

# التوجه نحو قطاع زراعة مستدام: خيارات السياسات للحد من استهلاك المياه في قطاع الزراعة في أبوظبي

نورا منصورى وديفيد ووغان وحميد كانجى

## عن كابسارك

مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك) هو مركز عالمي غير ربحي يجري بحثاً مستقلة في اقتصاديات وسياسات وتقنيات الطاقة بشتى أنواعها بالإضافة إلى الدراسات البيئية المرتبطة بها. وتتمثل مهمة كابسارك في تعزيز فهم تحديات الطاقة والفرص التي تواجه العالم اليوم وفي المستقبل من خلال بحث غير منحازة ومستقلة وعالية الجودة لما فيه صالح المجتمع، ويقع كابسارك في الرياض بالمملكة العربية السعودية.

## إشعار قانوني

© حقوق النشر 2020 محفوظة لمركز الملك عبدالله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك). لا يجوز استخدام هذا المستند أو أي معلومات أو بيانات أو محتوى يتضمنه دون نسبه بشكل ملائم لكابسارك. كما لا يجوز إعادة إنتاج هذا المستند أو جزء منه دون إذن خطي من كابسارك. ولا ينشأ عن المعلومات الواردة في هذا المستند أي ضمان أو تعهد أو أي مسؤولية قانونية –سواء مباشرة أو غير مباشرة- تجاه دقتها أو اكتمالها أو فائدتها. كما لا يجوز أن يعتبر هذا المستند –أو أي جزء منه- أو أن يفسر كنصيحة أو دعوة لاتخاذ أي قرار. الآراء والأفكار الواردة هنا تخص الباحثين معدي الدراسة، ولا تعكس بالضرورة موقف المركز ووجهة نظره.

تمثل ندرة المياه تحديًا كبيراً لدول مجلس التعاون الخليجي، وقد تؤدي إلى تقويض أمنها. وتشير التقديرات إلى أن المياه الجوفية في أبوظبي ستستنفد في غضون 55 عاماً إذا استمر الاستهلاك بوتيرته الحالية.

تستهلك الزراعة نحو 70% من كميات المياه في جميع أنحاء العالم، وتغطي المياه الجوفية غير المتجددة نحو 60% من هذا الاستهلاك.

يسعى هذا البحث إلى الإجابة عن السؤال الآتي: كيف تستطيع أبوظبي أن تُحسّن من استهلاك المياه المستخدمة في قطاع الزراعة لديها، مع تلبية الطلب على المنتجات الزراعية؟

طُوّر نموذج أمثل للمياه والزراعة لتحديد مجموعة المحاصيل المناسبة لميزانية معينة لاستهلاك المياه في إمارة أبوظبي سنوياً؛ ذلك أن هذا النموذج يبحث عن مزيج أقل تكلفة من المحاصيل التي لا تتجاوز نفقاتها حدود ميزانية المياه في الإمارة، مع تلبية الطلب المُحدّد دون الإضرار بالأمن الغذائي أو إجمالي إيرادات المزارعين.

يمكن لأصحاب المصلحة الرئيسيين في أبوظبي الاستفادة من رؤى النموذج لتحديد أغراض استهلاك المياه التي يمكن الحد منها أو الحفاظ عليها لإبقاء الاستهلاك في حدود الميزانية المستدامة المُخصّصة للمياه. ويكون ذلك بالتركيز على المحاصيل المنتجة التي تستهلك كمية قليلة من المياه للمساعدة على استخدام المياه بصورة مستدامة.

تشير بعض السيناريوهات إلى أن استخدام ميزانيات مياه أكثر تقييداً في إمارة أبوظبي قد تُطيل عمر المياه الجوفية فيها من 22 عاماً إلى أكثر من ألف عام.

تُظهر نتائج النموذج مجموعات محاصيل مختلفة لسيناريوهات إنتاج واستيراد مختلفة في ظل تنوع ميزانيات المياه، إذ تُركز هذه الميزانيات على المحاصيل المنتجة محلياً التي تحتاج إلى كميات قليلة من المياه والمحاصيل المستوردة التي تحتاج إلى كميات كبيرة من المياه.

ندرس أربعة سيناريوهات لميزانيات المياه المتزايدة تزايدًا كبيرًا والكميات المتفاوتة من المحاصيل المستوردة المنتجة محليًا لتحديد الخيار السياسي الأمثل لزيادة إنتاجية المياه. تُثمر هذه السيناريوهات عن نتائج ثاقبة تقدم توصيات سياسية لتمكين أبوظبي من التركيز على المحاصيل عالية القيمة التي تستهلك كميات مياه قليلة.

تم هذا المشروع البحثي بالاشتراك بين مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية وهيئة البيئة-أبوظبي وهيئة أبوظبي للرقابة الغذائية.

يمثل نقص المياه تحديًا عالميًا؛ إذ لا يزال ثلث سكان العالم محرومين من المياه النظيفة. وتواجه دول مجلس التعاون الخليجي ندرة في الموارد المائية بسبب مناخها الجاف. وتُعد موارد المياه المتجددة في الإمارات العربية المتحدة أدنى من حد ندرة المياه في الأمم المتحدة، كما يتجاوز استهلاكها للمياه معدل التغذية الطبيعية بالماء بنسبة تصل إلى 26 ضعفًا. وبناءً على ذلك تبحث هذه الدراسة في العلاقة بين المياه والزراعة في إمارة أبوظبي، وتقدم خيارات سياسية لخفض استهلاك المياه في قطاع الزراعة إلى مستويات مستدامة.

تستهلك الزراعة نحو 70% من كميات المياه المسحوبة في الإمارات العربية المتحدة، معظمها من المياه الجوفية التي تُعد موردًا غير متجدد للمياه تراكم على مدى آلاف السنين في منطقة صحراوية تتسم بانخفاض معدل هطول الأمطار. وتشير التقديرات إلى أن المياه الجوفية المتبقية في الإمارات العربية المتحدة ستُستنفد في غضون 55 عامًا إذا استمر الاستهلاك بالمعدلات الحالية. وعلى الرغم من ندرة المياه في الإمارة إلا أن استهلاكها من الموارد المائية مرتفع؛ إذ يوجد في أبوظبي حوالي 25 ألف مزرعة تنتج المحاصيل الزراعية المختلفة، وتعد أشجار النخيل -خاصة- من أكثر المحاصيل استهلاكًا للمياه في الإمارات.

يسعى هذا البحث إلى الإجابة عن السؤال: كيف تستطيع إمارة أبوظبي أن تحسن من استهلاك المياه المستخدمة في قطاعها الزراعي مع تلبية الطلب على المنتجات الزراعية؟ ولهذا أنشأنا نموذج برمجة خطي مُصمَّم وفق نمط مُعين لزيادة إنتاجية المياه في قطاع الزراعة في أبوظبي، للحصول على أكبر فائدة من المياه. ويتمثل الغرض من هذا النموذج في تحديد مجموعة المحاصيل المثلى لميزانية استهلاك المياه المُعيَّنة في أبوظبي سنويًا. إذ يبحث هذا النموذج عن مزيج أقل تكلفة من المحاصيل التي لا تتجاوز حدود ميزانية المياه في الإمارة، مع تلبية الطلب الذي حدته الإمارة باستخدام عوامل رئيسية مثل كثافة المياه التي تستهلكها المحاصيل لتحقيق الهدف المرجو.

ذلك تُستهلك المياه الجوفية في أبوظبي بنحو 26 ضعف معدل إعادة تغذيتها بصورة طبيعية (هيئة البيئة – أبوظبي 2012)، فضلاً عن ندرة المياه الطبيعية. وإذا وصلت دولة الإمارات العربية المتحدة نمطها الحالي من استهلاك المياه الجوفية في الزراعة والحراثة الزراعية، فقد تستنفد مياها الجوفية الصالحة للاستخدام في غضون عقود قليلة ويجب عليها استبدالها بالمياه المحلاة.

لذلك يتعين على حكومة أبوظبي ضمان تلبية الإمارة للطلب المستقبلي على المياه من خلال خفض استهلاك المياه الجوفية إلى مستويات مستدامة. ويمكن تحقيق الحد من استهلاك المياه الجوفية عن طريق استبدال المحاصيل ذات القيمة المضافة العالية المستهلكة لكميات أقل من المياه بالمحاصيل ذات القيمة المنخفضة.

لتحقيق ذلك اقترحت هيئة البيئة-أبوظبي اعتماد ميزانية للمياه في عام 2015، مما سيسمح بتخصيص ميزانية المياه بصورة مستدامة لتحقيق الاستهلاك الأمثل للمياه. وتحسب هذه الميزانية موارد المياه في منطقة معينة لمدة مُحدّدة، وتشمل مصادر وكميات تدفقات المياه الدّاخلية (مثل الأمطار والمياه الجوفية) ووفورات المياه (التخزين) وتدفقات المياه الخارجة (استهلاك المياه)، وتسمح ميزانية المياه المستدامة بتخصيص كمية من المياه للاستخدامات المختلفة بطريقة تحقق الكفاءة الاقتصادية والعدالة الاجتماعية والاستدامة البيئية.

سيقلل الاستهلاك المستدام للمياه الجوفية في أبوظبي من الحاجة إلى تحلية المياه، مما قد يؤدي إلى تحقيق منافع بيئية واجتماعية واقتصادية مشتركة، مثل توفير الطاقة وخفض الانبعاثات الناتجة عن ملوثات الهواء والغازات الدفيئة، والحد من تصريف المياه المالحة ومياه الصرف الصحي المعالجة في الخليج العربي. ويمكن أن يُحقق أيضاً منافع اقتصادية تسهم في خفض النفقات الرأسمالية والتشغيلية لمنتجات البنية التحتية المكلفة وواردات الغاز.

لا يزال ثلث سكان العالم محرومين من المياه النظيفة، إذ تُمثل أزمة المياه العالمية تحدياً كبيراً لمستقبل البشرية. ويُعد الحصول على المياه النظيفة أحد أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة (الأمم المتحدة 2019)، كما أن الماء مورد محدود، حيث تُشكل المياه المالحة 97,5% من 70% من المياه التي تغطي سطح الأرض، ويوجد من بين نسبة 2.5% المتبقية 2% محصورة تحت الأنهار الجليدية، وتبلغ نسبة المياه العذبة 0.5% فقط (هيئة المسح الجيولوجي الأمريكي 2019). وتتوزع المياه العذبة المتاحة على نحو غير متساوٍ بين المناطق، مما يجعل بعض المناطق تعاني من نقص المياه بسبب الندرة الفعلية للمياه أو أحياناً بسبب الندرة الاقتصادية، أي نقص البنية التحتية.

يُعد استهلاك الزراعة للمياه العذبة المتاحة على الأرض الأكبر على الإطلاق؛ حيث يمثل 70% من إجمالي كميات المياه المسحوبة في جميع أنحاء العالم و80% في أفريقيا وآسيا و90% في جنوب آسيا (الزراعة العالمية 2019). وتبلغ إنتاجية المياه العالمية – إنتاجية المحصول لكل متر مكعب من استهلاك المياه – حالياً نحو نصف إمكاناتها التي يمكن الحصول عليها في إطار الإدارة الزراعية المثلى (الأمم المتحدة 2019).

تُشير الأمم المتحدة إلى أنه عندما تنخفض إمدادات المياه السنوية إلى أقل من 1700 متر مكعب لكل شخص تُعاني منطقة ما من الإجهاد المائي، وعندما تنخفض إلى أقل من 1000 متر مكعب لكل شخص يواجه السكان ندرة المياه، وعندما تكون أقل من 500 متر مكعب يُعاني السكان من "الندرة المطلقة" (منظمة اليونسكو 2012؛ والأمم المتحدة 2014؛ وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي 2006). طبقاً لهذا التعريف فإن دول مجلس التعاون الخليجي تعاني بالفعل من ندرة المياه، مما يجعلها تواجه صعوبة كبيرة في توفير موارد المياه نظراً لمناخها الجاف، في حين يواجه البعض منها ندرة مطلقة في المياه.

تُعد موارد المياه المتجددة في الإمارات العربية المتحدة أدنى من حد ندرة المياه التي حدّتها الأمم المتحدة، ومع

# إدارة الموارد المائية في أبوظبي

ينص القانون رقم 5 لسنة 2016 بشأن المياه الجوفية على أن إمارة أبوظبي تمتلك المياه الجوفية ويخضع استخراجها واستخدامها للقواعد والمعايير والشروط التي وضعتها هيئة البيئة-أبوظبي. ومن المتوقع أن يساعد هذا القانون في إدارة الطلب على المياه الجوفية في أبوظبي وضمان الحفاظ عليها على المدى الطويل.

تشارك ثلاث مؤسسات رئيسية في إدارة موارد المياه في أبوظبي: (1) وزارة الطاقة والصناعة التي تضطلع بالمسؤولية عن حماية موارد المياه واستدامتها (2) وإدارة الطاقة التي تتحمل المسؤولية عن اقتراح الخطط الاستراتيجية والتنفيذية لإدارة الموارد المائية (3) وهيئة البيئة – أبوظبي المسؤولة عن الحفاظ على موارد المياه الجوفية.

تعد إمارة أبوظبي أكبر الإمارات السبع في الإمارات العربية المتحدة، وتبلغ مساحتها الإجمالية نحو 67,340 كيلومتر مربع وتمثل 84% من أرضها (الإمارات العربية المتحدة 2019). وتركزت أنشطتها الزراعية في الغالب حول جزيرتين من جزرها هما العين وليوا. لطالما كانت إمارة أبوظبي مركزاً مهماً للزراعة في المنطقة (ستيفنز 1970)، حيث تدعم سبل العيش لسكانها المتزايدين الذين يُقدَّرون بحوالي 3 ملايين شخص اليوم (استعراض سكان العالم 2019؛ مركز الإحصاء – أبوظبي 2018). وتمتلك إمارة أبوظبي أكبر مساحة مزروعة في دولة الإمارات العربية المتحدة، رغم محدودية توسعها الزراعي حيث يُعد 80% من أراضيها صحراء (أكواستات 2008).

إن أبوظبي التي تقع في منطقة شديدة الجفاف يبلغ متوسط معدل هطول الأمطار عليها 60.7 ملليمتر في السنة (مركز الإحصاء – أبوظبي 2017) بالإضافة إلى الإمارات العربية المتحدة ودول مجلس التعاون الخليجي الأخرى (بوشناق 1990) تُعد إحدى أكثر المناطق التي تعاني من ندرة المياه في العالم (سيف ومزهر وعرفات 2014). ويبلغ الاستهلاك السنوي الحالي للمياه

شكّلت الآبار على مدار التاريخ المصادر الرئيسية للمياه في الإمارات العربية المتحدة، فهي التي حدّدت في نهاية المطاف مواقع استقرار السكان (ماكدونيل 2014). وبعد استقلال المشيخات السبع التي تشكل الآن دولة الإمارات العربية المتحدة شجّعت كل إمارة على توسيع نطاق الأنشطة الزراعية لتوطيد مواطن استقرارها:

”في الأيام الأولى لبناء الدولة، وفرت إمارة [أبوظبي] المياه والمضخات والوقود للبدو مجاناً من أجل تشجيع الإنتاج الزراعي كاستراتيجية لدعم مواطن استقرارهم.“ (ماكدونيل 2014)

زاد الطلب مع اكتشاف النفط وتزايد السكان والتوسع الحضري، وتزايد النشاط الاقتصادي على المياه في أبوظبي أيضاً. ولم يكن من الممكن تلبية هذا الطلب من خلال موارد المياه الجوفية وحدها مما أدى إلى تطوير السوق المتنامية لتحلية المياه. (ماكدونيل 2014)

استندت سياسة المياه في أبوظبي منذ إنشاء أول محطة لتحلية المياه في ستينيات القرن العشرين -إلى حد كبير- على إدارة الجوانب المتعلقة بالعرض التي تعمل دائماً على موازنة القدرة مع الطلب. وبالتالي، تُشير افتراضات التخطيط اليوم إلى أن أبوظبي ستُلبى الطلب المستقبلي على المياه من خلال زيادة العرض. ومع ذلك توجد تحديات بيئية وتقنية واقتصادية تثبط هذا النهج.

أقرّت المادة (23) من دستور دولة الإمارات العربية المتحدة لسنة 1971 أن جميع الموارد الطبيعية ملك لكل إمارة. وتتولى اليوم حكومة أبوظبي المسؤولية على ضمان تلبية الطلب على المياه في الإمارة على النحو الآتي:

ينص القانون رقم 2 لسنة 1998 بشأن تنظيم قطاع المياه والكهرباء على ضرورة أن توفر شركات المياه الطاقة الإنتاجية الكافية لضمان تلبية جميع الطلبات المعقولة على المياه في الإمارة في جميع الأوقات.

يوضح الشكل (1) مخططًا لإمدادات المياه في أبوظبي حسب المصدر، حيث يتم الحصول على غالبية الإمدادات من المياه الجوفية (60%)، تليها تحلية المياه (35%) والمياه المعاد تكريرها (5%). ويُعد استهلاك المياه الجوفية غير مستدام لأنه في المقام الأول مورد غير متجدد إذ تراكمت على مدى آلاف السنين في منطقة تتسم بانخفاض معدل هطول الأمطار. وتستخدم أساسًا في الزراعة والحراثة بينما تُستخدم مياه البحر المحلاة في الأغراض المحلية والتجارية والصناعية. وتُعد جميع المياه المستخدمة في الري مياه جوفية. ومع ذلك، يُعد استهلاك المياه الجوفية محدودًا بسبب ملوحة طبقات المياه الجوفية في أبوظبي التي لا تحتوي إلا على 3% من المياه العذبة.

تقدر موارد المياه المتجددة في أبوظبي بنحو 723 م<sup>3</sup> لكل شخص سنويًا (حسابات وبيانات هيئة البيئة - أبوظبي [2017]). ويتجاوز معدل الاستخراج المرتفع للغاية معدل إعادة التغذية الطبيعية لطبقات المياه الجوفية مما يؤدي إلى استنفادها. وتُعد موارد المياه المتجددة أقل من حد ندرة المياه، مما يجعل دولة الإمارات

في أبوظبي 26 مرة أكبر من موارد المياه الطبيعية المتجددة سنويًا (محمد 2006). وتعاني من ندرة المياه بصورة كبيرة تهدد ازدهارها الاقتصادي ومواردها المائية المتبقية (مراد 2010)، حيث تشير التقديرات إلى أنها ستستنفد خلال 55 عامًا إذا استمرت المعدلات الحالية (بيكر وفان هوتفن 2015؛ وأو بي جي 2015؛ وناشيونال 2018؛ وجلف نيوز 2015). ولا تملك أبوظبي سوى مياه سطحية ضئيلة، حيث تُعد المياه الجوفية المورد الوحيد للمياه الطبيعية مما يجعل معدل تغذيتها المحدود من المياه مورد غير متجدد (هيئة البيئة - أبوظبي، 2017) الجدول (1).

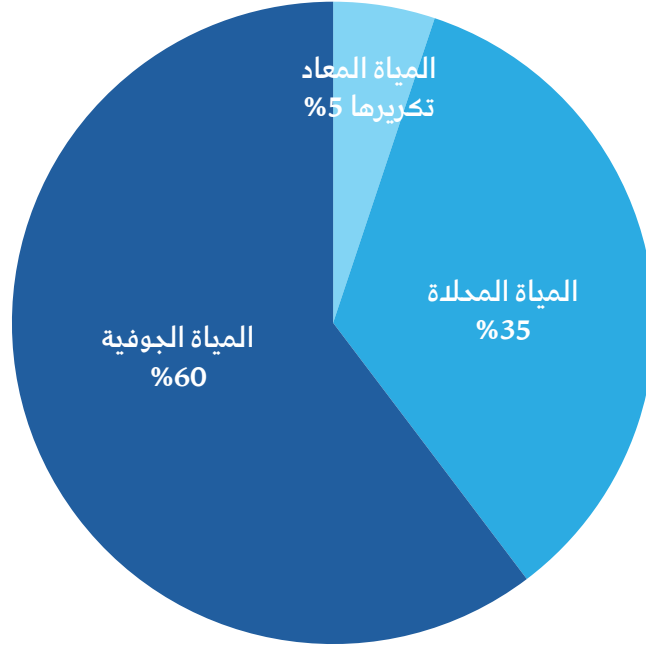
تقدر موارد المياه المتجددة في أبوظبي بنحو 723 م<sup>3</sup> لكل شخص سنويًا (حسابات وبيانات هيئة البيئة - أبوظبي [2017]). ويتجاوز معدل الاستخراج المرتفع للغاية معدل إعادة التغذية الطبيعية لطبقات المياه الجوفية مما يؤدي إلى استنفادها. وتُعد موارد المياه المتجددة أقل من حد ندرة المياه، مما يجعل دولة الإمارات العربية المتحدة دولة تندر فيها المياه ويجب عليها إدارة مواردها المائية بعناية وبصورة مستدامة.

### الجدول 1. الموارد المائية في الإمارات العربية المتحدة.

المصدر	موارد المياه العذبة المتجددة		
استراتيجية الإمارات العربية المتحدة للحفاظ على المياه 2010	مم / السنة	120	هطول الأمطار (المعدل على المدى الطويل)
استراتيجية الإمارات العربية المتحدة للحفاظ على المياه 2010	10 م <sup>3</sup> / السنة	0.15-0.2	موارد المياه الداخلية المتجددة (المعدل على المدى الطويل)
استراتيجية الإمارات العربية المتحدة للحفاظ على المياه 2010	10 م <sup>3</sup> / السنة	0.15-0.2	إجمالي موارد المياه المتجددة الفعلية
استراتيجية الأمن المائي 2036	م <sup>3</sup> / السنة	48	إجمالي موارد المياه المتجددة الفعلية لكل نسمة
إدارة السدود، وزارة الطاقة والصناعة	10 م <sup>6</sup> / السنة	130	إجمالي سعة السد

ملحوظة: مم = ملليمتر؛ م<sup>3</sup> = متر مربع؛ yr = سنة؛ MOEI = وزارة الطاقة والصناعة

الشكل 1. إمدادات المياه في أبوظبي حسب المصدر.



المصدر: هيئة البيئة – أبوظبي 2019.

غير تقليدي، حيث أن معظم مدنها لا تزال تعتمد اعتماداً كبيراً على المياه المحلاة (غفور 2013). وتُعد المملكة العربية السعودية والكويت والإمارات العربية المتحدة أكبر أسواق دول مجلس التعاون الخليجي لتحلية المياه (سوماريفا وسيامبابو 2001، ورزق والشرحان 2003).

ويوضح مراد (2010) أن توافر المياه الجوفية يرتبط ارتباطاً سلبياً بالنمو السكاني، ويرتبط إنتاج تحلية المياه ارتباطاً إيجابياً بالنمو السكاني (مراد 2010، 187). وبعبارة أخرى، تنخفض المياه الجوفية مع نمو السكان وتزداد تحلية المياه حسب الطلب. ولذلك ستستمر المياه الجوفية في الانخفاض مع ارتفاع عدد السكان إذا لم تُطبّق سياسات لإدارة الموارد على نحوٍ مستدام.

ترتفع مستويات استهلاك المياه رغم ندرتها. وكُرِّست الجهود منذ عام 1973 لزيادة الأنشطة الزراعية في أبوظبي بهدف توفير المرافق والعلف للحيوانات

العربية المتحدة دولة تندر فيها المياه ويجب عليها إدارة مواردها المائية بعناية وبصورة مستدامة.

إجمالي إمدادات المياه في إمارة أبوظبي = 3,338 ملم<sup>3</sup> (مليون متر مكعب) في السنة (هيئة البيئة – أبوظبي 2019).

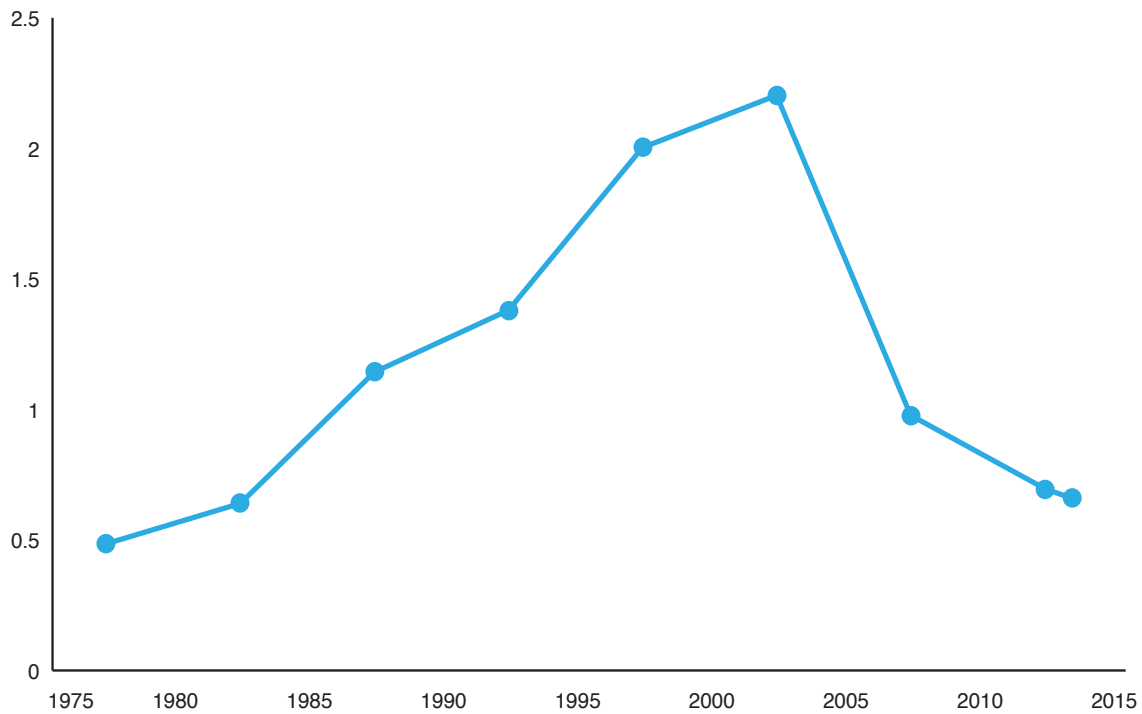
يزداد تحدي استهلاك المياه الجوفية سوءاً بسبب ندرة هطول الأمطار أو الإفراط في ضخ المياه، مما يؤدي إلى استنفادها والتأثير على جودتها وتدهورها بمرور الوقت (مراد 2010). ويؤدي انخفاض مستويات المياه الجوفية وزيادة الملوحة والتلوث إلى إجبار المزارعين على الحد من استخراج المياه الجوفية وزيادة الطلب على مياه الصرف الصحي المحلاة والمعالجة، فيواجه العجز في المياه الجوفية بمياه البحر المحلاة والمياه المالحة. ولم تُعد دول مجلس التعاون الخليجي تعتبر تحلية المياه مورد



وكما يوضح الشكل (3)، فقد بلغت مساهمة القطاع الزراعي في الناتج المحلي الإجمالي لدولة الإمارات ذروتها بين عامي 2000 و2005. ونتيجةً لذلك التوسع الزراعي انخفض استهلاك المياه الجوفية المستخدمة لري المحاصيل انخفاضًا كبيرًا، لا سيما خلال هذه السنوات. واستُخدمت المياه الجوفية في قطاع الزراعة والحراثة والحدائق العامة. إذ شكّلت الزراعة وحدها ما بين 70% إلى 80% من إجمالي كميات المياه المسحوبة (الشكل 3).

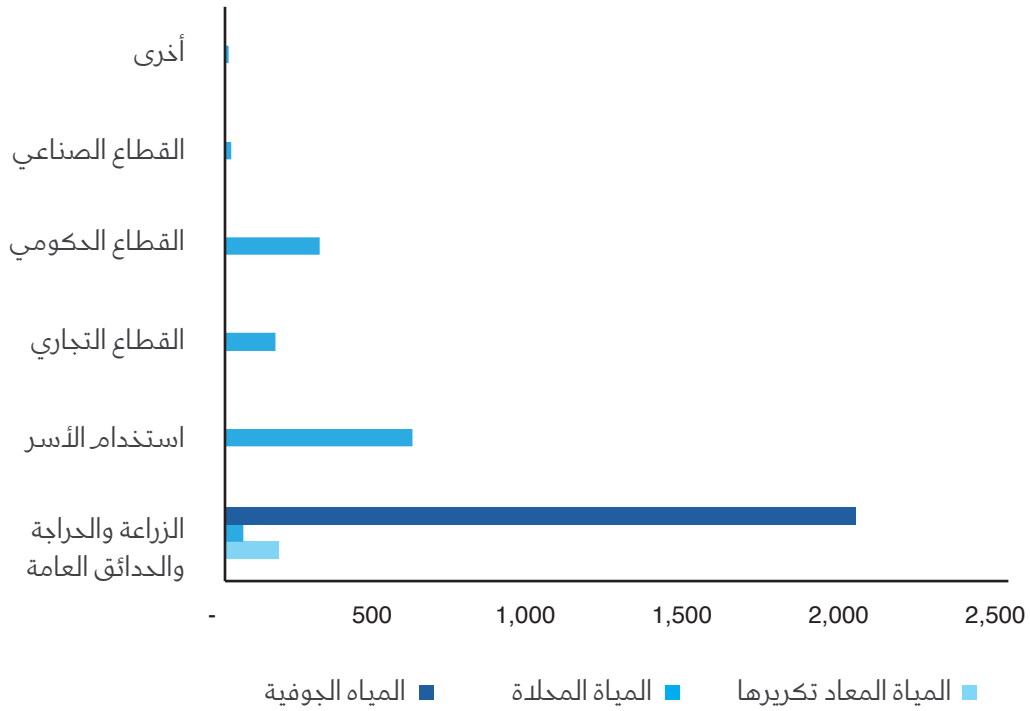
(وود وويلينز وويلينز 1975). ويوضح الشكل (2) مساهمة قطاع الزراعة في الإمارات في الناتج المحلي الإجمالي، ففي المدة من عام 1975 إلى عام 2015 سجل عدد سكانها نموًا بلغ 14 ضعفًا من 197,000 إلى 2,785,000 نسمة على التوالي (مركز الإحصاء - أبوظبي 2017). وخلال المدة ذاتها، أسفرت سياسات تخضير الصحراء في الإمارات العربية المتحدة عن توسيع قطاع الزراعة والغابات المزروعة والنباتات الكثيرة في المسطحات الخضراء. وزادت المساحة المستخدمة للزراعة من 22.377 كم مربع في عام 1971 إلى 749.868 كم مربع في عام 2016 (هيئة البيئة - أبوظبي 2017)، كما هو موضح في الشكل (3) أدناه.

**الشكل 2.** مساهمة القطاع الزراعي في الإمارات العربية المتحدة في الناتج المحلي الإجمالي (النسبة المئوية من الناتج المحلي الإجمالي).



المصدر: أكواستات (2018)

الشكل 3. استخدام المياه في أبوظبي.



المصدر: هيئة البيئة – أبوظبي 2017.

تقدم الحكومة خدمات لأصحاب المزارع، بما في ذلك تقديم إعانات لحفر الآبار والطاقة، وتقديم دفعة شهرية للمستفيدين المستحقين، وتقديم قروض مخصصة بدون فوائد وإتاحة فرصة لبيع محاصيلهم بأسعار مضمونة، وأدت اختلالات السوق الناتجة عن ذلك وعدم وجود آلية لتسعير المياه الجوفية إلى: عدم كفاءة الري، ومجموعات المحاصيل التي تستهلك قدرًا كبيرًا من المياه، وقلة الاستثمار في التقنيات.

فضلاً عن ذلك، فإن سعر المياه في أبوظبي لا يُبرز قيمتها الاقتصادية وتدعم الحكومة أسعار المياه المحلاة، ولا تفرض رسوماً على استخدام الإماراتيين للمياه الجوفية. ويحصل مُلاك الآبار على جميع الفوائد الناتجة من استخدام المياه الجوفية ولكنهم يدفعون فقط جزءاً من التكاليف، خاصةً التكلفة الرأسمالية لإنشاء البئر والتكلفة التشغيلية لضخ المياه وتزايد التكاليف التشغيلية لضخ

يوضح الجدول (2) احتياجات أبوظبي من مياه الري التي تُقدَّر بنحو 1470 مليون متر مكعب في عام 2014 و1574 في عام 2015. وسيوجه ذلك ميزانية المياه المفترضة في النموذج.

جرى التشجيع على ممارسة الأنشطة الزراعية في أبوظبي منذ السبعينيات وتوسعت على نحو كبير، إذ بلغ إجمالي المزارع في الوقت الحالي 24,394 مزرعة، وتزرع في المقام الأول أشجار النخيل والأعلاف ومحاصيل الخضروات (وفقاً لهيئة أبوظبي للرقابة الغذائية عام 2011)، وعلى الرغم من الجهود المبذولة لدعم القطاع الزراعي من خلال إقامة مراكز مخصصة لتحسين الإنتاج المحلي وزيادة حصة السوق من المنتجات المحلية، إلا أن الإمدادات الغذائية الدولية تهيمن على السوق المحلية، حيث يستورد 87% من إجمالي الأغذية (وفقاً لمبادرة أبوظبي العالمية للبيانات البيئية لعام 2015).

### الجدول 2. الاحتياجات السنوية المقدرة من مياه الري في أبوظبي.

السنة	الاحتياجات من مياه الري مليون متر مكعب سنوياً
2014	1,470
2015	1,574

\* تُشير الأرقام المذكورة أعلاه إلى احتياجات الري المقدرة وليس مياه الري الفعلية المستهلكة

المصدر: هيئة البيئة – أبوظبي.

90% مقارنةً بالزراعة التقليدية، وما بين ثلاثة إلى عشرة أضعاف كمية الإنتاج، أي نصف وقت الإنتاج وتلغي الحاجة إلى مكافحة الحشائش الضارة والآفات (مؤسسة جرين أور بلانت لعام 2019).

يوضح الشكل رقم (4) الاختلافات بين كثافة المياه المستخدمة في الزراعة المائية الدفيئة والزراعة التقليدية في الحقول المفتوحة في الإمارات العربية المتحدة.

تُعد الزراعة المائية الدفيئة بالحد من الاستخدام الكلي للمياه في ري المحاصيل، ومع ذلك، يوضح الشكل رقم (4) أن التقنية لا تُقلل دائماً من كثافة الماء، فقد ساعدت في تقليل كمية المياه اللازمة لزراعة الفاصوليا من 517 م<sup>3</sup> للطن إلى 324 م<sup>3</sup> للطن، وقللت على نحو كبير من كمية المياه اللازمة لزراعة الخيار من 736 م<sup>3</sup> إلى 37 م<sup>3</sup> فقط للطن، ومع ذلك، تُظهر نتائج الطماطم والفلفل الحلو العكس، حيث ازدادت كثافة المياه اللازمة لزراعة الطماطم باستخدام التقنية من 150 م<sup>3</sup> إلى 202 م<sup>3</sup>، والفلفل الحلو من 147 م<sup>3</sup> إلى 307 م<sup>3</sup>.

تُشير دراسة أجريت على الزراعة المائية في الإمارات العربية المتحدة (وفقاً لدراسة هيريش وشكر الله لعام 2017) إلى أن المياه المستخدمة لزراعة المحاصيل، بما في ذلك الطماطم والفلفل الحلو، موجهة في الغالب نحو التبريد أكثر من الري، فعلى الرغم من أن الزراعة الدفيئة تؤدي

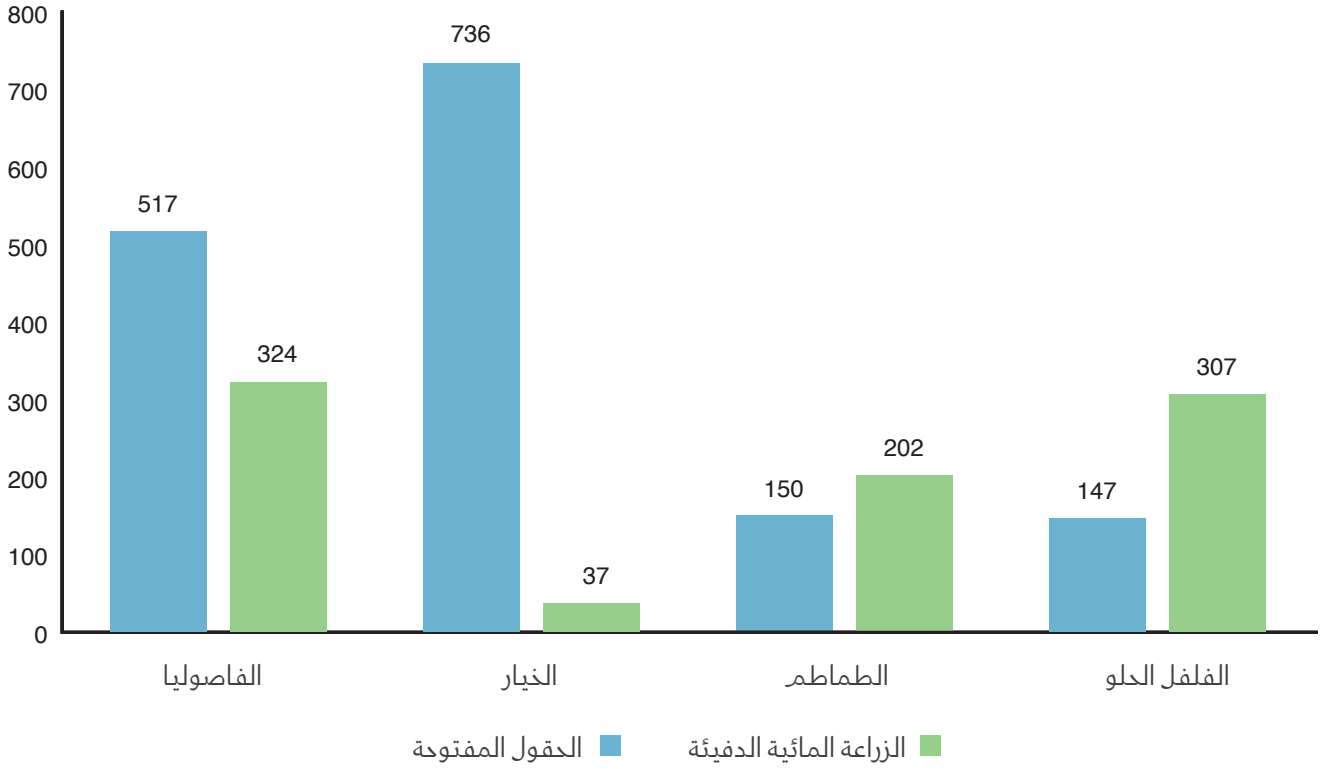
المياه مع انخفاض منسوب المياه، ونتيجة لذلك، تُعد تكاليف استخدام مُلاك الآبار لآبار المياه الجوفية منخفضة جداً مما يؤدي إلى عدم كفاءة استخدامها.

علوّة على ذلك، يوفر قطاع الزراعة قيمة مضافة منخفضة للاقتصاد المحلي وقليل من فرص العمل، ويتمثل التحدي في تطوير القطاع بطريقة تحقق الهدف الطموح لدولة الإمارات العربية المتحدة المتمثل في زيادة حصة السوق المحلية من إنتاجها المحلي إلى 40% (وفقاً لمركز الأمن الغذائي – أبوظبي لعام 2018)، وسيطلب ذلك حلولاً سياسية مبتكرة لإدارة الموارد المائية المستخدمة في الزراعة والمستغلة استغلالاً مُفرطاً، وتُعد دولة الإمارات العربية المتحدة دولة راعية للأمن الغذائي إذ تحتل المرتبة 33 من أصل 113 دولة على مؤشر الأمن الغذائي العالمي (وفقاً لوحدة المعلومات التابعة لمجلة الإيكونوميست الاقتصادية لعام 2017) الذي يراعي توافر الغذاء والقدرة على تحمل تكاليفه وجودته وسلامته.

### الزراعة المائية الدفيئة

الزراعة المائية الدفيئة هي التقنية المستخدمة لزراعة النباتات في المياه الغنية بالمغذيات المعدنية دون استخدام التربة وتوفر التقنية فرصاً لتوفير المياه بناءً على المحصول. وتؤدي الزراعة المائية في بعض الحالات إلى استخدام المياه على نحو أكثر كفاءة بنسبة تصل إلى

الشكل 4. كثافة المياه لإنتاج المحاصيل (م<sup>3</sup> للطن).



المصدر: هيئة البيئة - أبو ظبي.

الأصح والأقل تعرُّضًا للإصابة بالأمراض التي تحتوي على عددٍ أقل من الحشرات، فاستخدام الأسمدة الخاضعة للرقابة والبيئة الخاضعة للرقابة ساهم في تحسين العناصر الغذائية، وأظهر استخدام التربة، من ناحية أخرى، العديد من قيود الإنتاج.

ساعدت الزراعة المائية على توفير كميات كبيرة من المياه عند الاستعانة بها لري بعض المحاصيل ويمكن استخدامها في أبوظبي لإنتاج الخيار والفاصوليا بكفاءة، ونظرًا للتحديات التي تواجهها إدارة الموارد المائية في أبوظبي، يتعين خفض استخدام المياه في القطاع الزراعي إلى مستويات مستدامة من خلال تحسين إنتاجية المياه وزيادة كفاءة استخدامها. يقدم البند التالي نموذجًا يهدف إلى القيام بذلك.

إلى زيادة إنتاج غلة المحاصيل وإنتاجية مياه الري ونوعية المحاصيل، استنتجت الدراسة أن الحاجة إلى التبريد الزائد بسبب البيئة الصحراوية في الإمارات العربية المتحدة، وخاصةً خلال أشهر الصيف، جعلت الزراعة المائية غير مستدامة للاستخدام الزراعي في الإمارات العربية المتحدة.

على الرغم من أن الزراعة المائية تستخدم كميات أكبر من المياه مقارنةً بالزراعة التقليدية، إلا أن الأولى تمنح فوائد لا يُحصل عليها عادةً من خلال وضع نماذج لتقليل المياه إلى الحد الأدنى، كما أُجريت تجربة في المكسيك في عام 2018 (وفقًا لهورتي دايلي 2018)، تقارن بين إنتاج الطماطم والفلفل الحلو المزروع في الحقول المفتوحة والدفيئات المائية. وقد أنتجت الزراعة المائية الدفيئة المزيد من المحاصيل ذات الجودة العالية، بما في ذلك النباتات

يعرض هذا القسم البيانات المستخدمة لتطوير النموذج إلى جانب النموذج نفسه. ويهدف النموذج إلى تحديد مجموعة المحاصيل المثلى لميزانية استهلاك المياه المعينة في أبوظبي سنوياً، فضلاً عن أنه يبحث عن مزيج أقل تكلفة من المحاصيل التي لا تتجاوز تكلفتها حدود ميزانية المياه في حين تُلبى الطلب المُحدّد. ويستخدم عوامل رئيسية مثل معرفة كثافة المياه للمحاصيل لتحديد الكميات التي يمكن إنتاجها في إطار ميزانية المياه.

## البرمجة الخطية

يُطوّر النموذج باستخدام نظام عام للنمذجة الجبرية 2019، وهو نظام نمذجة رفيع المستوى للبرمجة وتحقيق الاستمثال الرياضي ويتكون من برنامج ترجمة وبرنامج عالي الأداء لحل المشكلات، فضلاً عن أنه مُصمّم خصيصاً لتطبيقات النمذجة المعقدة واسعة النطاق لنمذجة مشكلات تحسين الأعداد الصحيحة الخطية وغير الخطية والمختلطة.

يُعد النموذج برنامجاً خطياً عبارة عن طريقة تحسين لتحديد أفضل النتائج التي يمكن الحصول عليها من مجموعة معينة من المعلمات مثل تعظيم الربح أو تخفيض التكلفة إلى أدنى حد. فضلاً عن أنه تقنية رياضية لتحسين دالة الهدف الخطية ونموذجاً لتحليل القرارات المثلى مع مراعاة قيود معينة في شكل علاقات خطية. وتستخدم البرامج الخطية في مجالات مختلفة ولكنها تستخدم على نطاقٍ أوسع في مجالات الطاقة والنقل والاتصالات السلكية واللاسلكية والتصنيع كما تشمل المكونات الأساسية للبرنامج الخطي دالة الهدف ومتغيرات القرار وقيود وبيانات ويُعد البرنامج الخطي من أبسط الطرق لإجراء التحسين.

يستفيد هذا النموذج من نموذج سابق لتحسين المياه طُور للقطاع الزراعي بالمملكة العربية السعودية (نابولي، وايز، ووغان وياسين 2018؛ نابولي 2016) كما أجرينا تعديلاً على البرنامج الخطي ذي الصلة بهذا النموذج لأجل هذا البحث.

يُعد نموذج مشكلة التكامل المختلطة طريقة بديلة للبرنامج الخطي التي تشمل علاقات التكامل. ويُعد النموذج المُطور في هذا البحث عبارة عن برنامج خطي مستقل بذاته ولكن أُنشئ بحيث يمكن تحويله إلى نموذج مشكلة التكامل المختلطة ودمجه في النموذج «الأم» الأوسع نطاقاً المعروف بنموذج الطاقة بمركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك) لدول مجلس التعاون الخليجي. ويُعد نموذج كابسارك للطاقة في دول مجلس التعاون الخليجي نموذجاً للتوازن الجزئي يركز على دول مجلس التعاون الخليجي (ووغان ومرفي وببيرو 2019) ويغطي ثلاثة قطاعات صناعية رئيسية هي: النفط والغاز والطاقة والمياه كما يتبع نموذج كابسارك للطاقة في دول مجلس التعاون الخليجي نموذج كابسارك للطاقة الأصلي المُطوّر للمملكة العربية السعودية الذي يُعرّف بنموذج كابسارك للطاقة في المملكة العربية السعودية (مرفي وببيرو 2016؛ مطر ومرفي وببيرو 2017).

## شرح البيانات

يبحث هذا النموذج عن مزيج أقل تكلفة من المحاصيل التي تمكن الإمارة من عدم تجاوز حدود ميزانيتها المائية مع تلبية الطلب دون الإضرار بالأمن الغذائي أو إيرادات المزارعين الإجمالية وتتوفر البيانات ذات الصلة بهذه المكونات بسهولة على مستوى الإمارة كما توفر رؤى كافية بشأن تأثير مزيج إنتاج المحاصيل المختلفة مقابل استهلاك المياه.

توفر هيئة البيئة-أبوظبي البيانات المستخدمة في النموذج وتتضمن ما يلي:

- المحاصيل المنتجة (30 محصول)
- أنواع المحاصيل (ثلاثة أنواع)
- تكاليف الإنتاج لكل محصول (درهم إماراتي لكل طن)

تُحسب معادلة ميزان الواردات تكلفة استيراد المحاصيل حيث يُمثل إجمالي استيراد كل محصول مُنتج  $AGCimportTotal$  التكلفة الإجمالية للإنتاج وتُمثل  $AGm_i$  كمية الواردات حسب كل محصول مُنتج (i)، وتُشير  $AGCimport_i$  إلى تكلفة استيراد المحصول (i):

المعادلة (2). ميزان الواردات

$$\sum_i \{AGm_i * AGCimport_i\} - AGCimportTotal \geq 0$$

تُحسب معادلة توازن الإنتاج التكلفة الإجمالية للإنتاج المحاصيل ( $AGCproductionTotal$ )، حيث تُعبر  $AGC_i$  عن تكلفة إنتاج المحصول i وتُشير  $AGq_i$  إلى كمية المحصول i المُنتج:

المعادلة (3). توازن الإنتاج

$$\sum_i \{AGq_i * AGC_i\} - AGCproductionTotal \geq 0$$

يشتري مشترٍ واحد المنتجات الزراعية ثم تُباع للمستهلكين النهائيين بأسعار مدعومة. وتُعد الإيرادات التي يحصل عليها المنتجون ( $AGrevenue$ ) دالة لكمية المحصول ( $AGq_i$ ) (i) المُنتج والسعر الذي يدفعه مشترٍ واحد مقابل المحصول ( $AGp_i$ ) (i):

المعادلة (4). ميزان الإيرادات

$$\sum_i \{(AGq_i + AGm_i) * AGp_i\} - AGrevenue \geq 0$$

تُحسب معادلة توازن المياه إجمالي المياه التي تستهلكها جميع المحاصيل المُنتجة حيث يُعبر  $AGWtotal$  عن إجمالي المياه التي تستهلكها جميع المحاصيل المُنتجة ويُعبر  $AGq_i$  عن كمية المحصول (i) المُنتج و  $AGw_i$  كمية المياه التي يستهلكها كل محصول (i) ويرد استهلاك المياه كما يلي:

• تكلفة المحاصيل المستوردة (درهم إماراتي لكل طن)

• الأسعار التي يدفعها المشتري الواحد لكل محصول (درهم إماراتي لكل طن)

• الطلب على المحاصيل (الإنتاج الأولي بالطن)

• كثافة مياه المحصول (م3 لكل طن)

• ميزانية المياه المطلوبة (مليون متر مكعب في السنة)

• إنتاج المحاصيل (بالطن) (للسنة الواحدة)

يرجى الرجوع إلى الملحق أ للاطلاع على مزيد من التفاصيل.

## الوصف الفني لهيكل النموذج

يتضمن هذا القسم بياناً مفصلاً للوصف الفني لهيكل النموذج الذي يعرض المعادلات والبيانات المستخدمة ويُحللها.

تُعد دالة الهدف المعادلة الأساسية في تصميم النموذج. وأُعدت لتقليل التكلفة الإجمالية إلى أدنى حد لإنتاج المحاصيل واستهلاك المياه واستيراد المحاصيل وزيادة صافي الإيرادات من بيع المنتجات إلى أقصى حد:

المعادلة (1). دالة الهدف

$$obj.. \min Obj \sum_i \{AGcp_i * (AGq_i + AGm_i)\} - \sum_i \{(AGCimport_i * AGm_i) + AGc_i * AGq_i\}$$

حيث تُشير (i) إلى كل محصول مُنتج و ( $AGC$ ) إلى سعر المحاصيل للمستهلكين و ( $AGQ$ ) إلى كمية المحاصيل المُنتجة، و ( $AGM$ ) إلى كمية المحاصيل المستوردة و ( $AGCImport$ ) هو سعر المحاصيل المستوردة.

المعادلة (5). توازن المياه

*water balance..*

$$\sum_i \{AGq_i * AGw_i\} - AGWtotal \geq 0$$

تمثل الطلب بطريقة أكثر قوة من دراسة المملكة العربية السعودية المذكورة أعلاه عن المياه والزراعة (نابولي وآخريين، 2016). إذ أخذت الدراسة السعودية بعين الاعتبار الطلب الكلي الذي يمكن تلبيةه بأي مجموعة من المحاصيل، وتتطلب هذه الطريقة وضع حدود على الدرجة التي يمكن أن يتغير بها إنتاج المحاصيل لمنع الحلول الساخنة مثل إنتاج محصول واحد فقط أو عدم إنتاج محاصيل على الإطلاق. ولم ينظر هذا النهج إلا إلى إجمالي الحمولة الطننية والإيرادات دون ضمان مزيج متوازن من الإنتاج على نحو معقول.

ويقدم النهج المعدل المستخدم في الإمارات العربية المتحدة انعكاساً أكثر دقة للواقع حيث يُلبي الطلب على جميع المحاصيل ويمكن أن تتغير مجموعة المحاصيل وفقاً لميزانية المياه، فنفترض طلباً من مصدر خارجي على المنتجات.

تُحسب معادلة توازن الطلب بافتراض أن إمداد نوع المحصول (AGt<sub>j</sub>) (j) يساوي الطلب على نوع المحصول (AGd<sub>j</sub>).

المعادلة (8). توازن الطلب

*demand balance..*

$$AGt_j - AGd_j \geq 0$$

يوضح الشكل 5 إنتاج المحاصيل بالطن في أبوظبي آخذون في الاعتبار 30 محصولاً (يُرجى الرجوع إلى الملحق أ للاطلاع على البيانات كاملة). ومن حيث الكمية، يتبين أن المحاصيل الزراعية حققت أقصى قدر من الإنتاج فحشية الرودس والبرسيم أكثر المحاصيل إنتاجاً يليهما التمور.

للاطلاع على تفاصيل أكثر يرجى الرجوع إلى الملحق أ.

يمكن تقييد استهلاك المياه عن طريق وضع عوامل خارجية (AGWtotal) في ميزانية المياه المطلوبة (-AGW bud)، لاحظ أن ميزانية المياه ستقيّد المستوى الإجمالي المحتمل للإنتاج ويُقصد بكثافة المياه (AGw<sub>i</sub>) كمية المياه المستهلكة لإنتاج طن من المحصول (i) ويمكن دراسة المعلمة السياسية الأساسية المتمثلة في ميزانية المياه لتوضيح كيفية اختلاف المزيج الأمثل لإنتاج المحاصيل حسب الميزانية.

تُحسب ميزانية المياه بافتراض أن إجمالي استهلاك جميع المحاصيل المنتجة للمياه (AGWtotal) أقل من ميزانية المياه أو يساويها (AGWbud):

المعادلة (6). ميزانية المياه

*water budget..*

$$AGWtotal \leq AGWbud$$

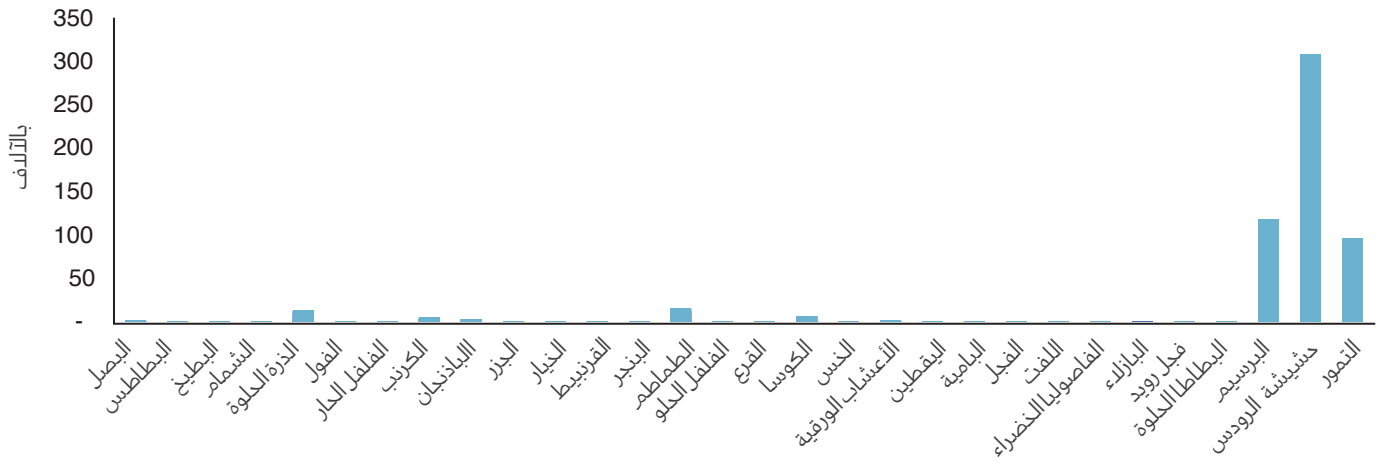
تجمع معادلة توازن الإمداد، إمداد نوع المحصول (AGt<sub>j</sub>) حيث يُقصد بـ (AGq<sub>i</sub>) كمية المحصول (i) المنتج وAGm<sub>i</sub> هي كمية الواردات من المحصول (i). ويمكن أن يلبي الإنتاج المحلي أو الواردات، أيهما أقل تكلفة وهذا يضمن أن الإنتاج (أو الواردات) غير سلبي ولكنه يسمح بوجود فترة ركود كافية لمجموعات المحاصيل المتعددة:

المعادلة (7). توازن الإمداد

*supply balance..*

$$\sum_{i,j} \{AGq_i + AGm_i\} - AGt_j \geq 0$$

الشكل 5. إنتاج المحاصيل (بالأطنان) في أبوظبي.



المصدر: هيئة البيئة – أبو ظبي.

الجدول 3. الإنتاج الأولي للمحاصيل حسب النوع (بالأطنان) في أبوظبي.

نوع المحصول	الإنتاج الأولي (بالأطنان)
الفاكهة	117,302
الخضروات	30,018
المحاصيل الزراعية	426,402
الإجمالي	573,722

المصدر: هيئة البيئة – أبو ظبي.

المحاصيل لكل م<sup>3</sup>. حيثُ حصدت التمور التي تستهلك أعلى كثافة للمياه لكل محصول (الشكل 6) وتُعد ثالث أكثر المحاصيل إنتاجاً في أبوظبي (الشكل 5) أعلى إجمالي استهلاك للمياه بحوالي 300 مليون م<sup>3</sup>. في حين لا تستهلك حمشيشتي الورد والبرسيم الكثير من المياه ولكنهما تنتجان بكميات كبيرة. وبُناءً عليه، حظرت المملكة العربية السعودية إنتاج جميع محاصيل الأعلاف في عام 2019 نظراً لأنها تحتاج إلى كميات كبيرة من المياه. ولا تبدو البازلاء التي تستهلك المياه أكثر من المحاصيل الزراعية، كثيفة الاستهلاك للمياه من حيث إجمالي استهلاك المياه نظراً لانخفاض إنتاجها الإجمالي البالغ طن واحد فقط. وفي الواقع، تظهر البازلاء الأقل كثافة في المياه إجمالاً حيث تستهلك 2000 م<sup>3</sup> فقط.

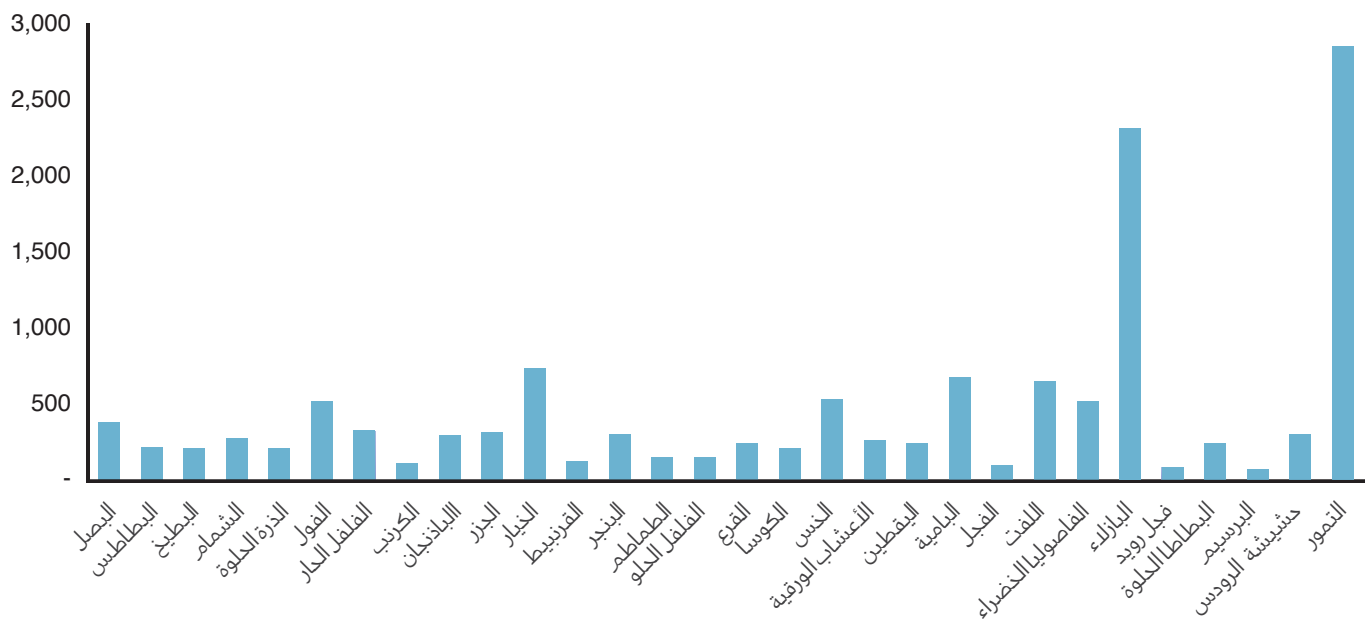
يبين الشكل 5 المحاصيل الأولية المنتجة ويبين الجدول 3 الإنتاج الأولي المُجمَع حسب النوع ويبلغ مجموع الإنتاج الأولي لجميع المحاصيل 573,722 طناً وكما نرى فإن إنتاج الفاكهة يتجاوز إنتاج الخضروات بمقدار أربعة أضعاف وما يقرب من أربعة أمثال إنتاج المحاصيل الزراعية من الفاكهة. وتشكل المحاصيل الزراعية والتمور معاً نحو 90% من إنتاج المحاصيل.

يوضح الشكل 6 مستوى كثافة المياه لكل محصول وكما نرى تحتاج النخيل إلى أعلى كثافة حيث تبلغ حوالي 3000 م<sup>3</sup>/طن البازلاء التي تحتاج نحو 2500 م<sup>3</sup>/طن.

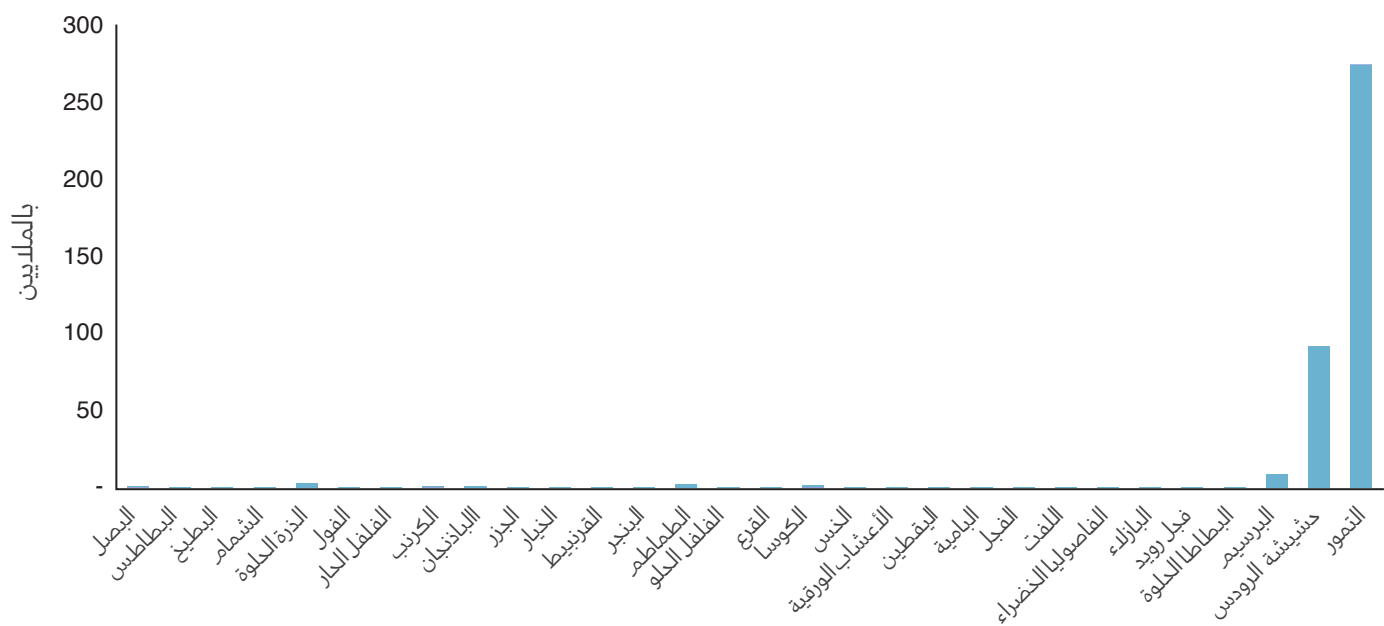
يعرض الشكل 7 إجمالي حجم المياه التي تستخدمها



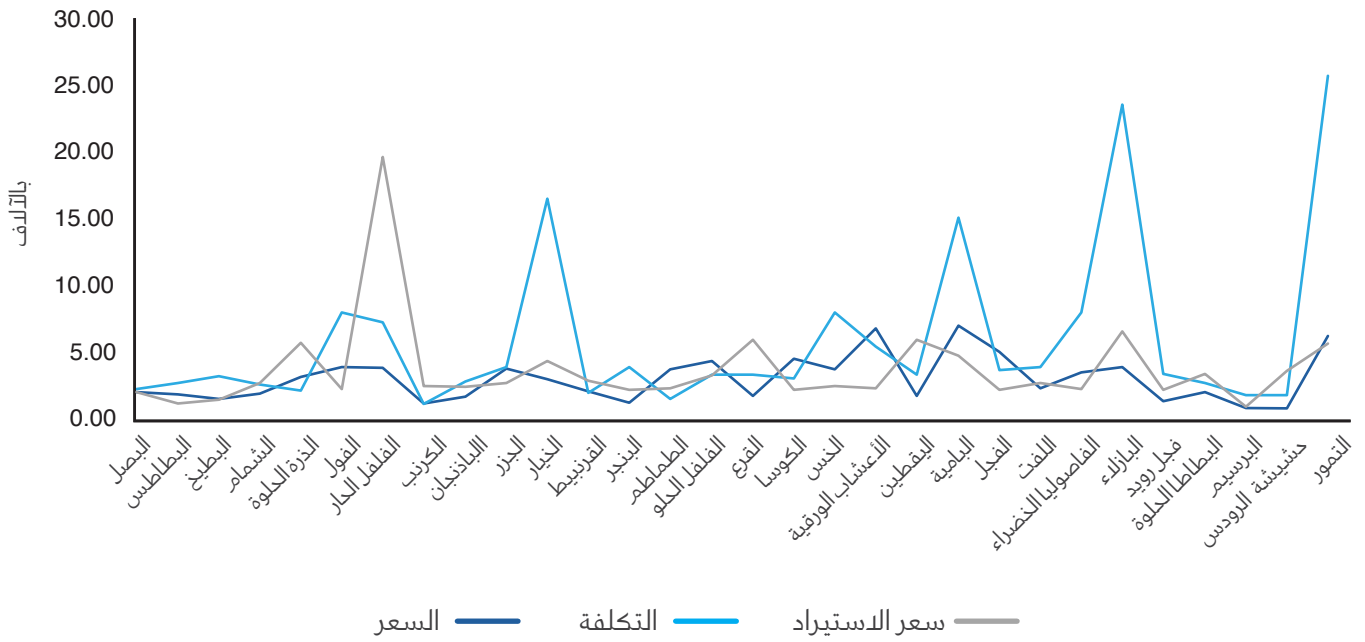
الشكل 6. كثافة المياه للمحاصيل في أبوظبي (م<sup>3</sup>/طن).



الشكل 7. إجمالي استهلاك المياه حسب المحصول في أبوظبي (م<sup>3</sup>).



الشكل 8. تكلفة إنتاج المحاصيل في أبوظبي (درهم إماراتي لكل طن).



سيناريو خط الأساس 1500 مليون متر مكعب بينما تُفترض سيناريوهات أخرى ميزانيات مائة أكثر تقييداً، تبلغ 1000 مليون متر مكعب و50 مليون متر مكعب، وقد درجت أسعار المياه في تكاليف الإنتاج ويُفترض النموذج استيفاء الطلبات عن طريق الإنتاج والاستيراد ولا يفترض تصدير المحاصيل.

توجد قيود متأصلة تحول دون اعتماد أساليب البحث الكمي (تشيتي 2016). وتشمل هذه القيود تمثيل السكان المستهدفين على نحو غير سليم ونقص الموارد اللازمة لجمع البيانات وعدم القدرة على السيطرة على البيئة والنتائج المحدودة للأبحاث الكمية ونفقاتها والفترة الزمنية التي تستغرقها فضلاً عن صعوبة تحليل البيانات.

علاوة على ذلك، تتناول البرمجة الخطية، كما يُشير الاسم، المشكلات الخطية التي تُعد محدودة لأن جميع مشكلات العالم الحقيقية غير خطية، ويُعد تعريف دالة الهدف من فهم المشكلات ونطاقها، كما قد يكون تحديد مجموعة من القيود بصورة مباشرة غير قابل للتوضيح في المتباينات الخطية، والأهم من ذلك أن

يوضح الشكل 8 التكلفة الإجمالية لإنتاج المحاصيل، حيثُ يقارن بين أسعار المحاصيل التي يدفعها المشتري الواحد وتكلفة إنتاج المحاصيل وأسعار استيراد المحاصيل.

يتضح أن التمور أعلى المحاصيل المنتجة في أبوظبي، حيثُ تتجاوز تكلفة إنتاجها تكلفة استيرادها بمقدار الخمس وتُباع بخسارة محلياً. وتُعد البازلاء ثاني أعلى محصول يُنتج ويعزى ذلك في الغالب إلى كثافة المياه. وفي المرتبة الثالثة الخيار والبامية، ومن الناحية الأخرى يُعد الفلفل الحار أعلى محصول يمكن استيراده حيث تقل تكلفة إنتاجه بصورة كبيرة عن تكلفة استيراده لذا فمن المرجح أن يكون إنتاجه محلياً أكثر اقتصاداً، وعلى نحو مماثل، فإن تكلفة استيراد الذرة الحلوة والخيار والقرع واليقطين أعلى من تكلفة إنتاجها لذا فمن الأرخص إنتاجها محلياً.

## الافتراضات والقيود

يفترض النموذج عدم وجود أي تكاليف نقل. وعند تطبيق ميزانية الماء، تبلغ الميزانية المائبة المُفترضة في

على العلاقات الخطية والقيود المتأصلة في الأساليب الكمية، كما ذكر سابقاً.

### النتائج

في هذا القسم، نلقي نظرة على نتائج النموذج باستخدام سيناريوهات مختلفة ويوضح الجدول "4" السيناريوهات المطروحة.

ولإعداد السيناريوهات، قدّمنا اثنين من المعوقات الرئيسية، وهي: الواردات والميزانية المائبة التي تبلغ 1.500 مليون متر مكعب (متطلبات مياه الري في أبوظبي-الجدول "2")، كما قدمنا ميزانيات مائبة أكثر تقييداً تبلغ 1000 مليون متر مكعب و50 مليون متر مكعب لإطالة عمر مصادر المياه الجوفية.

يُسلط السيناريو (0) في الجدول "4" الضوء على الحالة المرجعية (الأعمال المعتادة) قبل أي تغييرات تطرأ على السياسة، إذ يُسمح بالاستيراد ولا يُطبّق أي قيد على الميزانية المائبة بموجب هذا السيناريو. وفي السيناريو الثاني، لا يُسمح بالاستيراد ونفرض ميزانية مائبة تبلغ 1500 مليون متر مكعب. وأما السيناريو الثالث، فلا يُسمح بالاستيراد ونفرض ميزانية مائبة محدودة تبلغ 1000 مليون متر مكعب. والسيناريو الرابع، نسمح فيه بالواردات ولكننا نحتفظ بميزانية مائبة محدودة تبلغ 1000 مليون متر مكعب أما في الحقيقة 1، فقد خفضنا إنتاج المحاصيل الزراعية بمقدار النصف وطبقنا ميزانية مائبة محدودة للغاية تبلغ 50 مليون متر مكعب وسمحنا بالواردات. هذا وتوضح النتائج مجموعة المحاصيل المختلفة وفقاً لقيود مختلفة. (الشكل 14-9).

يوضح الشكل "9" السيناريو (0) الذي يسمح بالواردات دون أي قيود على الميزانية المائبة. وتوضح النتائج مجموعة هائلة من المحاصيل على رأسها البرسيم الحجازي وحشيشة الرودس الذين اللتان أكثر المحاصيل الزراعية إنتاجاً فضلاً عن الطماطم التي تُعد أكثر محاصيل الخضروات إنتاجاً.

البرمجة الخطية تستند إلى العديد من الافتراضات التي لا تعبر عن العالم الحقيقي فعلى سبيل المثال، تفترض هذه البرمجة علاقة خطية بين المدخلات والمخرجات والمنافسة الكاملة والعائدات الثابتة (بدلاً من تقليلها أو زيادتها).

ويُعدّ نقص البيانات إحدى الصعوبات الرئيسية في جمع البيانات لهذا النموذج لا سيما في قطاعي المياه والزراعة، حيث لم تُحفظ البيانات المتعلقة بهما كما هو معتاد ولم يُقاس استخدام المياه في أغراض الزراعة لسنوات عديدة. وتمكنت هيئة البيئة في أبوظبي من توفير البيانات المطلوبة وإن كان عن طريق الافتراضات. على سبيل المثال، يشير الافتراض المتأصل في هيئة البيئة في أبوظبي إلى تماثل تكلفة إنتاج المحاصيل فيما يتعلق بجميع أنواعها وهو أمر لا يعبر عن الواقع ويؤثر على نتائج النموذج.

وفي نهاية المطاف، يتعامل النموذج مع جميع المحاصيل في إطارٍ من المساواة ولا يميز بينها إلا حسب التكلفة والكثافة المائبة. ومع ذلك، فإن جميع المحاصيل ليست متكافئة. فالتمور على سبيل المثال التي تُعد ثالث أكثر المحاصيل إنتاجاً في أبوظبي وأعلىها كثافة في استهلاك المياه لا تكافئ قيمتها -بالضرورة- قيمة المحاصيل الأخرى. وتُعدّ الأسعار الحرارية والأهمية الثقافية لبعض المحاصيل من بين العوامل الأخرى التي لا تؤخذ في الاعتبار.

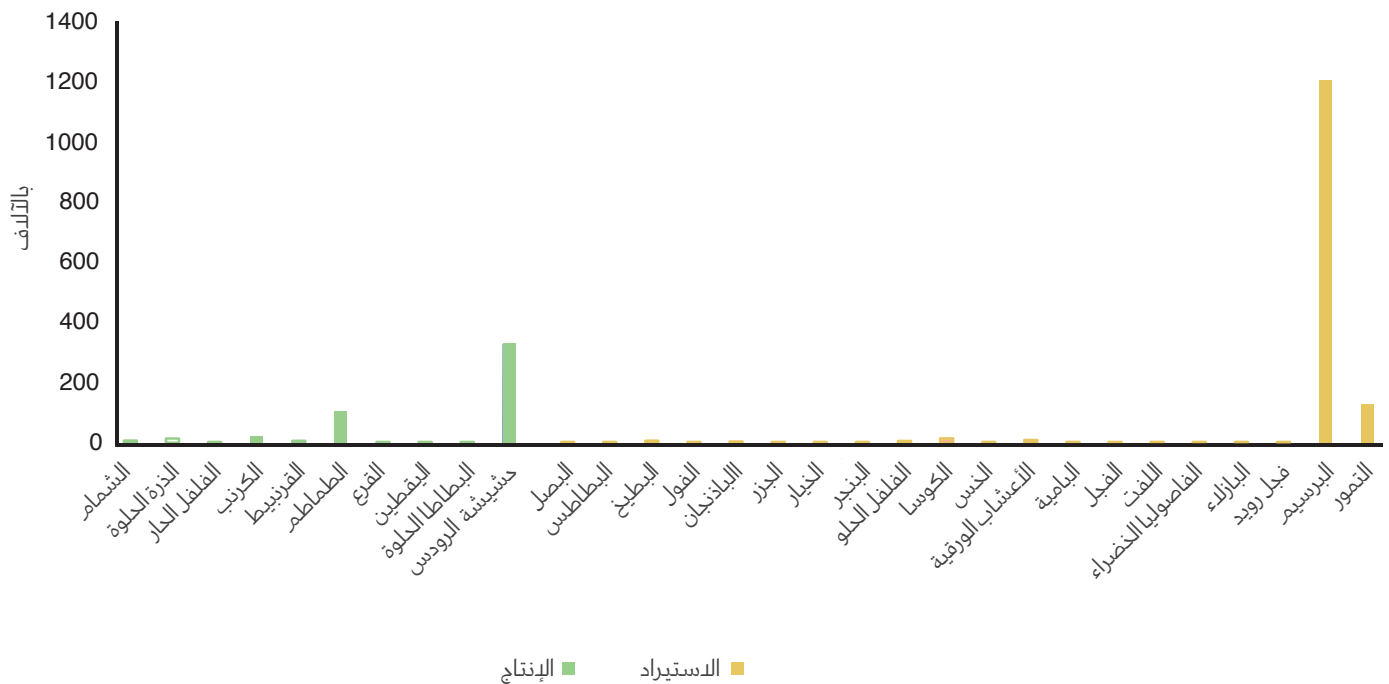
ويمكن استخدام عوامل أخرى لتحديد الإنتاج مثل الأسعار الحرارية ومساحة الأراضي الزراعية وخصوبة التربة وإنتاجية المحاصيل وإنبات سلالات البذور، وعلى سبيل المثال تناولت الدراسة التي أجراها فريد ولوبيجا عام 2014 إعداد خطط بشأن القدرات الزراعية باستخدام لغة نمذجة الأنظمة (عبد الفتاح 2013) وبحثت دراسة أخرى خصوبة التربة ومدى ملاءمة التوسع الزراعي وإمكانياته لتحسين إنتاج المحاصيل في أبوظبي (شهيد وعبد الفتاح 2008).

سيكون للعوامل المختلفة مجموعات مختلفة من الافتراضات والقيود، خاصةً إذا اقتصرَت البرمجة الخطية

الجدول 4. " السيناريوهات المطروحة.

إجمالي حجم المياه (بالمليون متر مكعب)	الأرباح (مليون درهم إماراتي)	السيناريوهات
122.34	2,712.81	خط الأساس (يسمح بالاستيراد ولا توجد ميزانية مائية)
592.15	-1,004.16	لا يسمح بالاستيراد (توجد ميزانية مائية كبيرة= 1500 مليون متر مكعب)
122.34	2,712.81	يسمح بالاستيراد (توجد ميزانية مائية كبيرة= 1500 مليون متر مكعب)
592.15	-1,004.16	لا يسمح بالاستيراد (توجد ميزانية مائية محدودة= 1000 مليون متر مكعب)
122.34	2,712.81	يسمح بالاستيراد (توجد ميزانية مائية محدودة = 1000 مليون متر مكعب)
50.00	2,295.67	تسمح بالاستيراد (توجد ميزانية مائية محدودة= 50 مليون متر مكعب) تُحدّد زراعة التمور يقتصر إنتاج المحاصيل الزراعية على نسبة 50%

الشكل 9. السيناريو (0) –مجموعة المحاصيل.



يوضح الشكل 14 سيناريو الحقيقة 1 الذي يسمح بالواردات وله ميزانية مائية محدودة للغاية تبلغ 50 مليون متر مكعب وتُخفض إنتاج المحاصيل بنسبة 50%.

يُحقق السيناريو هان الأول والثالث خسائر حسب ما يتضح في الجدول 4 ويقلل سيناريو الحقيقة 1 الميزانية المائية إلى 50 مليون متر مكعب ويقلل إنتاج المحاصيل إلى النصف مما لا يفي بالطلبات على المحاصيل. بينما يقدم السيناريو الرابع الخيار الأكثر قبولاً وجدوى في تخفيض الميزانية المائية إلى 1000 مليون متر مكعب ويحقق الأرباح ويفي بالطلبات.

تبين النتائج كيفية تحسين إنتاج المحاصيل لمواجهة القيود المائية وتلبية طلبات المستهلكين. وقد حدّد النموذج متى يجب الاستيراد (عندما يُسمح بذلك) ومتى يكون الاستيراد أرخص من الإنتاج محلياً. وقد حسّن من إنتاج مجموعة المحاصيل لكي يظل ضمن حدود الميزانية

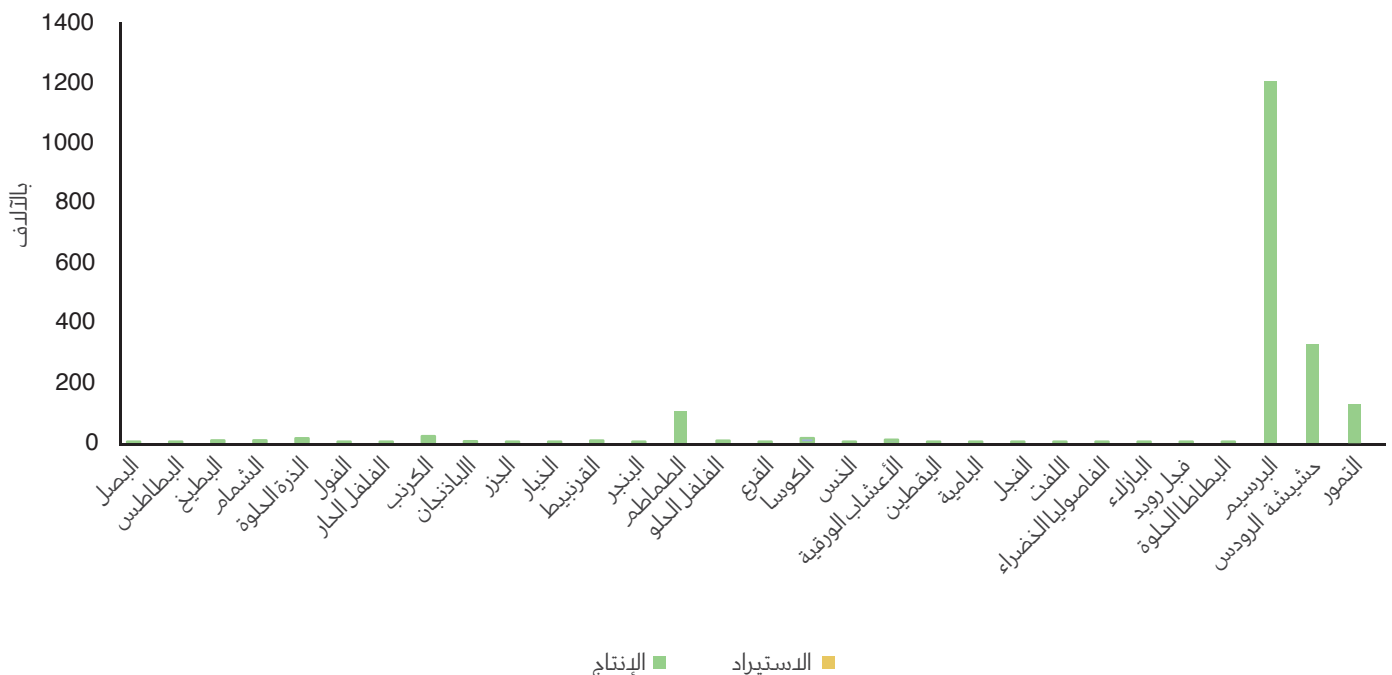
يوضح الشكل 10 السيناريو الأول الذي لا يسمح بالاستيراد وله ميزانية مائية كبيرة تبلغ 1500 مليون متر مكعب كما يوضح النموذج إنتاج جميع المحاصيل محلياً.

يوضح الشكل 11 السيناريو الثاني الذي يسمح بالواردات وله ميزانية مائية كبيرة تبلغ 1500 مليون متر مكعب، ويُجرى استيراد المحاصيل التي تستهلك المياه بكميات كبيرة مثل البرسيم الحجازي والتمور في حين تُنتج المحاصيل التي لا تستهلك المياه بكميات كبيرة محلياً مثل حشيشة الرودس والطماطم.

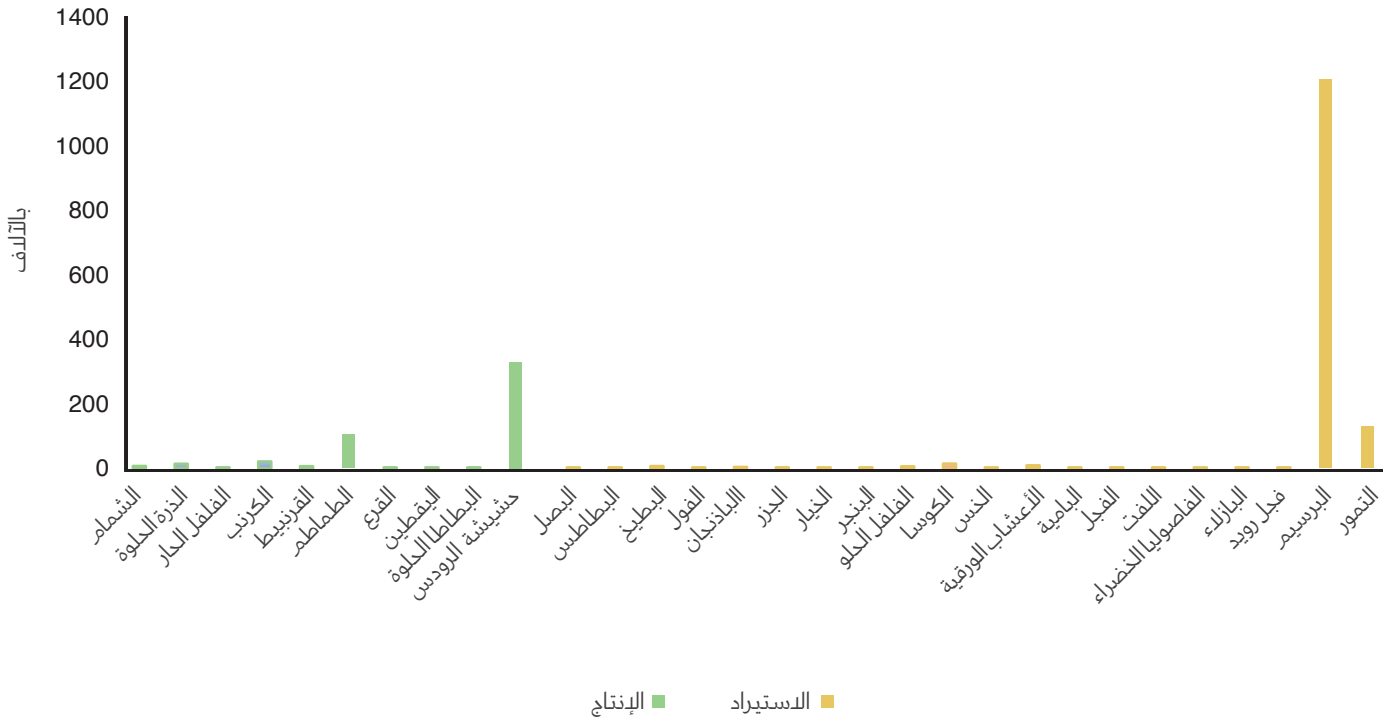
يوضح الشكل 12 السيناريو الثالث الذي لا يسمح بالواردات وله ميزانية مائية محدودة تبلغ 1000 مليون متر مكعب.

يوضح الشكل 13 السيناريو الرابع الذي يسمح بالواردات وله ميزانية مائية محدودة تبلغ 1000 متر مكعب.

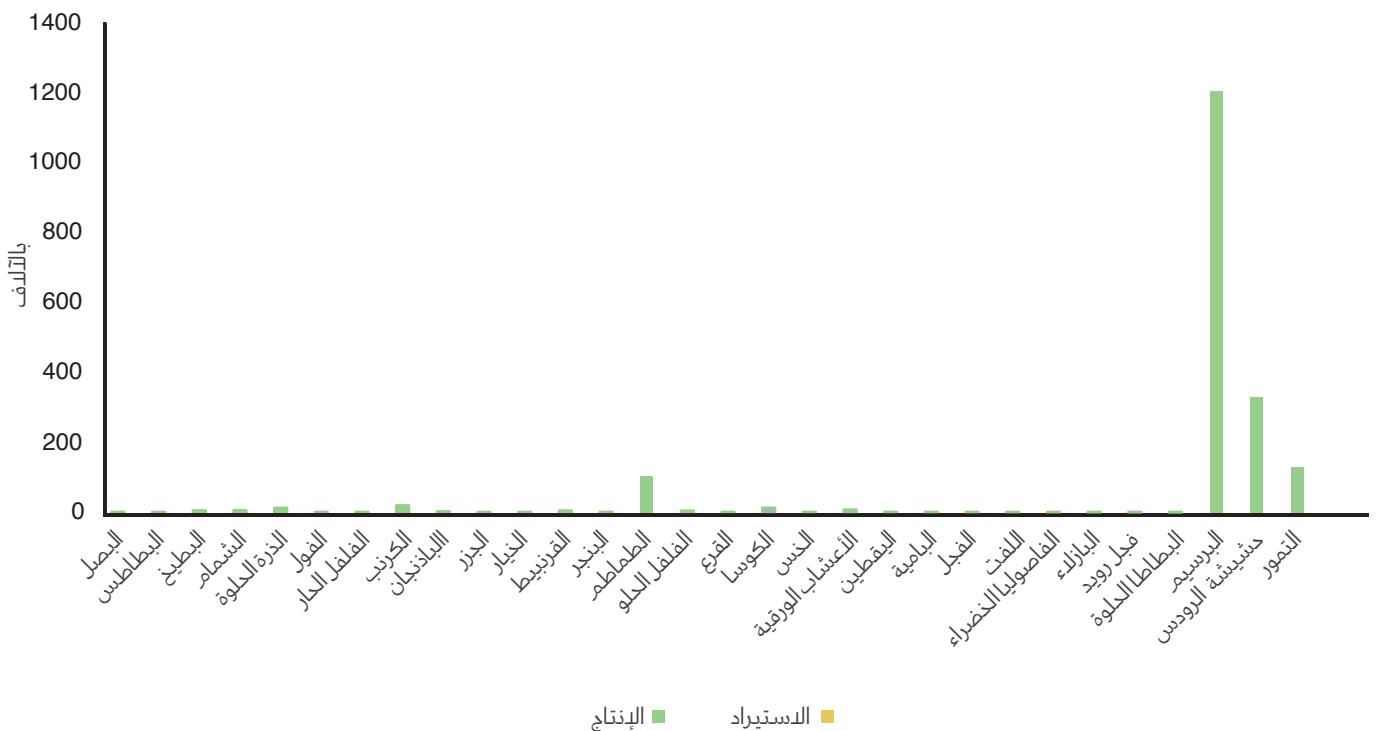
### الشكل 10. السيناريو الأول-مجموعة المحاصيل.



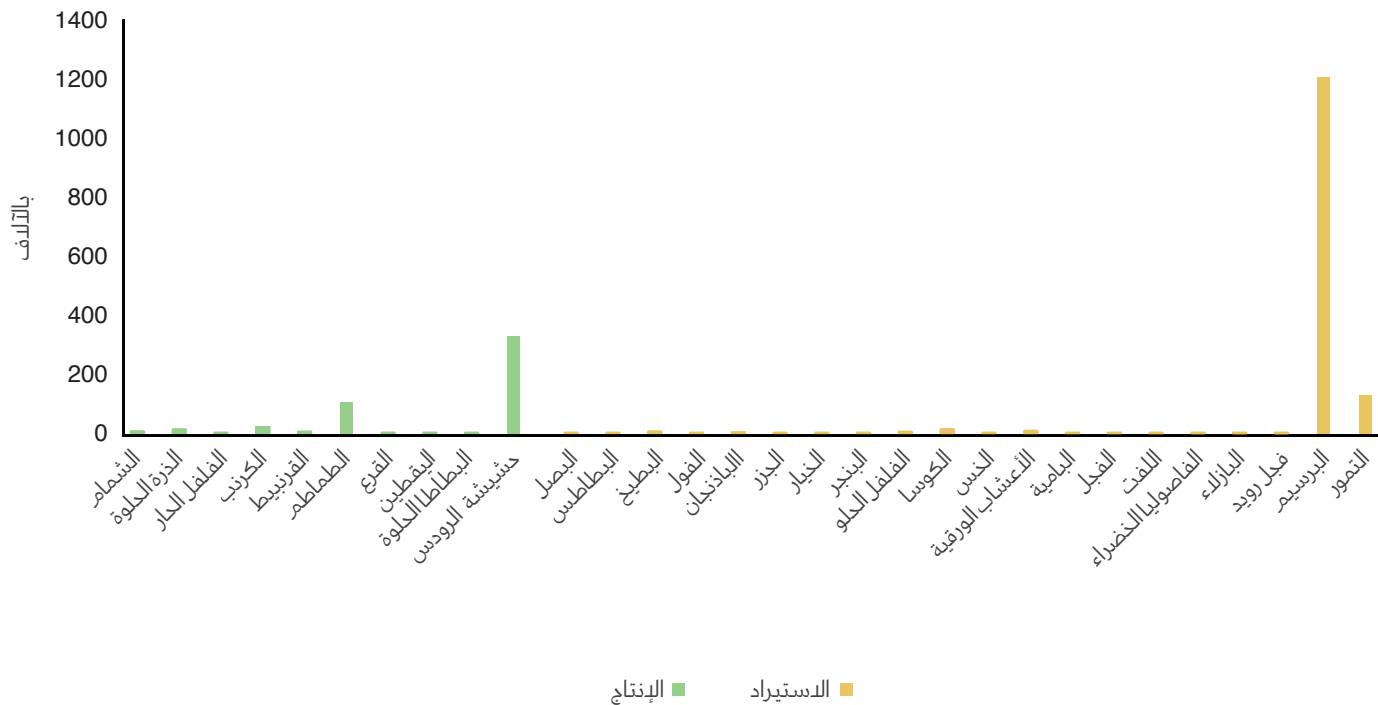
الشكل 11. السيناريو الثاني-مجموعة المحاصيل.



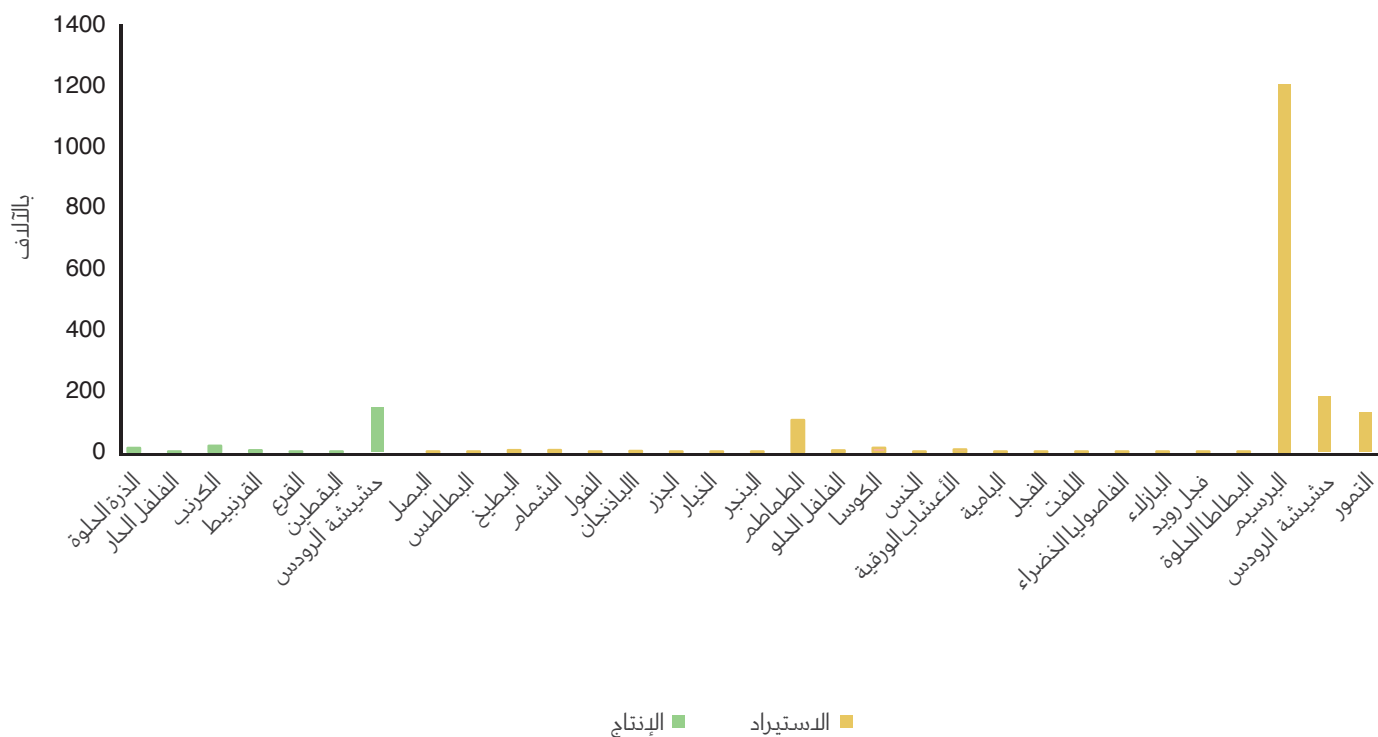
الشكل 12. السيناريو الثالث-مجموعة المحاصيل.



الدشك 13. السيناريو الرابع-مجموعة المحاصيل.



الدشك 14. سيناريو الحقيقة-مجموعة المحاصيل.



القيمة عالية القيمة التي تلبي الطلبات. ويمكن تكرار هذا النموذج وتعديله حسب الحاجة.

المائية المعنية، وتسمح الرؤى التي يعرضها هذا النموذج لوضعي السياسات بالتمييز بين المحاصيل منخفضة



# الآثار المترتبة على السياسات والأعمال المستقبلية

المياه المستخدمة في قطاع الزراعة في أبوظبي. وتباع بخسارة ويمكن استيرادها بخمس التكلفة. ويجب على واضعي السياسات إعادة التفكير في تخصيص رأس المال بعيداً عن إنتاج التمور لقطاعاتٍ أكثر إنتاجية من الناحية الاقتصادية.

يحقق كلاً من البرسيم الحجازي وحشيشة الرودس المستخدمين علفاً للماشية خسائرًا فحشيشة الرودس المستوردة أعلى من حشيشة الرودس المنتجة محلياً بينما البرسيم الحجازي المستورد أرخص من المنتج محلياً.

تستهلك حشيشة الرودس أربعة أضعاف المياه التي يستهلكها البرسيم الحجازي، إذ تبلغ عمومًا كمية المياه المستخدمة لإنتاج عشب الرودس عشرة أضعاف البرسيم، فضلاً عن أنه يتم إنتاجها بنسبة ثلاثة أضعاف إنتاج البرسيم الحجازي.

وبناءً عليه، يجب على واضعي السياسات الحد من إنتاج حشيشة الرودس أو إيقافها وتلبية الطلب على علف الماشية باستخدام البرسيم الحجازي المستورد حسب الحاجة.

علاوةً على ذلك، وكما ورد مسبقاً، يمكن استخدام التقنيات لتوفير المياه، حيث تستهلك زراعة الخيار والفول كمية أقل من الماء وبالتالي، تقل التكلفة عندما يزرعان في الحقول المفتوحة. ونظراً لأنهما ينتجان محلياً في أبوظبي، فيجب على واضعي السياسات مراعاة الزراعة المائية لهذه المحاصيل.

وأخيراً، وكما نُوقش سابقاً، يضع النموذج قيمة متساوية لجميع المحاصيل. ويمكن أن تبحث الدراسات المستقبلية عوامل أخرى قد تؤثر على قيمة المحاصيل مثل أسعارها الحرارية ومساحة الأرض اللازمة لزراعتها وخصوبة التربة وإنتاجية المحاصيل وإنبات سلالات البذور وأهميتها الثقافية.

يقدم هذا البحث رؤى لواضعي السياسات فيما يتعلق بكيفية استخدام المياه على النحو الأمثل في أبوظبي وبالتالي إطالة عمر موارد المياه الجوفية المتاحة لقطاع الزراعة في أبوظبي أكثر استدامة.

تستخدم أبوظبي حالياً 3338 مليون متر مكعب من المياه سنوياً على النحو المبين، 60% منها من مصادر المياه الجوفية (2000 مليون متر مكعب). وتشير التقديرات إلى أن هذا المصدر لن يستمر سوى 55 سنة أو بمقدار 110000 مليون متر مكعب وسيستخدم 70 في المائة من هذا الرقم أي حوالي 77 000 مليون متر مكعب بمعدل 1400 مليون متر مكعب في الزراعة سنوياً.

طبقاً لميزانية المياه المحددة التي تبلغ 1000 مليون متر مكعب الواردة في السيناريوهين الثالث والرابع، فإن احتياطي المياه الجوفية في أبوظبي سيستمر لمدة 22 إلى 77 عاماً، وبينما شهد السيناريو الثالث الذي لم يسمح بالاستيراد خسائرًا، حقق السيناريو الرابع الذي سمح بالاستيراد أرباحاً. وبُناءً عليه، يوصي الكاتب بالسيناريو الرابع بوصفه خياراً معقولاً.

يُمكن بموجب الميزانية المائية المُحددة البالغة 50 مليون متر مكعب (سيناريو الحقيقة 1)، إطالة عمر مصادر المياه الجوفية بمقدار 1540 سنة ومع ذلك، حدّ هذا السيناريو من إنتاج التمور وخفّض إنتاج المحاصيل الزراعية إلى النصف مما يُشكل قرابة 90% من إجمالي إنتاج المحاصيل (الجدول 4). وقد لا يكون هذا الخيار معقولاً لأنه من المحتمل ألا يلبي الطلبات الحالية. ومع ذلك، سيؤدي استيراد التمور وأعلاف الماشية بدلاً من زراعتها محلياً إلى تقليل استخدام المياه في أبوظبي إلى مستوياتٍ مستدامة.

تُعد تكلفة إنتاج التمور التي يتم حالياً إنتاجها محلياً في أبوظبي باهظة للغاية، فضلاً عن أنها تحتاج إلى كميات كبيرة من المياه. فقد تستهلك نحو 70% من إجمالي

التي توصل إليها النموذج الضوء على بعض المجالات المهمة التي يجب أن يراعيها واضعوا السياسات أثناء التركيز على المحاصيل عالية القيمة التي تستهلك كمية قليلة من المياه وتلبي الطلبات.

وفي الختام، يجمع النموذج المطروح بين المعايير المائية والاقتصادية في نموذج تحسين خطي يمكن استخدامه لتحسين إدارة المياه الجوفية في القطاع الزراعي في أبوظبي، ويحتوي النموذج على قيود حسب ما ورد وبالتالي، يوفر فرصةً للتحسين. ومع ذلك، تُسلط النتائج

- Abdelfattah, Mahmoud Ali. 2013. "Integrated Suitability Assessment: A Way Forward for Land Use Planning and Sustainable Development in Abu Dhabi, United Arab Emirates." *Arid Land Research and Management* 41-64. <https://doi.org/10.1080/15324982.2012.722579>
- Abu Dhabi Food Control Authority (ADFCA). 2011. *Statistics Book*. Abu Dhabi: Abu Dhabi Food Control Authority.
- . 2012. "Abu Dhabi Agriculture and Food Safety Policy." <https://www.adfca.ae/English/PolicyAndLegislations/Guidelines/Documents/Agriculture%20and%20food%20safety%20policy%202012.pdf>.
- The Abu Dhabi Global Environmental Data Initiative (AGEDI). 2015. *Food Security and Climate Change*. Abu Dhabi: AGEDI, LNRCCP, CCRG.
- AQUASTAT. 2008. "Irrigation in the Middle East region in figures; AQUASTAT Survey - 2008." Abu Dhabi.
- Baker, Justin S., and George Van Houtven. 2015. "Economic Valuation of Groundwater in the Abu Dhabi Emirate." Research Triangle Park, NC: RTI International Prepared for Environment Agency - Abu Dhabi.
- Bushnak, Adil A. 1990. "Water supply challenge in the Gulf region." *Desalination* 133-145. [https://doi.org/10.1016/0011-9164\(90\)80038-d](https://doi.org/10.1016/0011-9164(90)80038-d)
- Chetty, Priya. 2016. Project Guru. 09 07. <https://www.projectguru.in/publications/limitations-quantitative-research/>.
- Environment Agency – Abu Dhabi (EAD). 2009. "Abu Dhabi Water Resources Master Plan." Environment Agency Abu Dhabi.
- . 2012. "Advancing Sustainable Groundwater Management in Abu Dhabi." EAD/ADFCA.
- . 2015. "A water budget approach for the emirate of Abu Dhabi." Policy Brief. [https://www.ead.ae/Publications/A%20Water%20Budget%20Approach%20for%20the%20Emirate%20of%20Abu%20Dhabi%20Policy%20Brief%202015/Water%20Budget%20Approach%20\\_English.pdf](https://www.ead.ae/Publications/A%20Water%20Budget%20Approach%20for%20the%20Emirate%20of%20Abu%20Dhabi%20Policy%20Brief%202015/Water%20Budget%20Approach%20_English.pdf).
- . 2017. "Abu Dhabi State of Environment Report." Environment Agency Abu Dhabi.
- The Economist Intelligence Unit (The EIU) "Global Food Security Index 2017: Measuring food security and the impact of resource risks." The Economist Intelligence Unit. <http://foodsecurityindex.eiu.com/Home/DownloadResource?fileName=EIU%20Global%20Food%20Security%20Index%20-%202017%20Findings%20%26%20Methodology.pdf>.
- Farid, Amro M, and William Naggaga Lubega. 2014. "Powering & watering agriculture: Application of energy-water nexus planning." 2013 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC). San Jose, CA, USA: IEEE.
- Food Security Center - Abu Dhabi (FSCAD). 2018. "Food & Crisis." [http://www.fscad.ae/Arabic/ResearchCenter/SiteAssets/Pages/Reports/FSCAD\\_Food%20crises\\_2.pdf](http://www.fscad.ae/Arabic/ResearchCenter/SiteAssets/Pages/Reports/FSCAD_Food%20crises_2.pdf).
- General Algebraic Modeling System (GAMS). 2019. <https://www.gams.com/products/introduction/>.
- Ghaffour, Noredine. 2013. "Combined desalination, water reuse, and aquifer storage and recovery to meet water supply demands in the GCC/MENA region." *Desalination and Water Treatment* 38-43. <https://doi.org/10.1080/19443994.2012.700034>
- Global Agriculture. 2019. "Agriculture at a Crossroads: Findings and recommendations for future farming." <https://www.globalagriculture.org/report-topics/water.html>.
- Government of the United Arab Emirates. 2019. "Abi Dhabi." <https://www.government.ae/en/about-the-uae/the-seven-emirates/abu-dhabi>.
- Green Our Planet. 2019. "Benefits of Hydroponics." <https://greenourplanet.org/benefits-of-hydroponics/>.
- Gulf News. 2015. "Abu Dhabi groundwater to run out in 50 years." January 30. <https://gulfnews.com/uae/environment/abu-dhabi-groundwater-to-run-out-in-50-years-1.1448910>.

- Hirich, Abdelaziz, and Redouane Choukr-Allah. 2017. "Water and Energy Use Efficiency of Greenhouse and Net Hour Under Desert Conditions of UAE: Agronomic and Economic Analysis." *Water Resources in Arid Areas: The Way Forward* 481-499. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-51856-5\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-319-51856-5_28)
- Horti Daily. 2018. "Soil to hydroponics: 50%-100%+ increase in tomato and pepper production." May 2. <https://www.hortidaily.com/article/6040936/soil-to-hydroponics-50-100-increase-in-tomato-and-pepper-production/>
- Matar, Walid, Frederic Murphy, and Axel Pierru. 2017. "Efficient Industrial Energy Uses: The First Step in Transitioning Saudi Arabia's Energy Mix." *Energy Policy* 80-92. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.02.029>
- McDonnell, Rachel A. 2014. "Circulations and transformations of energy and water in Abu Dhabi's hydrosocial cycle." *Geoforum* 225-233. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.11.009>
- Mohamed, A.M.O. 2006. "Arid Land Hydrogeology: In Search of a Solution to a Threatened Resource." *Proceedings of the Third Joint UAE-Japan Symposium on Sustainable GCC Environment and Water Resources (EWR2006)*. Abu Dhabi: DARE series. Volume IV.
- Murad, Ahmed A. 2010. "An Overview of Conventional and Non-Conventional Water Resources in Arid Region: Assessment and Constrains of the United Arab Emirates." *Journal of Water Resource and Protection* 181-190. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2010.22020>
- Murphy, Frederic, and Axel Pierru. 2016. "A Tutorial on Building Policy Models as Mixed Complementarity Problems." *Interfaces* 1-17. <https://doi.org/10.1287/inte.2016.0842>
- Napoli, Christoph, Ben Wise, David Wogan, and Lama Yaseen. 2016. "Policy Options for Reducing Water for Agriculture in Saudi Arabia." KAPSARC. <https://www.kapsarc.org/wp-content/uploads/2016/04/KS-1630-DP024A-Policy-Options-for-Reducing-Water-for-Agriculture-in-SA.pdf>
- . 2018. "Policy Options for Reducing Water for Agriculture in Saudi Arabia." In *Assessing Global Water Megatrends*, by Asit K. Biswas, Cecilia Tortajada and Philippe Rhoner, 211-230. Singapore: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-6695-5\\_12](https://doi.org/10.1007/978-981-10-6695-5_12)
- Oxford Business Group (OBG). 2015. *The Report Abu Dhabi*. Abu Dhabi: Oxford Business Group.
- Rizk, Zein S., and Abdulrahman S Alsharhan. 2003. "Water resources in the United Arab Emirates." *Developments in Water Science*: 245-264. [https://doi.org/10.1016/s0167-5648\(03\)80022-9](https://doi.org/10.1016/s0167-5648(03)80022-9)
- Saif, Omar, Toufic Mezher, and Hassan A Arafat. 2014. "Water security in the GCC countries: challenges and opportunities." *Journal of Environmental Studies and Sciences* 329-346. <https://doi.org/10.1007/s13412-014-0178-8>
- Statistics Centre – Abu Dhabi (SCAD). 2017. "Statistical Yearbook of Abu Dhabi 2017." Abu Dhabi: Abu Dhabi Statistic Centre.
- . 2018. "Statistical Year Book of Abu Dhabi 2018." [https://scad.ae/Release%20Documents/SYB\\_2018\\_EN\\_9Sep%20\\_Chart%20Correction.pdf](https://scad.ae/Release%20Documents/SYB_2018_EN_9Sep%20_Chart%20Correction.pdf)
- Shahid, Shabbir A., and Mahmoud Ali Abdelfattah. 2008. "Terrestrial Environment of Abu Dhabi Emirate." In *Soils of Abu Dhabi Emirate* by Richard J. Perry, 71-91. Abu Dhabi: EAD.
- Sommariva, C., and V.S.N. Syambabu. 2001. "Increase in water production in UAE." *Desalination* 173-179. [https://doi.org/10.1016/s0011-9164\(01\)00261-2](https://doi.org/10.1016/s0011-9164(01)00261-2)
- Stevens, J. H. 1970. "Changing Agriculture Practice in an Arabian Oasis." *The Geographical Journal* 410-418. <https://doi.org/10.2307/1795193>
- The Government of Abu Dhabi. 2008. *The Abu Dhabi Economic Vision 2030*. Abu Dhabi: General Secretariat of the Executive Council, Department of Planning and Economy, Abu Dhabi Council for Economic Development. <http://www.tdic.ae/TDICWSAssets/En/pdf/Abu-Dhabi-Economic-Vision-2030.pdf>
- The National. 2018. "Special report: Abu Dhabi's dwindling water reserves charted in worrying Sorbonne research." May 6. <https://www.thenational.ae/uae/environment/special-report-abu-dhabi-s-dwindling-water-reserves-charted-in-worrying-sorbonne-research-1.727757>
- UNESCO. 2012. "World Water Development Report 4: *Managing Water under Uncertainty and Risk*." Washington, DC.

United Nations (U.N.). 2014. "International Decade for Action 'Water for Life'. 2005-2015; Water Scarcity." <https://www.un.org/waterforlifedecade/scarcity.shtml>.

United Nations Development Programme (UNDP). 2006. "Human Development Report."

United States Geological Survey (USGS). 2019. "U.S. Geological Survey: Earth Water." <http://water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html>.

Wogan, David, Frederic Murphy, and Axel Pierru. 2019. "The costs and gains of policy options for coordinating electricity generation in the Gulf Cooperation Council." *Energy Policy*: 452-463. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.11.046>

Wood, P.J., A.F. Willens, and G.A. Willens. 1975. "An Irrigated Plantation Project in Abu Dhabi." *The Commonwealth Forestry Review* 139-146.

World Population Review. 2019. "Abu Dhabi Population 2019." <http://worldpopulationreview.com/world-cities/abu-dhabi-population/>.

3135.038	2124.913	773.14	5727.803503	SCAD, Statistical Yearbook Of Abu Dhabi 2017
3908.018	7983.914	350.5966	2256.871549	SCAD, Statistical Yearbook Of Abu Dhabi 2017
3812.5	7257.746	59.699	19640.731	ADFSC, Purchase price for agriculture product week (22)
1153.236	1131.054	15454.56	2472.014784	SCAD, Statistical Yearbook Of Abu Dhabi 2017
1685.173	2791.441	668.696	2409.987498	SCAD, Statistical Yearbook Of Abu Dhabi 2017
3803.882	3877.901	1488.297	2716.681206	SCAD, Statistical Yearbook Of Abu Dhabi 2017
3000	16494.88	400.948	4331.993176	ADFSC, Purchase price for agriculture product week (22)
2094.151	1938.951	5326.027	2873.999888	SCAD, Statistical Yearbook Of Abu Dhabi 2017
1242.268	3877.901	576.7937	2191.969627	SCAD, Statistical Yearbook Of Abu Dhabi 2017
3700	1512.03	89545.14	2301.368514	ADFSC, Purchase price for agriculture product week (22)
4375	3298.975	5715.618	3260.035048	ADFSC, Purchase price for agriculture product week (22)
1750	3298.975	354.6541	5952.452475	ADFSC, Purchase price for agriculture product week (22)
4500	3016.145	8526.905	2214.307536	ADFSC, Purchase price for agriculture product week (22)
3707.895	7983.914	236.4165	2472.014784	SCAD, Statistical Yearbook Of Abu Dhabi 2017
6770	5429.062	7805.579	2321.716557	SCAD, Statistical Yearbook Of Abu Dhabi 2017
1750	3298.975	15.52294	5952.452475	ADFSC, Purchase price for agriculture product week (22)
7000	15120.3	66.817	4740.814463	ADFSC, Purchase price for agriculture product week (22)
5004.255	3667.191	382.5957	2191.969627	SCAD, Statistical Yearbook Of Abu Dhabi 2017
2329.825	3877.901	1063.461	2716.681206	SCAD, Statistical Yearbook Of Abu Dhabi 2017
3500	7983.914	7.983427	2256.871549	ADFSC, Purchase price for agriculture product week (11)
3908.018	23552.55	332.869	6569.022649	SCAD, Statistical Yearbook Of Abu Dhabi 2017
1350	3393.163	310.9625	2191.969627	ADFSC, Purchase price for agriculture product week (8)
2000	2714.531	512.611	3404.30853	ADFSC, Purchase price for agriculture product week (22)
806.1334	1784.18	1088077	924.5284108	SCAD, Foreign Trade Statistics, 2017
800	1783.975	21168.16	3602.423876	SCAD, Foreign Trade Statistics, 2017
6249.133	25725.12	33351.53	5650.755474	SCAD, Statistical Yearbook Of Abu Dhabi 2017

## عن المؤلفين

### نورا يوسف منصور

تُعد نورا إحدى كبريات الباحثات المُنتسبات في برنامج التحول في مجال الطاقة والطاقة الكهربائية في مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك) وتشغل منصب رئيس تغير المناخ والبيئة في مجموعة الفكر لدول العشرين، وهي باحثة مُشاركة في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في الولايات المتحدة، وهي حاصلة على الدكتوراه من جامعة لندن وقد أكملت شهادة ما بعد الدكتوراه في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا واكتسبت خبرات على مدى أكثر من خمسة عشر عاماً من البحوث والعمل في مجال الطاقة المستدامة والمناخ



### ديفيد ووغان

يُعد ديفيد أحد كبار الباحثين المنتسبين السابقين في كابسارك وركّز في أبحاثه على سياسة نمذجة الطاقة والمناخ. ويشغل حالياً منصب نائب الرئيس المساعد في مركز أبحاث الطاقة في آسيا والمحيط الهادئ، وهو حاصل على درجة الماجستير في الهندسة الميكانيكية والعلاقات العامة من جامعة تكساس، أوستن، في الولايات المتحدة.



### حميد أحمد كنجي

أحد خبراء الاقتصاد البيئي البارزين في هيئة البيئة في أبوظبي. ودعم بصفته عضواً في فريق وضع السياسات والتخطيط المتكامل، عملية وضع السياسات والاستراتيجيات وخطط العمل على نطاق البيئة بهدف دعم التنمية المستدامة في إمارة أبوظبي. ويولي أهمية خاصة لعملية تغير المناخ والتمويل الأخضر والموارد المائية. وتخرج من جامعة زايد في أبوظبي بحصوله على درجة الماجستير في العلوم المالية.



## نبذة عن المشروع

مشروع بحثي مشترك بين مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك) وهيئة البيئة في أبوظبي وهيئة أبوظبي للرقابة على الأغذية والمياه (هيئة أبوظبي للرقابة الغذائية).



[www.kapsarc.org](http://www.kapsarc.org)