجهاز المركزي، تقرير مصر في أرقام،٢٠١٩، ١٠٨).



شكل (١٨) اختلاف مساحات الأراضي الزراعية بالدلتا المصرية بين عامي ٢٠٠٠ و٢٠٢٠

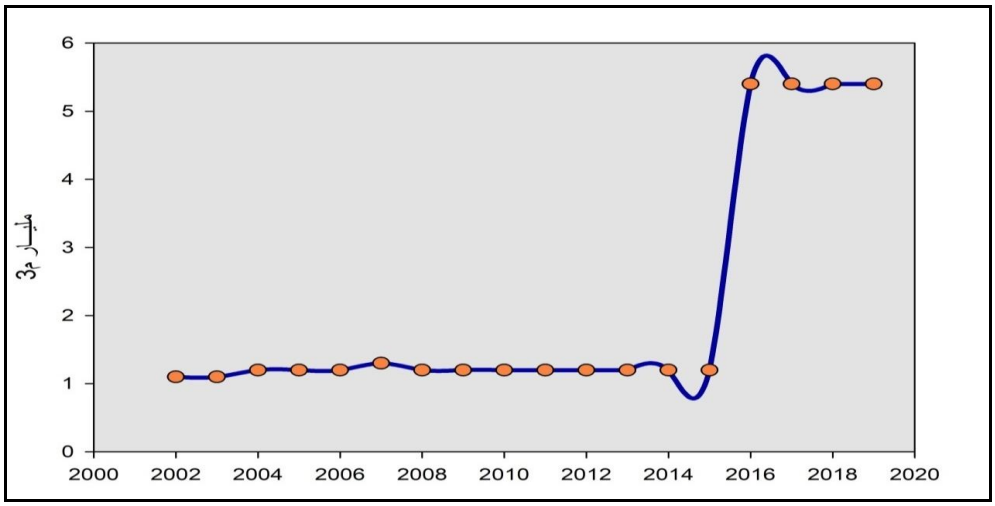
المصدر: اعتماداً على تحليلات المرئيات الفضائية من نوع Landsat 5,8 للدلتا المصرية لعامي ٢٠٠٠ و٢٠٢٠.



شكل (١٩) تطور الاستخدامات المائية لقطاع مياه الشرب خلال الفترة (٢٠٠٢ – ٢٠١٩)

المصدر: الجهاز المركزي، تقرير دراسة الموارد المائية وترشيد استخدامها، عام ٢٠١٤، ص٣١، والجهاز المركزي، تقرير مصر في أرقام، سنوات متفرقة.

ويتضح من شكل (١٩) ارتفاع استهلاك قطاع مياه الشرب من المياه من ٥,٤٠ مليار م^{٣} عام ٢٠٠٢ إلى ١١,٥٣ مليار م^{٣} عام ٢٠١٩ بنسبة زيادة قدرها ١١٣,٥%، نتيجة الزيادة المطردة في عدد السكان وارتفاع مستوي المعيشة.



شكل (٢٠) تطور الاستخدامات المائية لأغراض الصناعة خلال الفترة (٢٠٠٢ – ٢٠١٩)

المصدر: الجهاز المركزي، تقرير دراسة الموارد المائية وترشيد استخدامها، عام ٢٠١٤، ص٣١، والجهاز المركزي، تقرير مصر في أرقام، سنوات متفرقة.

يتضح من شكل (٢٠) ارتفاع استهلاك قطاع الصناعة من المياه من ١,١ مليار م^{٣} عام ٢٠٠٢ إلى ٥,٤ مليار م^{٣} عام ٢٠١٩ بنسبة زيادة قدرها ٣٩٠,٩%، ويلاحظ وجود زيادة كبيرة في الاستهلاك بعد عام ٢٠١٥ ويرجع ذلك إلى تطور النشاط الصناعي، حيث زاد معدل الناتج الصناعي من ٤٥٦,٣ مليار جنيه بمعدل نمو ١١,٨% عام ٢٠١٥ إلى ٧٢٢,٤ مليار جنيه بمعدل نمو بلغ ٢٦,٦% عام ٢٠١٧ ثم إلى ٩٥٨,٩ مليار جنيه عام ٢٠١٩، وحوالي ٩٨٢,٨ مليار جنيه عام ٢٠٢٠ بمعدل نمو بلغ ٢,٥% (الجهاز المركزي، تقرير مصر في أرقام، سنوات متفرقة).

وبناء علي ما سبق نجد أن المياه تعد أكثر حقوق الإنسان أهمية نظراً لمدي الارتباط الوثيق بين توفير المياه بكميات كافية وبجودة عالية وتلبية الاحتياجات الأساسية للمواطنين، وفي ظل التحديات الطبيعية والبشرية والإقليمية والدولية التي تهدد الأمن المائي المصري وتشكل ضغطاً علي الموارد المائية المصرية، أصبحت مشكلة المياه من أهم المشكلات التي تواجه المجتمع المصري في الآونة الأخيرة وهو ما يستدعي ضرورة البحث عن وسائل لتنمية الموارد المائية المصرية والحفاظ عليها وترشيد استخدامها سواء علي المستوي الداخلي أو الخارجي (الاستجابة)، فعلي المستوي الداخلي يمكن تنميتها من خلال ترشيد استهلاك الموارد المائية الداخلية كترشيد الاستخدام الزراعي (كشك،٢٠٠٧ ،٦٣)، وترشيد استهلاك المياه في الأغراض المنزلية والخدمية والحضرية (المهدي،٢٠٠٠، ٤٢)، وترشيد استهلاك المياه في الأغراض الصناعية (فضل الله،٢٠٠٧ ،١٤٧)، وتنمية الموارد المائية الداخلية مثل حصاد مياه الأمطار والسيول (خضر،٢٠٢٢، ١٧٨)، وتنمية موارد المياه الجوفية، ومعالجة مياه الصرف الصحي والزراعي، وتحلية مياه البحر، وتنمية الموارد المائية باستخدام طرق غير تقليدية كتطوير طرق حفظ المياه وصيانتها، واتباع تقنيات حديثة في تقليل معدلات البخر من أسطح البحيرات الطبيعية والصناعية (العليان،١٩٩٦، ٥٥)، والتوسع في استخدام المياه الافتراضية، والمحافظة علي نوعية المياه من التلوث (طايع،٢٠١٠،١٢٣)، ووضع استراتيجيات للتكيف مع التغيرات المناخية، وتنمية الوعي المائي لدي المواطنين (وزارة الموارد المائية والري،٢٠٠٩،٥٧)، أما علي المستوي الخارجي يمكن تنمية الموارد المائية المصرية من خلال تنفيذ مشروعات التخزين في أعالي النيل لاستقطاب الفواقد المائية وتشمل تلك المشروعات مشروعات التخزين في هضبة البحيرات الاستوائية (سعيد،١٩٨٨، ١٦)، ومشروعات التخزين في هضبة البحيرات الإثيوبية، ومشروع تحويل هدر مياه نهر الكونغو إلي حوض النيل (فضل الله،٢٠١٣، ١٤٢)، بالإضافة إلي تدعيم أواصر التعاون بين دول حوض النيل (عبد الرحمن،٢٠١٩، ١٦٢).

سادساً: الخاتمة

تسعي الدراسة للوقوف علي التحديات التي تهدد الأمن المائي المصري، والتعرف علي حالة الموارد المائية المصرية وأوجه استخدامات المياه الحالية والمستقبلية مما ساعد في تقديم تصوراً للمواجهة بالإضافة إلي بعض الحلول والآليات التي من شأنها رفع مستوي الأمن المائي وبالتالي الأمن القومي المصري وذلك من خلال استخدام نموذج psr، وهي بذلك تعد أول رسالة جغرافية تطبق هذا النموذج علي موضوع حيوي واستراتيجي وهو الأمن المائي الذي تأتي أهميته من تطور الأحداث السياسية الأخيرة في مصر والتي تتمثل في سعي إثيوبيا لمحاولة إتمام بناء سد النهضة ورفض دول المنابع الاعتراف باتفاقيات مياه النيل التي تؤكد علي حق مصر التاريخي في مياه النيل، ومن أهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة، مدي تأثير الموقع الفلكي علي الدولة المصرية، حيث تقع مصر ضمن المناخ المداري الجاف باستثناء شريط الساحل الشمالي المطل علي البحر المتوسط الذي يتلقى كمية قليلة من الأمطار، ويعد مناخه نمطاً انتقالياً بين الإقليم المداري الجاف وإقليم البحر المتوسط، وتشكل الزيادة السكانية المستمرة ضغطاً علي الموارد المائية مما أدي إلي تناقص نصيب الفرد من المياه إلي ما دون خط الفقر المائي العالمي، حيث وصل نصيب الفرد من مياه نهر النيل إلي ٥٨٥ م^{٣} عام ٢٠٢١، بينما بلغ نصيب الفرد من المياه الداخلية فقط نحو ١٠ م^{٣} سنوياً، مما يبرز مدي أهمية نهر النيل بالنسبة لمصر، وانخفاض كفاءة شبكة الري في مصر، حيث تصل درجة كفاءة التوصيل المائي إلي ٨١,٨% وبالتالي زيادة حجم الفواقد المائية خلال رحلة المياه من أسوان إلي الحقل لري الأراضي الزراعية، ويستحوذ قطاع الزراعة علي النصيب الأكبر من المياه في مصر، حيث يستهلك وحده حوالي ٧٦,٠٣% من إجمالي الاستخدامات المائية في مصر البالغة ٨١,٠٦ مليار م^{٣} سنوياً عام ٢٠١٩، وبالتالي فهناك سوء توزيع للموارد المائية علي القطاعات المختلفة، لذا توصي الدراسة الحالية بضرورة رفع كفاءة شبكات الري من خلال اتباع عملية تبطين الترع، وتطهير قنوات الري والصرف من الحشائش المائية، وإجراء عمليات صيانة للبوابات القديمة واستبدال البوابات المتهالكة ببوابات جديدة، وصرف المياه للأراضي الزراعية حسب الاحتياجات الفعلية لها وذلك لتقليل فواقد المياه، واتباع نظام الري بالرش والري بالتنقيط بدلاً من الري السطحي التقليدي للحفاظ علي المياه من الهدر والضياع، حيث يصل العائد المائي إلي ٢,٤ كجم/ م^{٣} في الري بالتنقيط ، ويصل إلي ٢,٢ كجم/ م^{٣} في الري بالرش، في حين يتم توفير ١,٨ كجم/ م^{٣} فقط باستخدام نظام الري السطحي التقليدي، واتباع طرق غير تقليدية في تنمية الموارد المائية كاستمطار السحب، وتجميع الضباب،

والتوسع في استخدام المياه الافتراضية والزراعة خارج الحدود، وتنفيذ مشروعات التخزين في أعالي النيل لاستقطاب الفواقد المائية، وتحقيق التكامل الاقتصادي بين مصر ودول حوض النيل، وتبادل المنفعة بينهما، فمصر بخبرتها العلمية والعملية في القطاع الزراعي ودول حوض النيل بما تمتلكه من الأراضي الزراعية الخصبة وموارد مائية هائلة بما يعود بالنفع والرخاء علي شعوب هذه الدول.

سابعاً: المصادر والمراجع والمواقع الإلكترونية

المصادر

١. برنامج الأمم المتحدة للبيئة، مركز البيئة للمدن العربية، دليل العمل في المنطقة العربية، دليل توقعات البيئة العالمية للمدن/ المبادئ التوجيهية للتقييم البيئي المتكامل في المناطق الحضرية، إصدار ٢٠٠٩، ١٥٣ ص.

٢. الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، الكتاب الإحصائي السنوي، سنوات متفرقة.

٣. الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، تقرير دراسة الموارد المائية وترشيد استخداماتها في مصر، إصدار ٢٠١٤، ١١١ ص.

٤. الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، تقرير مصر في أرقام، سنوات متفرقة.

٥. وزارة الموارد المائية والري، تقرير ملخص السياسات المائية حتى عام ٢٠١٧، إصدار ٢٠٠٣.

٦. وزارة الموارد المائية والري، الإدارة العامة للتوعية والترشيد المائي، استراتيجية تنمية وإدارة الموارد المائية في مصر حتى عام ٢٠٥٠، إصدار ٢٠١٠، ١٢٠ ص.

المراجع

١. أبو العطا، عبد العظيم؛ شهاب، مفيد؛ رضا، دفع الله (١٩٨٥): نهر النيل، الطبعة الأولي، دار المستقبل العربي، القاهرة.

٢. أسامة، محمد (٢٠١٠): النيل مستقبل الأزمة، مركز النيل للدراسات والنشر، القاهرة.

٣. البحيري، زكي (٢٠١٦): مصر ومشكلة مياه النيل أزمة سد النهضة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة.

٤. جاد، عماد (٢٠٠٠): البعد الدولي لقضية تطوير الموارد المائية المصرية، المحرر: أحمد السيد النجار، المياه والزراعة في مصر بين الظروف الدولية وتنمية الموارد المحلية، مركز الدراسات السياسية والاستراتيجية بالأهرام، القاهرة، ١٩٧-٢٢٦ ص ص.

٥. جعفر، كمال الدين؛ عبد الوهاب، محمد (٢٠٢٢): تغير المناخ وتأثيره على الطقس ومستقبل زراعة المحاصيل في مصر، الهيئة العامة للأرصاد الجوية.
٦. حتر، على (٢٠٠٩): الأخطار المهددة للأمن المائي العربي وأثر مياه النيل على الأمن المائي في بلاد الشام ومصر والعراق، المنظمة العربية للتنمية والإدارة، عمان.
٧. حسين، هبه (٢٠١٣): تلوث الأنهار الدولية في ضوء اتفاقية الأمم المتحدة بشأن استخدام المجاري المائية الدولية في غير أغراض الملاحة لعام ١٩٩٧ "دراسة حالة نهر النيل، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الاقتصاد والعلوم السياسية، جامعة القاهرة، ١٨٩ ص.
٨. الحيالي، عبد الأمير (٢٠١٩): التدخلات الأجنبية في إثيوبيا وتأثيرها على الأمن المائي في مصر والسودان، مجلة ديالى، المجلد ٢، العدد ٧٩، كلية التربية للعلوم الإنسانية، ١٨١-٢١٢ ص ص.
٩. خضر، إيمان (٢٠٢٢): تقييم ونمذجة الوضع الهيدرولوجي في المنطقة بين رأسي الضبعة وعلم الروم بالساحل الشمالي الغربي لمصر، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الزقازيق، ص٣١٧.
١٠. زكريا، دعاء (٢٠٠٩): تنمية الموارد المائية في الوطن العربي (تحديات مستقبلية)، الدار الثقافية للنشر، القاهرة.
١١. سري الدين، عايدة العلي (١٩٩٨): السودان والنيل بين مطرقة الانفصال والسندان الإسرائيلي، الطبعة الاولى، دار الافاق الجديدة، بيروت.
١٢. سعيد، رشدي (١٩٨٨): مستقبل الاستفادة من مياه النيل، ندوة أزمة مياه النيل إلى أين؟ الطبعة الأولي، دار الثقافة الجديدة، القاهرة.
١٣. سلامة، رمزي (٢٠٠١): مشكلة المياه في العالم العربي احتمالات الصراع والتسوية، الإسكندرية، منشأة المعارف.
١٤. شراقي، عباس (٢٠١٠): مؤتمر آفاق التعاون والتكامل بين دول حوض النيل: الفرص والتحديات، ٢٥-٢٦ مايو، معهد البحوث والدراسات الأفريقية، جامعة القاهرة.
١٥. شراقي، عباس (٢٠١١): سد النهضة (الألفية) الإثيوبي الكبير وتأثيره على مصر، مؤتمر ثورة ٢٥ يناير ٢٠١١ ومستقبل علاقات مصر بدول حوض النيل، ٣٠-٣١ مايو، معهد البحوث والدراسات الأفريقية، جامعة القاهرة.

١٦. طايع، محمد سالمان (٢٠١٠): إدارة أزمة المياه في العالم الإسلامي: مقاربة إسلامية لحوكمة المياه، المركز العربي للدراسات الإنسانية، القاهرة.
١٧. عبد الحي، عبد التواب (١٩٨٨): النيل. والمستقبل (ماذا جري للنيل ولمنابعه الاستوائية والإثيوبية)، الطبعة الأولي، مركز الأهرام للترجمة والنشر، القاهرة.
١٨. عبد الرحمن، أسامة (٢٠١٩): مصر وسدود إثيوبيا (سد النهضة)، الناشر (المؤلف)، القاهرة.
١٩. عبد الوهاب، أيمن السيد (٢٠٠٦): مياه النيل في السياسة المصرية (ثلاثية التنمية والسياسة والميراث التاريخي)، مكتبة الأسرة، القاهرة.
٢٠. العليان، أمل (١٩٩٦): الأمن المائي العربي "مطلب اقتصادي أم سياسي"، الطبعة الأولي، دار العلوم للطباعة والنشر، المملكة العربية السعودية.
٢١. فضل الله، عبد العزيز (٢٠٠٧): مياه النيل، حسابات الأرض والسياسة، شركة مطابع السودان للعملة المحدودة، الخرطوم.
٢٢. فضل الله، عمر (٢٠١٣): حرب المياه على ضفاف النيل (حلم إسرائيلي لم يتحقق)، الطبعة الأولي، دار نهضة مصر للنشر، القاهرة.
٢٣. القط، رضا (٢٠١٨): أولويات تجارة مصر الخارجية للسلع الزراعية والغذائية مع دول حوض النيل (٢٠٠٠-٢٠١٣)، مجلة كلية الآداب، المجلد ٧٨، العدد ٥، جامعة القاهرة، ١١-٤٧ ص ص.
٢٤. كشك، محمد عاطف (٢٠٠٧): نهر النيل المخاطر الحالية والمستقبلية، الهيئة القومية العامة للكتاب، القاهرة.
٢٥. المهدي، الصادق (٢٠٠٠): مياه النيل الوعد والوعيد، الطبعة الأولي، مركز الأهرام للترجمة والنشر، القاهرة.
٢٦. الولي، ممدوح (٢٠١٠): اقتصاديات دول حوض النيل، الطبعة الأولي، مكتبة جزيرة الورد، القاهرة.

المواقع الإلكترونية

التغير في متوسط درجة الحرارة والأمطار خلال الفترة من عام ١٩٩٠ وحتى عام ٢٠٢٠ على موقع

https://climateknowledgeportal.worldbank.org ، آخر دخول للموقع ٢٠٢٢/٦/١٥.

توزيع الأمطار السنوية في دول حوض النيل عام ٢٠٢٠، على موقع
https://public.wmo.int/ar، آخر دخول للموقع ٤/١/ ٢٠٢٣.
السروي، أحمد (٢٠١٦): مؤشرات التلوث العضوي، على موقع
https://almerja.com ، تاريخ آخر دخول للموقع ٢٠٢٢/١٠/٢٨
مساحات الأراضي الزراعية بالدلتا المصرية بين عامي ٢٠٠٠ و٢٠٢٠ على موقع
https://earthexplorer.usgs.gov/، تاريخ آخر دخول للموقع ٢٠٢٢/١٢/١٦.

المراجع الأجنبية

1. Da Silva, Margarida Cardoso and Rodrigues, António Carmona (2004): Environmental indicators as tools for the management of estuaries Methodology and case study of the Tejo estuary, Journal of Coastal Conservation, Vol. 10, p p 13-24.
2. Dong, Guanghua, Shen, Juqin, Jia, Yizhen and Sun, Fuhua (2018): Comprehensive Evaluation of Water Resource Security: Case Study from Luoyang City, China, The Journal Of Water, 10 (8), p1106-1125.
3. Huang, Bei, Wei, Na, Meng, Weijie and Zhang, Mingxia (2016): Marine biodiversity evaluation based on the pressure-state-response (PSR) model of Changhai County, Liaoning Province, 24 (1), p 48-54.
4. Hughey, Ken, Cullen, Ross, Kerr, Geoff and Cook, Andrew (2004): Application of the pressure–state–response framework to perceptions reporting of the state of the New Zealand environment, The Journal of Environmental Management, Vol. 70, p 85-93.
5. Levrel, Harold, Kerbiriou, Christian, Couvet, Denis and Weber, Jacques (2009): OECD Pressure-State-Response indicators for managing biodiversity: a realistic perspective for a French biosphere reserve, International Journal of Biodiversity And Conservation, Vol. 18, p 1719-1732.
6. Mangi, Stephen, Roberts, Callum and Rodwell, Lynda (2007): Reef fisheries management in Kenya: Preliminary approach using the driver–pressure–state–impacts–response (DPSIR) scheme of indicators, The Journal of Ocean & Coastal Management, Vol.50, p 463-480
7. Mulat, Asegdew and Moges, Semu (2014): Assessment of the Impact of the Grand Ethiopian Renaissance Dam on the Performance of the High Aswan Dam, The Journal of Water Resource and Protection, Vol. 6, p583-598.

8. Neri, Ana Claudia, Dupin, Patrícia and Sanchez, Luis (2016): A pressure-state-response approach to cumulative impact assessment, The Journal of Cleaner Production, Vol. 126, p 288-298.
9. Owiro, Authur (2004):The Nile Treaty, State Succession and International Treaty Commitments: A Case Study Of The Nile Water Treaties, Occaional Papers, East Africa, Law and Policy Research Foundation, Konrad Adenauer Foundation, Nairobi, Kenya.
10. Tayie, Mohamed Salman (2019): The Grand Ethiopian Renaissance Dam and the Ethiopian Challenge of Hydropolitical Hegemony on the Nile Basin, Abdelazim, M. Negm and Sommer, Abdel-Fattah (Editors), Grand Ethiopian Renaissance Dam Versus Aswan High Dam A View from Egypt, Springer Intemational Publishing AG, p 485-513.
11. Waheed, Bushra, Khan, Faisal and Veitch, Brian (2009): Linkage-Based Frameworks for Sustainability Assessment: Making a Case for Driving Force-Pressure-State-Exposure-Effect-Action (DPSEEA) Frameworks, sustainability Journal, 1 (3), p 441-463.
12. Wang, Qiang and Li, Rongrong (2019): Evaluating water resource sustainability in Beijing, China: Combining PSR model and matter-element extension method, The Journal of Cleaner Production, Vol. 206, p171-179.
13. Wang, Yu-Tu, Wang, You-Shao, Wu, Mei-Lin, Sun, Cui-Ci and Gu, Ji-Dong (2021): Assessing ecological health of mangrove ecosystems along South China Coast by the pressure–state–response (PSR) model, Springer Journal, 30 (4), p 622-631.
14. Wheeler, Kevin, Jeuland, Marc and Hall, Jim (2020): Understanding and managing new risks on the Nile with the Grand Ethiopian Renaissance Dam, The Journal of Nature Communications, Vol.11, p 5222-5230.
15. Whitall, David, Bricker, Suzanne, Ferreira, Joao and Silva, Margarida (2007): Assessment of Eutrophication in Estuaries: Pressure–State–Response and Nitrogen Source Apportionment, The Journal of Environmental Management, Vol 40, p 678-690.
16. Yuan, Yanting and Meng, Han (2020): Development Potential of Biomass Energy in Western Ethnic Regions by PSR Model, Springer Journal, Cham Journal, vol. 1190, p 831-841.
17. Zhang, Dandan, Shen, Juqin, Liu, Pengfei and Sun, Fuhua (2020): Allocation of Flood Drainage Rights Based on the PSR Model and Pythagoras Fuzzy TOPSIS Method, nternational Journal of Environmental Research and Public Health, 17 (16), p 5821-5840.

Websites:
Drury, Maree (2022): Water Quality and Ecological Health of Auckland's Urban Streams Pressure, State, Response Investigation, Golder Associates, Organization for Economic Cooperation and Development, On Website https://archive.unescwa.org/pressure-state-response, Last access (28/7/2022)
OECD Environmental Indicators (2003), using the pressure-state-response model to develop indicators of sustainability, OECD framework for environmental indicators, On Website https://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks Last access (1/3/2023).
Putra, Rivandi Pranandita (2017): DPSIR framework in Environmental Sciences, On Website https://rivandipputra.wordpress.com Last access (13/1/2023).