الصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي
ARAB FUND FOR ECONOMIC AND SOCIAL DEVELOPMENT

*إدارة العمليات*

*قسم البرامج والدراسات*

*ورقة السياسات رقم 03/2025*

# توظيف الذكاء الاصطناعي في تعزيز استدامة المياه والزراعة في الدول العربية: آفاق الدعم الفني للصندوق العربي

أكتوبر 2025

جمال قاسم محمود[1]

[1] أتقدّم بالشكر إلى د. ميرزا حسن ود. عماد الإمام ود. محمد الإرياني ود. محمود سامي نابي و د. عبدالسميع فلفل، ود. علي مسعود، والسيد معز الرمضاني لمساهماتهم في إثراء هذه الورقة بملاحظاتهم.

الصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي
ARAB FUND FOR ECONOMIC AND SOCIAL DEVELOPMENT

## الفهرس

**الملخص التنفيذي ..... 2**
**المقدمة ..... 2**
**1.الأمن الغذائي والمائي في الدول العربية ..... 3**
**2.الوضع الحالي لاستخدام المياه في الزراعة في الدول العربية ..... 5**
1.2 مؤشرات سحب المياه في الدول العربية ..... 5
2.2 تطور الضغط المائي الناتج عن الزراعة ..... 7
**3.دور الذكاء الاصطناعي في إدارة قطاعي الزراعة والمياه ..... 10**
1.3 الوضع الحالي لجاهزية الدول العربية لاستعمال الذكاء الاصطناعي ..... 13
2.3 الاستنتاج العام لمؤشرات الدول العربية في الذكاء الاصطناعي ..... 14
**4.التجارب العربية والعالمية في تطبيق الذكاء الاصطناعي في قطاعي المياه والزراعة ..... 15**
1.4 تجارب بعض الدول العربية البارزة في تطبيق الذكاء الاصطناعي في قطاعي المياه والزراعة ..... 15
2.4 التطبيقات المحتملة للذكاء الاصطناعي في الدول العربية في قطاعي المياه والزراعة ..... 19
3.4 التجارب العالمية البارزة في تطبيق الذكاء الاصطناعي ..... 20
**5.التحديات المتعلقة بتطبيق الذكاء الاصطناعي في قطاعي الزراعة والمياه في الدول العربية ..... 24**
**6.دور الصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي في تحقيق الأمنين المائي والزراعي في الدول العربية 25**
1.6. منصة المياه المقترحة من الصندوق العربي ..... 25
2.6. مجالات الدعم الممكنة ..... 26
**7.الخاتمة والاستنتاجات ..... 27**
**المراجع ..... 28**

## الملخص التنفيذي

استعرضت ورقة السياسات دور الذكاء الاصطناعي في دعم القرارات وتعزيز إدارة قطاع الزراعة والمياه، وذلك في ظل التحديات المتزايدة المتمثلة في شح الموارد المائية والتقلبات المناخية وضغوط الأمن الغذائي. تشير البيانات الإحصائية إلى أن قطاع الزراعة في المنطقة العربية يستحوذ على نحو 80 في المائة من السحوبات المائية، مقارنة بمتوسط عالمي يبلغ نحو 70 في المائة. مما يجعل تحسين إدارة المياه الزراعية أولوية استراتيجية للدول العربية.

يوفر الذكاء الاصطناعي عبر تطبيقاته العملية مثل التنبؤات الجوية وأنظمة الإنذار المبكر والتحليلات التنبؤية للمحاصيل الزراعية وأنظمة الري الذكية والاستشعار عن بُعد، فرصة ملموسة لخفض الهدر المائي بنسبة تتراوح بين 20 إلى 40 في المائة. كما يساهم تبنّي تقنيات الذكاء الاصطناعي والتقنيات الحديثة في تعزيز قدرة الدول على التكيُّف مع التغيُّرات المناخية وتحقيق أهداف التنمية المستدامة خاصة الأهداف 2 (القضاء على الجوع)، و6 (المياه النظيفة والصرف الصحي)، و13 (العمل المناخي).

ولكن توظيف الذكاء الاصطناعي في الدول العربية يواجه عدة تحديات، يأتي في مقدمتها ضعف جودة وتكامل البيانات ومحدودية القدرات الفنية المتخصصة، إضافة إلى غياب الأطر التنظيمية الملائمة. في هذا السياق، توصي الورقة **بضرورة إنشاء منظومة متكاملة لإدارة البيانات الزراعية والمائية، وبناء القدرات المؤسسية والفنية، وتعزيز الحوكمة الرقمية،** وذلك من خلال توفير بيئة تمكينية تشجع على ابتكار الحلول الذكية واعتمادها على نطاق واسع[2].

يمكن للصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي أن يلعب دوراً رئيسياً في دعم هذه الجهود عبر التمويل الميسَّر ونقل الخبرات ودعم المشاريع الإقليمية المشتركة، وذلك بما يضمن تحويل تطبيقات الذكاء الاصطناعي من مبادرات متفرقة إلى ركيزة أساسية في تحقيق الأمنين المائي والغذائي في الدول العربية.

## المقدمة

واجهت الدول العربية مجموعة من التحديات التي تمس أسس استقرارها الاقتصادي والاجتماعي والتنموي، ويأتي في مقدمتها انخرام الأمنين الغذائي والمائي، حيث شكَّلت ندرة الموارد المائية وارتفاع مستويات الضغط المائي واتساع فجوة الأمن الغذائي مزيجًا معقدًا من الأزمات الهيكلية التي تؤثر مباشرة على حياة مئات الملايين في الدول العربية، وتَحدُّ من إمكانات النمو الاقتصادي والاجتماعي وتعرقل تحقيق عددٍ أهداف الخطط الوطنية لتحقيق التنمية المستدامة في تلك الدول. وتشير الإحصاءات الدولية إلى أن المنطقة العربية تواجه تحديات في البنية الأساسية لقطاع المياه، وفي ندرة مائية هيكلية عالية مما يضع أغلبها تحت خط الندرة المطلقة. بالإضافة إلى ذلك تواجه أغلب الدول العربية ارتفاع الضغط المائي إلى مستويات تتجاوز القدرة الطبيعية للموارد المتجددة، واتساع فجوة الأمن الغذائي والتي يتأثر بها شريحة كبيرة من السكان، خاصة الدول ضعيفة الموارد وتلك التي بها نزاعات داخلية. كما يضعف التداخل بين الأزمات المائية والغذائية من قدرة النظم الحالية في الدول

[2] البوابة العربية للتنمية (Arab Development Portal).

العربية على الاستجابة للتحديات والأزمات القائمة.

كما أن تفاوت هذه التحديات من منطقة إلى أخرى داخل المجتمعات العربية يفرض على صانعي القرار السياسي تبنّي حلول تتلاءم مع الخصائص الجغرافية والمناخية والمؤسسية لكل مجتمع، وذلك في ظل النمو السكاني المتسارع والتغيُّرات المناخية والاعتماد المتزايد على الواردات الغذائية، مما يجعل إدارة الموارد المائية والزراعية أكثر تعقيداً فيما يتعلق بالنظم الزراعية والمائية والمخاطر المرتبطة بها، لذلك تبرز الحاجة إلى تبنّي استراتيجيات مبتكرة تستند إلى البيانات الدقيقة والتحليلات التنبؤية، بحيث تمكّن من إدارة الموارد بكفاءة عالية وتعزيز القدرة على التكيُّف مع المخاطر، والحد من آثار الصدمات المناخية والاقتصادية.

علاوة على ذلك، لايقتصر دمج التقنيات الحديثة والذكاء الاصطناعي في القطاعات المهمة للأمن المائي والغذائي على البعد التقني فحسب، بل يفتح آفاقاً جديدة للتعاون الإقليمي والدولي، مما يساهم في دعم تفعيل دور المؤسسات التمويلية والتنموية في دعم التحول نحو نظم أكثر استدامة وأقدر على مواجهة التحديات. وبذلك، يمكن للدول العربية أن تحقق تقدماً ملموساً نحو تحقيق أهداف التنمية المستدامة، خاصة الأهداف 2 (القضاء على الجوع)، و6 (المياه النظيفة والصرف الصحي)، و13 (العمل المناخي).

## 1. الأمن الغذائي والمائي في الدول العربية

تواجه الدول العربية تحديات جوهرية ذات طبيعة هيكلية ومترابطة في مجالي الأمن الغذائي والمائي، وهي تحديات دائمة وليست مؤقتة. ويمكن تلخيص هذه التحديات فيما يأتي:

- **الندرة المائية:** تعتبر ندرة المياه جزءاً من طبيعة المنطقة العربية وليست أزمة عابرة، حيث إن معظم الدول تقع تحت خط الندرة المائية المطلقة.
- **ارتفاع الضغط المائي:** يتجاوز استهلاك المياه المتوفرة من الموارد المائية المتجددة والمتاحة لديها، مما يعني استنزاف المخزون المائي لديها وإضعاف الأمن المائي على المدى الطويل.
- **اتساع فجوة الأمن الغذائي**: وهذا يشير إلى تزايد عدد الأشخاص الذين يعانون نقصَ الغذاء أو انعدامه، خاصة في الدول الفقيرة أو المتأثرة بالنزاعات الداخلية.

وتعتبر المعالجة العاجلة لانعدام الأمنين الغذائي والمائي أولوية قصوى لصانعي القرار السياسي في الدول العربية نظراً إلى كون المنطقة من أشد مناطق العالم ندرة في الموارد المائية. حيث تشير التصنيفات الدولية إلى أن 19 من أصل 22 دولة عربية تقع تحت خط الندرة للموارد المائية المتجددة أقل من 1,000 متر مكعب للفرد سنويًا، فيما تقع 13 دولة منها تحت خطة الندرة المائية المطلقة 500 متر مكعب للفرد سنويًا[3] ومنها الأردن ثاني أفقر دولة في العالم في حدود 80 متراً مكعباً سنوياً.

في ذات السياق، ارتفع الضغط المائي من نحو 101 إلى 120 في المائة من الموارد المتاحة بين عامي 2015 و2020، أي ما يعادل ستة أضعاف

[3] United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (2024). *Water challenges in the Arab region*.

المتوسط العالمي. وفي الوقت ذاته، شهدت المعونات الخارجية الموجّهة لقطاع المياه والصرف الصحي تراجعًا يقارب الثلث منذ 2015[4].

في عام 2023، عانى أكثر من 66.1 مليون شخص في الدول العربية مايعادل حوالي 14 في المائة من السكان من الجوع. وهذا يعكس استمرار التحديات للوصول الكافي إلى الغذاء لملايين الأشخاص في الدول العربية. كما واجه حوالي 186.5 مليون شخص وما يعادل 39.4 في المائة من السكان انعداماً معتدلاً أو حادّاً في الأمن الغذائي، وبزيادة قدرها 1.1 نقطة مئوية مقارنة بعام 2022. وهذا يثير القلق بشكل خاص، حيث إن حوالي 72.7 مليون فرد منهم يعانون انعدامَ أمنٍ غذائي حادٍّ، مما يعكس عمق التحدي وخطورته[5].

ومن جانب آخر، تعتبر الزراعة من أكبر القطاعات استهلاكاً للمياه حيث يُقدَّر نصيب قطاع الزراعة نحو 80 في المائة من سحب المياه العذبة في المنطقة العربية عام 2020، والذي يعاني بدوره انخفاضاً في كفاءة استخدام المياه [6]. لذلك فإن تطوير هذا القطاع سينعكس مباشرة على أمن المياه والغذاء في الدول العربية.

ونظراً إلى عدم تجانس الدول العربية فيما يتعلق بالتحديات المائية، حيث تواجه دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، ودول المغرب العربي، ودول المشرق العربي، ظروفاً وقيوداً تختلف في ما يتعلق بالموارد المائية، والقدرات الزراعية، والتهديدات المناخية التي تواجهها، فإن الحلول والسياسات المعنية لا يمكن أن تكون موحدة لجميع الدول، بل يجب أن تُصمَّم لكل مجموعة، بل لكل دولة على حِدة. وفيما يلي عرض مجموعات الدول العربية ومجالات اعتمادها على مصادر المياه:

- **دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية**: تعتمد بدرجة كبيرة على تحلية مياه البحر، ويترتب عن هذا تكلفة مالية عالية، وبالإضافة إلى مجموعة من التحديات البيئية أيضاً، لتغطية الطلب المتزايد على الموارد المائية لتلبية احتياجات السكان واحتياجات القطاع الصناعي مما يزيد الضغط على نظم الإمداد والتوزيع بتلك الدول.
- **دول المغرب العربي**: تعتمد بدرجة كبيرة على الأمطار، مما يجعلها عرضة إلى فترات جفاف متكررة، وتقلُّبات مطرية حادة. كما تعتمد بدرجة كبيرة على الزراعة البعلية ومخزون السدود، مما يرفع حساسية الإمدادات الزراعية والريّ الموسمي.
- **دول المشرق العربي:** لدى أغلب هذه الدول تذبذبات في واردات الأحواض المشتركة وتملّح الأراضي، إضافة إلى تعقيدات الحوكمة العابرة للحدود التي يترتب عليها زيادة المخاطر السيادية والغذائية .
- **الدول المتأثرة بالنزاعات والتطورات المحلية**: تعاني تعطُّلَ سلاسل الإمداد لديها، وارتفاع معدلات النزوح الداخلي فيها، كما تتأثر بصدمات أسعار الغذاء وهذا يجعل الجوع والفقر أكثر حدّة واستمرارًا. لذلك تتطلب هذه الدول حلولًا جذرية واستهداف المساعدات لديها .

[4] ESCWA. (2024b). *Arab Sustainable Development Report 2024 – Goal 6: Clean water and sanitation*. United Nations Economic and Social Commission for Western Asia. https://asdr-2024.unescwa.org/sdg-06.html.

[5] FAO (2024), " Near East and North Africa: Regional Overview of Food Security and Nutrition", FINANCING THE TRANSFORMATION OF AGRIFOOD SYSTEMS FOR FOOD SECURITY AND NUTRITION.

[6] ESCWA (2024), The Water Action Decade (2018-2028): Midterm Review in the Arab Region.

من هذا المنطلق، يتطلب من صانع القرار السياسي في الدول العربية التحرك بجدية لمعالجة قضايا الأمن المائي والغذائي.

المائة. مقارنة بمتوسط عالمي يقارب نحو 70 في المائة مما يجعل إدارة المياه والزراعية أولوية قصوى لصانع القرار العربي[7]. وتُصنَّف المنطقة العربية ضمن الأعلى عالمياً في مؤشرات إجهاد المياه وفق خرائط WRI Aqueduct شكل (1)[8]، مما يشير إلى أن أي خلل في إمدادات المياه سينعكس مباشرة على الإنتاج الزراعي

**جدول (1): الضغط على موارد المياه*: مساهمة القطاع الزراعي بالإجهاد المائي (%)**

**حسب أحدث البيانات المتوفرة**

| الدول | 2020 | 2021 | 2022 |
|---|---|---|---|
| الأردن | 54.8 | 52.9 | 54.3 |
| الإمارات | >300 | >300 | >300 |
| البحرين | 44.5 | 44.5 | 44.5 |
| تونس | 74.1 | 74.1 | 74.1 |
| الجزائر | 98.3 | 94.4 | 97.7 |
| جيبوتي | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| السعودية | >300 | >300 | >300 |
| السودان | 114.1 | 114.1 | 114.1 |
| سورية | 108.9 | 108.9 | 108.9 |
| الصومال | 24.4 | 24.4 | 24.4 |
| العراق | 45.9 | 43.8 | 43.8 |
| عُمان | 94.3 | 94.3 | 94.3 |
| فلسطين | غ.م. | غ.م. | غ.م. |
| القمر | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| قطر | 153.5 | 156.3 | 143.6 |
| الكويت | >300 | >300 | >300 |
| لبنان | 22.4 | 22.4 | 22.4 |
| ليبيا | >300 | >300 | >300 |
| مصر | 111.8 | 111.8 | 111.8 |
| المغرب | 44.5 | 44.5 | 44.5 |
| موريتانيا | 12.0 | 12.0 | 12.0 |
| اليمن | 154.0 | 154.0 | 154.0 |

المصدر: منظمة الأغذية والزراعة نظام توزيع بيانات المياه والزراعة (AQUASTAT Dissemination System)

(*): الهدف 6.4.2 من أهداف التنمية المستدامة.

## 2. الوضع الحالي لاستخدام المياه في الزراعة في الدول العربية

تعتبر الدول العربية من أكثر المناطق في العالم ندرة في المياه مع ارتفاع حصة قطاع الزراعة منها، حيث تبلغ حصة الزراعة من إجمالي السحوبات المائية في الدول العربية نحو 83 في

### 1.2 مؤشّرات سحب المياه في الدول العربية

يعتبر مؤشر سحب المياه الموجه لقطاع الزراعة كنسبة من إجمالي الموارد المائية المتجددة أحد المؤشرات الأساسية التي يتم من خلالها قياس مدى الضغط الذي يمارسه القطاع الزراعي على الموارد المائية في الدول، حيث يعكس مستوى الاستدامة في إدارة هذه الموارد. من جانب آخر، يكتسب هذا المؤشر أهمية خاصة في المنطقة

[7] Dominick de Waal and Others (2023), The Economics of Water Scarcity in the Middle East and North Africa, World bank.

[8] World Resources Institute.

العربية نظرًا إلى كونها من أكثر مناطق العالم ندرةً في المياه، حيث تعتمد العديد من الدول على مصادر غير متجددة أو بدائل مثل تحلية مياه البحر وإعادة استخدام المياه لتلبية احتياجاتها الزراعية. يتيح تحليل الاتجاهات لسحب المياه المسجّلة خلال الفترة بين 2020 و2022 توضيح الفوارق بين الدول، وكذلك العوامل المؤثرة على تحسُّن أو تراجع المؤشر نفسه. وهذا الأمر، يلعب دوراً مهمّاً في تحديد أولويات السياسات والإجراءات المطلوبة لكل دول على حدة لضمان الأمن المائي والغذائي على المدى الطويل.

تشير بيانات سحب المياه في الدول العربية، إلى تباين كبير بينها في مستويات الضغط المائي الناتج عن السحب لقطاع الزراعة، حيث تتراوح القيم بين أقل من 50 في المائة في بعض الدول مثل لبنان والمغرب. وأكثر من 300 في المائة في دول أخرى مثل الكويت والسعودية وليبيا والإمارات، يعكس هذا التباين الاختلاف في الظروف الطبيعية وأنماط الإنتاج الزراعي، وكذلك مستويات الاعتماد على الموارد غير المتجددة "مثل مياه البديلة ما يسمى بمياه التحلية"، وإعادة استخدام المياه. تنقسم الدول العربية إلى أربع فئات رئيسة، وهي الدول ذات الضغط المائي الشديد جدًا، ودول ذات الضغط المرتفع، والدول ذات الضغط المتوسط، والدول ذات الضغط المنخفض، وتختلف الدول العربية في أسباب التحسُّن والتراجع في المؤشر ذاته.

### أ. الدول ذات الضغط المائي الشديد جدًا أكثر من 300 في المائة

تضم هذه المجموعة كلّاً من الكويت، والإمارات، والسعودية وليبيا[9]، حيث يتجاوز السحب الزراعي أضعاف إجمالي الموارد المائية المتجددة، وذلك بسبب ندرةٍ في الموارد الطبيعية، واعتمادٍ كبير على تحلية مياه البحر والمياه الجوفية غير المتجددة، إضافة إلى التوسّع في المشاريع الزراعية التي تهدف إلى تحقيق الأمن الغذائي، فقد سجَّلت أغلب هذه الدول استقرارًا أو ارتفاعًا طفيفًا، ما يشير إلى أن إجراءات الكفاءة لم تكن كافية لتعويض النمو في الطلب على المياه. ومن ثَمَّ يضع هذه الدول أمام تحدي استدامةٍ طويل الأجل خاصة عند استمرار هذه المستويات، ويجعل سياسات إدارة الطلب وربط الدعم الزراعي بكفاءة استخدام المياه مطلباً ضرورياً.

### ب. الدول ذات الضغط المرتفع مابين 100 إلى 300 في المائة

تشمل المجموعة هذه كلّاً من اليمن ومصر والسودان وسورية وقطر، وهي الدول التي تستنزف مواردها المتجددة بمعدل يقترب أو يتجاوز السعة القصوى. ويرجع السبب في ذلك إلى الجمع بين الاعتماد على المياه السطحية والجوفيّة مع كفاءة منخفضة في أنظمة الري، والتوسع في زراعة محاصيل كثيفة الاستهلاك للمياه. بالرغم من أن بعض الدول شهدت تحسُّنا طفيفًا بفضل تحديث شبكات الري أو إعادة استخدام المياه، بقيت دول أخرى مستقرة أو متذبذبة بسبب تأثير الجفاف أو عدم استقرار السياسات حول الأمن المائي. في ذات السياق يمكن لهذه المجموعة في الدول أن تكون مؤهلة لتحقيق تحسُّن ملموس خلال 3 إلى 5 سنوات إذا ما نُفّذت برامج شاملة لتحديث الري، وإدارة المحاصيل، والتوسيع في إعادة استخدام المياه.

[9] منظمة الأغذية والزراعة نظام توزيع بيانات المياه والزراعة (AQUASTAT Dissemination System)

### ت. الدول ذات الضغط المتوسط مابين 50 إلى 100 في المائة

تضم هذه المجموعة كلّاً من الأردن، تونس، وعُمان والبحرين والجزائر، وهي دول تحتفظ بهامش أمان نسبي فيما يتعلق بالمياه، لكن تظل معرضة لارتفاع المؤشر بسبب النمو السكاني وتغير المناخ. ويعزى ذلك إلى مزيج من الزراعة البعلية والمروية، واعتمادها الأكبر على المياه السطحية، إضافة إلى بعض الاستثمارات في التقنيات الحديثة المتعلقة بتحسُّن كفاءة الري. لذلك يعد الاستثمار المبكر في قطاع المياه والري الذكي أحد الحلول التي ستحافظ على هذه المستويات ويمنع القفز إلى الفئة الأعلى.

### ث. الدول ذات الضغط المنخفض والأقل من 50 في المائة

تضم هذه المجموعة كلّاً من لبنان والعراق والمغرب والقمر وجيبوتي وموريتانيا والصومال، حيث يشكل السحب الزراعي نسبة صغيرة نسبيًا من الموارد المتجددة ويعود السبب في وفرة نسبية للمياه السطحية، أو اعتماد أكبر على الزراعة البعلية، وكذلك انخفاض نسبي في المساحات المروية. وتتميز بالاستقرار عند مستويات منخفضة والتي تعتبر أحد مميزاتها، لكن تظل هذه الدول عرضة للتغيرات المناخية التي قد تقلل من الموارد وتزيد الضغط عليها بسرعة. وقد تواجه أيضاً تحديات عند غياب سياسات إدارة الطلب مما سيؤدي إلى صعود المؤشر بمرور الوقت.

وتعكس هذه المستويات المرتفعة لمؤشر سحب المياه الزراعية في الدول العربية الفجوات في كفاءة استخدام المياه وإدارة الطلب على المياه. ويمكن معالجة هذه الفجوات بفعالية عبر تطبيقات التقنيات الحديثة والذكاء الاصطناعي وتقنيات التنبؤات. يمكن للتقنيات الحديثة والذكاء الاصطناعي أن تحسن طريقة ريّ المحاصيل والمساحات الزراعية وفقاً لنوع التربة وحالة الطقس، مما يُساهم في تخفيض الفاقد المائي بنسبة تصل إلى مابين 20 و 40 في المائة[10] [11]، ويتحقق ذلك عبر التنبؤ بالطلب المائي في الزراعة، وتحليل سيناريوهات تغير المناخ، وتتبّع الأثر المائي عبر سلاسل الإمداد الزراعي وربطه بأدوات إدارة سحب المياه : تقليل السحب أولاً ثم التعويض من خلال إعادة استخدام المياه أو التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية، وهذا بدوره يخلق حوافز اقتصادية للمزارعين وخفض الاستهلاك والحد من الهدر المائي.

أما على مستوى السياسات، فإن دمج هذه الحلول ضمن السياسات المائية والزراعية يساهم بدرجة كبيرة في تخفيف الضغط على الموارد المائية على المديين المتوسط والطويل، خاصة في الدول التي تعاني استنزافًا شديدًا لمخزونها المائي[12].

## 2.2 تطور الضغط المائي الناتج عن الزراعة

تشير البيانات الإحصائية حول الدول العربية[13]، إلى تباين في مستويات الضغط المائي الناتج عن سحب المياه الزراعية في الدول العربية خلال الفترة 2018–2020، حيث يكشف عن وجود فجوة كبيرة بين الدول ذات المؤشر المنخفض

[10] Fao (2020), SMART IRRIGATION – SMART WASH Solutions in response to the pandemic crisis in Africa.

[11] FAO (2023), Real water savings in agriculture: Next Generation Water Management Policy Briefs.

[12] FAO (2023), Real water savings in agriculture: Next Generation Water Management Policy Briefs.

[13] منظمة الأغذية والزراعة نظام توزيع بيانات المياه والزراعة (AQUASTAT Dissemination System)

التي تتمتع بموارد مائية نسبية أو أنماط زراعية أقل استهلاكاً للمياه، وتلك التي تسجل نسبًا مرتفعة للغاية نتيجة الاعتماد على مصادر غير متجددة أو التحلية لتلبية الطلب الزراعي.

**جدول رقم (2) الضغط على موارد المياه: مؤشر سحب المياه الزراعية**

**كنسبة مئوية من إجمالي موارد المياه المتجددة (%)**

| الدول | 2020 | 2021 | 2022 |
|---|---|---|---|
| الأردن | 60.9 | 60.9 | 60.02 |
| الإمارات | >500 | >500 | >500 |
| البحرين | 124.7 | 124.7 | 124.7 |
| تونس | 58.7 | 58.7 | 58.7 |
| الجزائر | 63.4 | 61.1 | 63.3 |
| جيبوتي | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| السعودية | >500 | >500 | >500 |
| السودان | 68.5 | 68.5 | 68.5 |
| سورية | 87.5 | 87.5 | 87.5 |
| الصومال | 22.3 | 22.3 | 22.3 |
| العراق | >500 | >500 | >500 |
| عُمان | 110.5 | 110.5 | 110.5 |
| فلسطين | 25.8 | 18.2 | 18.9 |
| قطر | >500 | >500 | >500 |
| القمر | 0.391 | 0.391 | 0.391 |
| الكويت | >500 | >500 | >500 |
| لبنان | 15.5 | 15.5 | 15.5 |
| ليبيا | >500 | >500 | >500 |
| مصر | 106.7 | 106.7 | 106.7 |
| المغرب | 31.6 | 31.6 | 31.6 |
| موريتانيا | 10.7 | 10.7 | 10.7 |
| اليمن | 154.0 | 154.0 | 154.0 |

لقد أظهرت النتائج تحسُّناً محدوداً في بعض الدول العربية في المؤشر، وذلك بفضل مبادرات رفع كفاءة الري وزيادة استخدام المياه المعالجة في بعضها. وفي المقابل مازالت معظم الدول في حالة استقرار نسبي، وهو ما يعكس بطء التحولات في أنماط الاستخدام الزراعي للمياه. في المقابل، شهدت بعض الدول تراجعاً واضحاً في المؤشر، ما يشير إلى توسع النشاط الزراعي في بيئات شحيحة المياه.

فيما يتعلق باتجاهات مؤشر سحب المياه حسب الدولة العربية فرادى فهي على النحو التالي، جدول رقم (2).

**الأردن:** ثبات قيمة المؤشر عند 60.9 في المائة مع تحسُّن بسيط جداً إلى 60.0 في المائة عام 2022 وتعد هذه القيمة عند المستويات المتوسطة، مما يشير إلى أن إدارة الطلب المائي مستقرة نسبيًا مع محدودية الموارد المائية. إضافة إلى توسع محدود في النشاط الزراعي المروي بسبب القيود المائية.

**الإمارات:** ارتفع المؤشر إلى ما فوق 500 في المائة بالرغم من تراجعه بنحو 75.8 نقطة مئوية في عام 2022، وهذا يدل على توسع النشاط الزراعي المروي باستخدام تحلية مياه البحر والمياه الجوفية.

**البحرين:** استقرار المؤشر عند 124.7 في المائة خلال الفترة من 2020 إلى 2022، وهذا يشير إلى أن حجم النشاط الزراعي محدود نسبيًا، ولا توجد تغييرات كبيرة في السياسات المائية لدى البحرين، وكذلك استمرار الاعتماد على المياه الجوفية وتحلية مياه البحر لتغطية الاحتياجات الزراعية.

**تونس:** بلغت قيمة المؤشر 58.7 في المائة وهذا يشير إلى استقرار كفاءة الري والموارد المائية المتاحة، دون تغييرات هيكلية في الطلب الزراعي.

**الجزائر:** ارتفع المؤشر إلى 63.6 في المائة في عام 2022 مقارنة بنحو 61.1 في عام 2021، مما يعني أن الجزائر تستخدم أكثر من نصف الموارد المائية المتجددة المتاحة في قطاع الزراعة.

**جيبوتي**: استقرت النسبة في حدود 1.0 في المائة خلال الفترة 2020-2022.

**السعودية:** ثبات المؤشر فوق 500 في المائة خلال الفترة 2020-2022، مما يشير إلى استمرار الزراعة في بيئات عالية الاستهلاك للمياه واعتماد كبير على المياه الجوفية غير المتجددة.

**السودان:** استقرت قيمة المؤشر عند 68.5 في المائة، ويغطي نهر النيل معظم النشاط الزراعي، مع تذبذب محدود في بعض المساحات المروية.

**سورية:** بلغت نسبة السحب حوالي 87 في المائة من الموارد المائية المتجددة الموجه لقطاع الزراعة مما يعني أن معظم المياه المتاحة في سوريا تُستهلك في هذا القطاع.

**الصومال،** استقر المؤشر في حدود 22.3 خلال الفترة 2020-2021.

**العراق**: تحسُّن نسبي، بالرغم من ارتفاعه فوق 500 في المائة، فقد أشارت إحصاءات الفاو إلى تراجع المؤشر بنحو 159.8 عام 2022، لكنه يبقى في فئة الضغط العالي.

**عُمان:** قيمة المؤشر ثابتة عند مستوى 110.5 في المائة مما يشير إلى الاعتماد على المياه الجوفية وإعادة الاستخدام لتغطية الطلب الزراعي.

**فلسطين**: تراجع المؤشر من 25.8 في المائة عام 2020 إلى نحو 18.9 في المائة عام 2022.

**قطر:** تحسُّن قيمة المؤشر بنحو 8.8 نقطة مئوية عام 2022 كما أشارت إحصاءات الفاو، بالرغم من ارتفاعه عند 500 في المائة بنسبة بسيطة خلال الفترة 2020-2022. مما يعني زيادة استخدام المياه المعالجة والمعاد استخدامها، وتفعيل بعض المبادرات التي تتعلق باستخدام المياه من أجل تحسين كفاءة الري وتقليل الفاقد.

**القمر:** استقرت النسبة عند 0.39 في المائة، حيث يشير إلى أن القمر تسحب أقل من 1 في المائة من مواردها المائية المتجددة للزراعة. مما يعني أن الموارد المائية المتاحة وفيرة نسبيًا مقارنة بالاستخدام الزراعي.

**الكويت:** تبلغ القيمة فوق مستوى 500 في المائة، وهذا يعكس اعتمادها الكبير على المياه غير المتجددة والتحلية. ويمثل ذلك عدم حصول تغيُّرات كبيرة في حجم النشاط الزراعي.

**لبنان،** انخفاض المؤشر عن مستويات 15.5 في المائة، وهذا يدل على الاعتماد الكبير على الزراعة البعلية، إضافة إلى وفرة نسبية في المياه السطحية مقارنة بحجم النشاط الزراعي.

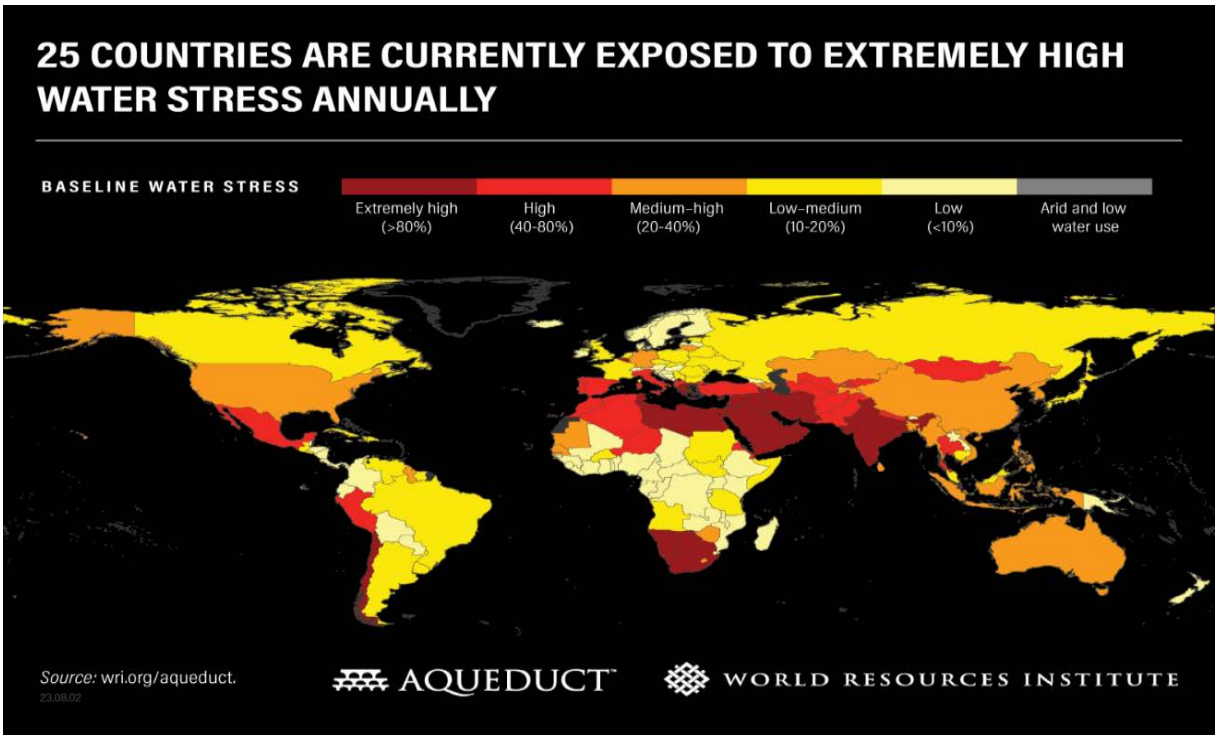
**ليبيا:** ضغط مائي شديد جداً يبلغ فوق 500 في المائة، مما يعكس اعتمادها الكبير على المياه الجوفية غير المتجددة.

**مصر:** استقرار المؤشر عند 106.7 في المائة مما يعني أن السحب الزراعي يتجاوز الموارد المتجددة المتاحة، وذلك بسبب الاعتماد الكبير على نهر النيل وإعادة استخدام مياه الصرف الزراعي، وكذلك الاستقرار في أنماط المحاصيل والمساحات المروية خلال الفترة.

**موريتانيا:** استقرار المؤشر في حدود 10.7 خلال الفترة 2020-2022.

**اليمن:** قيمة المؤشر ثابتة عند 154.0 في المائة، مما يدل على استمرار الاعتماد على المياه الجوفية مع محدودية الاستثمار في تحسين الكفاءة.

**شكل رقم 1: الجهد المائي السنوي على مستوى العالم**




المصدر: World Resource Institute

**المغرب:** تعتبر قيمة المؤشر منخفضة نسبياً ومستقرة عند 31.5 في المائة، وهذا يعكس وجود موارد مائية سطحية نسبية وتوزيع متوازن نسبيًا بين الزراعة البعلية والمروية.

## 3. دور الذكاء الاصطناعي في إدارة قطاعي الزراعة والمياه

يفتح الذكاء الاصطناعي (artificial intelligence) مجالات واسعة

لخفض الهدر المائي وزيادة الإنتاجية، وذلك من خلال أنظمة الإنذار المبكر الهيدرومناخي والجداول الذكية للري، ومراقبة المحاصيل الزراعية عن بُعد. كذلك يمكّن من تشغيل السدود بالتحسين الخوارزمي، ومحاسبة المياه على مستوى الأحواض. وتشير التقديرات المجمّعة إلى أن تطبيق إدارة المياه الدقيقة في بعض الدول قلصت استهلاك مياه الري بنسبة تتراوح بين 20 و 40 في المائة[14][15]، مع تحسين إنتاجية المياه وتحقيق وفورات مائية فعلية، شريطة دعم هذه التقنيات بسياسات لإدارة الطلب تشمل تحديد الحصص، وتطبيق تسعير مرن، وتتبع الاستهلاك.

منذ عام 2009، تعمل منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو) على مبادرات لرقمنة إدارة المياه والزراعة، حيث تشمل هذه المبادرات الحوسبة السحابية والاستشعار عن بُعد، وكذلك تطبيقات الذكاء الاصطناعي، من خلال الاستفادة من قواعد بيانات مفتوحة مثل منصة WaPOR[16] ، والتي توفر بيانات آنية عن الإنتاجية ومعدلات "التبخر والنتح"[17] (Evapotranspiration ET). وهذا يتيح تطوير حلول الذكاء الاصطناعي القابل للتوسع وبتكلفة مالية منخفضة خاصة عند جمع البيانات المعنية.

تشير الأدلة والدراسات[18]، إلى أن تطبيق تقنيات إدارة المياه الدقيقة، مثل جدولة الري المعتمدة على بيانات الاستشعار والتحكم الذكي يُساهم بدرجة كبيرة في خفض كميات المياه المستخدمة في الري بنسبة تتراوح بين حدود 20 و 40 في المائة، وذلك تبعاً لطبيعة المحصول الزراعي، ونظام الري المعتمد في هذه المحاصيل الزراعية، والظروف المناخية الطارئة التي تواجهها الدول. ويصاحب الانخفاض أيضا تحسُّن في إنتاجية المياه مقاسة بكمية المحصول لكل متر مكعب من المياه، والذي يعني بدوره تحقيق إنتاج زراعي أكبر باستخدام موارد مائية أقل.

ومع ذلك، فإن هذه المكاسب الفنية لا تتحول بالضرورة إلى وفورات مائية حقيقية على مستوى الحوض المائي أو الإقليمي، بسبب ما يُعرف بأثر الارتداد أو مايسمَّى (Rebound Effect)[19] ، حيث قد يؤدي تحسُّنُ الكفاءة إلى توسُّع المساحات المزروعة أو زيادة الدورات الزراعية. ومن ثَمَّ استهلاك المياه الفائضة بدلًا من توفيرها، ويبرز هنا الدور الحاسم للسياسات المصاحبة، مثل توزيع الحصص المائية، وتطبيق أنظمة تسعير مرنة، وآليات دقيقة لتتبع الاستهلاك من أجل ضمان أن الوفر المحقَّق يُترجَم إلى موارد مائية مدَّخَرة بالفعل.

من الناحية التقنية تظهر البيانات أن كفاءة منظومات الري السطحي التقليدي مايسمى (Flood or Furrow Irrigation)[20] تتراوح في العادة بين 40 إلى 60 في المائة من حيث الكفاءة

[14] FAO (2017), DOES IMPROVED IRRIGATION TECHNOLOGY SAVE WATER? A REVIEW OF THE EVIDENCE,

[15] FAO (2023), Real water savings in agriculture: Next Generation Water Management Policy Briefs.

[16] https://www.fao.org/in-action/remote-sensing-for-water-productivity/wapor-data-access/ar

[17] تشير إلى كمية الماء الفعلية التي تفقد من سطح الأرض والنباتات إلى الغلاف الجوي نتيجة عمليتين مجتمعتين التبخر(Evaporation) ويشير إلى فقدان الماء من سطح التربة أو من أسطح الماء (كالبرك والقنوات) بفعل الحرارة وأشعة الشمس والرياح. والنتح(Transpiration) ويشير إلى فقدان الماء من النباتات عبر المسام (الثغور) في الأوراق في أثناء عمليات التمثيل الضوئي والتنفس.

[18] FutureWater (2020), Guidance on Realising Real Water Savings with Crop Water Productivity Interventions.

[19] تعتبر ظاهرة اقتصادية وسلوكية تحدث عندما تؤدي تحسينات الكفاءة في استخدام مورد ما (مثل الماء أو الطاقة) إلى زيادة الاستهلاك الكلي بدلًا من خفضه، وذلك بسبب تغيّر سلوك المستخدمين أو توسُّع النشاط.

[20] يشير إلى طرق الري السطحي التقليدية، حيث يتم إيصال المياه إما عبر غمر الأرض بالكامل (الري بالغمر) أو من خلال قنوات وأخاديد صغيرة بين صفوف النباتات (الري بالأحواض أو الخطوط). ورغم بساطتها وقلة تكلفتها، إلا أنها تتسم بانخفاض الكفاءة وارتفاع معدلات الفاقد المائي نتيجة التبخر والتسرب، مقارنة بطرق الري الحديثة كالري بالتنقيط أو الرش.

الفنية الحقلية، بينما يمكن أن ترتفع هذه النسبة إلى حوالي 80 في المائة[21] عند التحول إلى الري بالتنقيط، وذلك بشرط استمرار الصيانة الجيدة. ومع ذلك، فإن هذه النسب لا تعكس بالضرورة وفورات على مستوى الموارد المائية الكلية، ما لم تتكامل مع حوكمة رشيدة للطلب المائي في الدول نفسها. يشكل الذكاء الاصطناعي والتقنيات الحديثة فرصة استراتيجية لتحويل إدارة القطاع المائي والغذائي في الدول العربية من أنماط الانظمة التقليدية إلى أنظمة أكثر تطوراً واستباقية تقوم على التنبؤ والدليل العلمي والتي تشمل المحاور الآتية:

أ. **أنظمة الإنذار المبكر الهيدرومناخي المعززة** بخوارزميات التعلم العميق والموجه لاتخاذ القرارات الدقيقة، حيث يمكن من خلال هذه الانظمة تحسين دقة التوقعات الجوية ورصد الأخطار المتعددة قبل وقوعها، مما يمنح المعنيين في الدول العربية القدرة على جدولة عمليات الريّ، وحماية المحاصيل، وإدارة السدود بكفاءة أعلى.

ب. **إدارة الري الدقيقة القائمة على الاستشعار والذكاء،** وذلك من خلال دمج مستشعرات رطوبة التربة، وصور الأقمار الصناعية ونماذج التنبؤات لتوفير جداول ريّ تقلل الهدر وتثبت الغلة، حيث تتيح هذه التقنيات إدارة الري بطريقة دقيقة وقائمة على التقنيات المطوّرة.

ت. **مراقبة مساحات المحاصيل والغِلات،** وذلك باستخدام خوارزميات رؤية حاسوبية يتم من خلالها تتبّع نمو المحاصيل الزراعية وتقدير الغلة والتعرف على الإجهاد المائي أو الآفات، حيث تعمل هذه الخوارزميات على دمج مستشعرات رطوبة التربة وبيانات الأقمار الصناعية مع النماذج التنبؤية وتقليل هدر المياه وزيادة استقرار الغلة الزراعية.

ث. **تضيف تقنيات الرؤية الحاسوبية بعدًا جديدًا لمراقبة نمو المحاصيل،** حيث يتم تقدير الغلة واكتشاف الإجهاد المائي أو الآفات الخطرة في مراحل مبكرة. بينما تدعم النماذج الذكية في تخصيص المياه في المدن والمزارع لتحسين توزيع الموارد بكفاءة عالية، وكذلك في اكتشاف التسربات، وتشغيل البنية التحتية المائية من السدود ومحطات التحلية بكفاءة أعلى.

ج. **تحسين تخصيص المياه في القطاع الزراعي،** حيث يتيح التنبؤ بالطلب المائي واكتشاف التسربات، ونمذجة تشغيل السدود والقنوات ومحطات تحلية تقليل الفاقد من المياه.

ح. **يوفر الذكاء والتقنيات الحديثة آلية لمتابعة الأسعار في الأسواق الغذائية المحلية والعالمية،** يمكن من خلالها التنبؤ بتقلبات وذروات الأسعار، وتوجيه التدخلات الحكومية لضمان استقرار السوق وحماية الفئات الأكثر ضعفًا.

غير أن هذه الإمكانات المشار إليها لن تتحقق إلا بتوافر بيئة داعمة تتضمن توافر البيانات وحوكمتها المتينة عبر منصات موثوقة وذات جودة عالية، وتشمل مشاركة جميع القطاعات، وبوجود تكامل مؤسسي وتقني يربط بين أجهزة الأرصاد والمياه والزراعة والطاقة والدفاع المدني في منظومات قرار موحدة. كما يترتب ذلك، بناء وتطوير القدرات المحلية من خلال وضع برامج تدريبية متخصصة فضلاً عن تمويل موجه لمشروعات قابلة للتوسع، والعمل على إصدار إطار تشريعي ينظم الاستخدام الأمن والأخلاقي

[21] World bank (2021), MIDDLE EAST AND NORTH AFRICA: Background Paper Water Scarcity and Droughts

للتكنولوجيا. في هذا الإطار، يصبح الذكاء الاصطناعي ليس مجرد أداة تقنية، بل عنصراً جوهرياً في استراتيجية التنمية المستدامة والأمن القومي في الدول العربية. ويمكن أن يتحول الذكاء الاصطناعي إلى أداة فعلية لتحسين إدارة الغذاء والمياه إذا ماتم استيفاء الشروط البيئية والتنظيمية اللازمة للذلك.

## 1.3 الوضع الحالي لجاهزية الدول العربية لاستعمال الذكاء الاصطناعي

يُعَدُّ مؤشر جاهزية الحكومة لاستخدام الذكاء الاصطناعي مرجعاً مهماً وموثوقاً لصانعي السياسات التنموية والاقتصادية، ويُعتمَد من قبل العديد من الدول كمعيار رسمي. وقد تمّت مراجعته واعتماده من منظمات دولية مثل اليونسكو وكذلك من مجموعة العشرين، حيث يعزز المؤشر التزام تلك المؤسسات بدعم الحكومات في جهودها لتسخير الذكاء الاصطناعي للصالح العام. فقد تم إصدار نسخة 2024، والتي تقيم جاهزية 188 دولة للذكاء الاصطناعي.

ويُبنَى المؤشر لعام 2024 على ثلاثة ركائز، وهي الحكومة، وقطاع التكنولوجيا، والبيانات والبنية التحتية. كما يسلّط المؤشر الضوء على التقدم المحرز في تبنّي التقنيات الحديثة، والثغرات بالنسبة إلى كل دولة. وبالإضافة إلى ذلك يقدم رؤى لصانعي السياسات الذين يعملون على دمج الذكاء الاصطناعي في تقديم الخدمات العامة. وفيما يتعلق بنتائج الدول العربية في مؤشر الذكاء الاصطناعي (GAIRI 2024) عبر الأعمدة والأبعاد، فقد كشفت المؤشرات أن أداءها يتسم بتباين واضح بين قوة البنية المؤسسية والرؤية الاستراتيجية من جهة، وضعف نضج القطاع التقاني ومحدودية تطبيقاته العملية من جهة أخرى. وفيما يلي تحليل لبيانات الدول العربية التي جاءت في مؤشر عام 2024، جدول رقم 3.

### 1. نقاط القوة المشتركة

أ. مؤشر الحوكمة (Government): يتصدر المؤشر في عدة دول مثل الإمارات والأردن ومصر، مما يعكس وجود سياسات وطنية وأطر تنظيمية وخطط استراتيجية متقدمة.

ب. البنية التحتية والبيانات (Data & Infrastructure): يظهر المؤشر قيمة متقدمة في دول الخليج العربية مثل السعودية وقطر وعمان والبحرين والكويت، مما يدل على استثمارها الكبير في البنية التحتية الرقمية ومراكز البحوث.

ت. الرؤية(Vision): لقد حققت عدة دول درجة مرتفعة (100) مثل الإمارات والسعودية وقطر وعمان والأردن، وهذا يعكس وجود استراتيجيات وطنية شاملة للذكاء الاصطناعي والتقنيات الحديثة.

### 2. نقاط الضعف المشتركة

أ. قطاع التكنولوجيا (Technology Sector)، يمثّل المؤشر بقيم منخفضة في جميع الدول بين 40 إلى 50 نقطة، مما يشير إلى ضعف مساهمة الشركات الناشئة والأسواق المحلية في تطوير ونشر حلول الذكاء الاصطناعي.

ب. النضج (Maturity): يعَدّ هذا المؤشر الأضعف بشكل عام بالنسبة إلى العديد من الدول، حيث سجلت درجات أقل من 35، مما يوضح محدودية الانتقال من السياسات والتجارب إلى الاستخدام العملي واسع النطاق.

ت. غياب الرؤية في بعض الدول، تشير قيمة هذه المؤشر في دول المغرب العربي مثل المغرب وتونس. إضافةً إلى بعض الدول إلى غياب أو ضعف الاستراتيجيات الوطنية.

## جدول رقم (3) مؤشر جاهزية الحكومة للذكاء الاصطناعي في الدول العربية

| الدول | الإجمالي | الترتيب | الركائز | | | الأبعاد | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | الحكومة | قطاع التكنولوجيا | البيانات والبنية التحتية | الرؤية | الحوكمة والأخلاقيات | القدرة الرقمية | القدرة على التكيُّف | النضج | القدرة على الابتكار | رأس المال البشري | البنية التحتية | توافر البيانات | تمثيل البيانات |
| الإمارات | 75.66 | 13 | 83.89 | 59.20 | 83.89 | 100 | 78.89 | 91.30 | 65.37 | 37.59 | 67.26 | 72.75 | 74.96 | 79.70 | 97.00 |
| السعودية | 72.36 | 22 | 80.72 | 52.92 | 83.43 | 100 | 74.88 | 78.24 | 69.77 | 31.65 | 61.69 | 65.41 | 73.71 | 90.19 | 86.39 |
| قطر | 68.22 | 32 | 76.07 | 46.90 | 81.69 | 100 | 79.29 | 70.49 | 54.50 | 31.46 | 55.06 | 54.18 | 69.08 | 76.34 | 99.65 |
| عمان | 62.91 | 45 | 69.61 | 41.29 | 77.84 | 100 | 56.17 | 68.49 | 53.76 | 20.40 | 47.61 | 55.84 | 60.99 | 83.65 | 88.88 |
| الأردن | 61.57 | 49 | 74.92 | 42.64 | 67.14 | 100 | 76.82 | 72.83 | 50.05 | 19.41 | 56.04 | 52.46 | 40.61 | 78.43 | 82.38 |
| مصر | 55.63 | 65 | 68.98 | 42.13 | 55.77 | 100 | 70.02 | 58.34 | 47.57 | 17.83 | 61.21 | 47.33 | 30.61 | 54.90 | 81.80 |
| الكويت | 51.26 | 77 | 46.49 | 36.93 | 70.36 | 50 | 50.50 | 43.34 | 42.13 | 33.48 | 37.49 | 39.82 | 58.64 | 62.28 | 90.15 |
| لبنان | 46.67 | 82 | 51.04 | 40.48 | 48.48 | 100 | 38.66 | 34.89 | 30.63 | 15.31 | 50.53 | 55.58 | 31.24 | 44.37 | 69.84 |
| تونس | 43.68 | 92 | 28.62 | 41.07 | 61.35 | 0 | 52.90 | 34.32 | 27.27 | 20.66 | 46.23 | 56.31 | 34.42 | 74.12 | 75.50 |
| المغرب | 41.78 | 101 | 34.82 | 36.70 | 53.82 | 0 | 56.95 | 38.96 | 43.36 | 19.64 | 49.82 | 40.63 | 37.97 | 51.28 | 72.22 |
| موريتانيا | 41.40 | 105 | 50.12 | 29.10 | 44.98 | 100 | 40.14 | 23.42 | 36.90 | 11.93 | 32.67 | 42.70 | 25.94 | 42.10 | 66.89 |
| العراق | 40.91 | .. | 32.60 | 35.87 | 54.25 | 50 | 19.41 | 20.90 | 40.10 | 19.02 | 41.61 | 46.98 | 29.39 | 53.10 | 80.25 |
| الجزائر | 39.06 | .. | 31.68 | 33.26 | 52.24 | 0 | 44.04 | 35.01 | 47.65 | 10.25 | 45.03 | 44.49 | 29.72 | 55.05 | 71.94 |
| فلسطين | 37.53 | .. | 24.64 | 32.75 | 55.21 | 0 | 20.35 | 46.64 | 31.55 | 15.42 | 45.56 | 37.27 | 33.24 | 56.05 | 76.35 |
| جيبوتي | 35.19 | .. | 23.13 | 32.84 | 49.61 | 0 | 25.44 | 30.35 | 36.72 | 20.06 | 41.36 | 37.11 | 27.29 | 45.20 | 76.35 |
| ليبيا | 33.25 | .. | 16.41 | 34.53 | 48.80 | 0 | 17.95 | 17.29 | 30.42 | 21.01 | 40.33 | 42.26 | 34.92 | 30.69 | 80.80 |
| جزر القمر | 26.65 | .. | 17.22 | 23.75 | 38.97 | 0 | 18.26 | 19.27 | 31.37 | 11.97 | 34.12 | 25.15 | 21.37 | 48.31 | 47.23 |
| الصومال | 25.32 | .. | 19.05 | 20.36 | 36.54 | 0 | 30.47 | 21.82 | 23.92 | 5.83 | 28.33 | 26.94 | 16.53 | 35.31 | 57.79 |
| السودان | 24.63 | .. | 13.32 | 24.29 | 36.28 | 0 | 14.18 | 15.16 | 23.94 | 3.22 | 35.36 | 34.28 | 20.08 | 27.73 | 61.03 |
| سورية | 16.95 | .. | 16.42 | 18.93 | 15.49 | 0 | 32.62 | 22.16 | 10.89 | 4.01 | 13.80 | 38.97 | 15.35 | 26.13 | 5.00 |
| اليمن | 14.62 | .. | 12.90 | 20.41 | 10.56 | 0 | 25.07 | 20.89 | 5.64 | 4.01 | 18.59 | 38.62 | 11.55 | 15.14 | 5.00 |

المصدر: Oxford Insights, Government AI Readiness Index

### 2.3 الاستنتاج العام لمؤشرات الدول العربية في الذكاء الاصطناعي

ت. دول الخليج: تتميز بقوة في البنية التحتية والبيانات، لكنها تحتاج إلى تعزيز مساهمة القطاع الخاص وتسريع التطبيقات العملية.

ث. دول المشرق العربي: تبرز لديها قوة الحكومة والسياسات لكن تعاني فجوةً في القطاع التكنولوجي والبنية التحتية.

ج. دول المغرب العربي: رغم وجود تقدُّم في البيانات والبنية التحتية إلا أن غياب الرؤية الوطنية يمثل تحديًا رئيسيًا.

ث. الدول الأقل نموًا: ما تزال في مستويات متأخرة وتعاني الضعف في التطبيقات العملية

تعكس النتائج أن بعض الدول العربية قطعت خطوات مهمة على صعيد وضع الرؤى والسياسات لكن ما زالت بحاجة المزيد من الجهود في هذا الجانب، وبما يشمل:

أ. تعزيز التقنيات المتطورة عبر دعم الشركات الناشئة وحاضنات الابتكار.

ب. تحويل الاستراتيجيات إلى تطبيقات عملية خاصة في القطاعات التالية: الصحة والزراعة والتعليم والخدمات الحكومية.

ج. يمكن تقليص الفجوة من خلال تعاون إقليمي في تبادل الخبرات والبنية التحتية الرقمية.

وعلى المستوى الهيكلي، يعتبر ضعف البنية المؤسسية والبنية التحتية للبيانات أحد العوائق الرئيسة أمام استعمال الذكاء الاصطناعي في إدارة قطاعي المياه والزراعة. ففي كثير من الدول العربية، تتسم البيانات الزراعية والمائية بعدم الانتظام بين الجهات المعنية، فضلًا عن ضعف آليات التحديث الفوري والمشاركة بين القطاعات. كما لايتوفر لدى العديد من المؤسسات العاملة في قطاعي الزراعة والمياه أنظمة متقدمة لجمع وتحليل البيانات الميدانية، ما يقلل من القدرة على التخطيط الاستباقي واتخاذ القرارات المستندة إلى الأدلة.

ويبرز هذا الواقع الحاجة الضرورية إلى تعزيز التكامل المؤسسي وتطوير منصات بيانات وطنية موحدة وبناء القدرات البشرية في مجالات علوم البيانات والذكاء الاصطناعي، من أجل تمكين إدارة أكثر كفاءة واستدامة للموارد المائية والزراعية.

## 4. التجارب العربية والعالمية في تطبيق الذكاء الاصطناعي في قطاعي المياه والزراعة

شهدت السنوات الأخيرة توسعاً ملحوظاً في توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المياه والزراعة على المستوى العالمي، مدفوعًا بتطور قدرات الحاسب الآلي والتقنيات الحديثة وتوفر البيانات الضخمة حول العديد من المواضيع ذات الأهمية بالنسبة إلى الدول، وكذلك إنترنت الأشياء وتكامل تقنيات الاستشعار عن بُعد. لقد أتاحت هذه التقنيات فرصاً لتحسين قطاع الزراعة والمياه من خلال قياس كفاءة استخدام الموارد المائية والزراعية وتعزيز الإنتاجية الزراعية والتكيُّف مع التغيُّرات المناخية. يمكن استخلاص نماذج مبتكرة وحلول عملية تتراوح بين أنظمة الإنذار المبكر الهيدرومناخي، وإدارة الري الذكية، والتنبؤ بإنتاجية المحاصيل إلى التشغيل الأمثل للسدود وشبكات التوزيع، وذلك من خلال استعراض التجارب العربية الدولية الناجحة، حيث يتم عكس هذه التجارب وقدرة الذكاء الاصطناعي على تقديم حلول قابلة للتكيف مع السياقات المحلية، بما يفتح المجال أمام الدول العربية للاستفادة من الدروس المستفادة وتجنب التحديات التي واجهتها التجارب السابقة.

### 1.4 تجارب بعض الدول العربية البارزة في تطبيق الذكاء الاصطناعي في قطاعي المياه والزراعة

تباينت تقنيات الذكاء الاصطناعي والتقنيات الحديثة في قطاعات المياه والزراعة بالدول العربية، وذلك حسب مستوى الجاهزية للتقنيات والبنية التحتية الرقمية. وواجهت العديد منها أو أغلبها العديد من التحديات التي تتعلق بفجوات تكامل البيانات ومحدودية التنسيق المؤسسي في الدول ونقص الكفاءات الوطنية في مجالات علوم البيانات الزراعية. إضافة إلى ضعف التمويل المستدام لمواصلة تشغيل هذه الأنظمة. وتنقسم الدول العربية حسب الوضع الحالي لاستخدام الذكاء الاصطناعي في مجالات المياه والزراعة إلى ثلاث مجموعات على النحو الآتي:

#### المجموعة الأولى: الدول ذات البنية التحتية الرقمية المتقدمة

تبنّى عددٌ من الدول منها الإمارات وقطر والسعودية مشاريع تجريبية وتطبيقات واسعة النطاق في إدارة الري الذكي ورصد جودة المياه والتنبؤ بالإنتاج الزراعي باستخدام بيانات الأقمار الصناعية ونماذج التعلم الآلي ومثال على ذلك أنظمة المراقبة الذكية للري المعتمدة على

إنترنت الأشياء في الإمارات، وكذلك منصات تحليل البيانات الزراعية في السعودية.

**المجموعة الثانية: الدول ذات المبادرات القطاعية المحدودة**

التي من بينها المغرب وتونس والأردن، فقد طبّقت حلولاً رقمية متخصصة في مشاريع ري كبرى أو تطبيق برامج مراقبة الموارد المائية، من خلال التركيز على استخدام الاستشعار عن بعد والذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة المياه في الزراعة، مثل برنامج "الحلول الرقمية للفلاحة" في المغرب، ونظام الإنذار المبكر للجفاف في الأردن.

**المجموعة الثالثة: الدول ذات القدرات التكنولوجية المحدودة**

تواجه صعوبات في تبنّي الذكاء الاصطناعي على نطاق واسع بسبب ضعف البنية التحتية الرقمية وقلة الكوادر الفنية، ومحدودية التمويل، حيث تعتمد في الغالب على مبادرات تجريبية من خلال تمويل إقليمي ودولي أو شراكات بحثية خارجية ومنها السودان واليمن وموريتانيا وجيبوتي والصومال.

## فيما يلي نستعرض أهم التجارب العملية الناجحة في بعض الدول العربية بتطبيقات الذكاء الاصناعي

لقد قامت بعض الدول العربية بتطبيقات عملية ناجحة والاستفادة من النماذج العملية في دمج التقنيات والذكاء الاصطناعي في إدارة الغذاء والمياه، ولعل من أبرزها تجارب:

### أ. الإمارات – أنظمة المراقبة الذكية للري

نجحت الإمارات في دمج أجهزة الاستشعار وأنظمة إنترنت الأشياء لإدارة الري بكفاءة عالية، مما ساعدها على جمع بيانات لحظية عن رطوبة التربة والطقس. غير أن تلك التجارب تعتمد على بنية تحتية رقمية متطورة واتصال إنترنت موثوق، وهو ما تفتقر إليه بعض المناطق الزراعية في دول عربية أخرى.

كما يتطلب نقل هذه التجربة إطارًا مؤسسيًا يتيح ربط البيانات بين وزارة الزراعة وهيئات ومؤسسات المياه، بما يضمن معايير موحدة لجمع وتحليل البيانات. لقد تبنَّت الإمارات نظام "Irrigation Control System" المعتمد على إنترنت الأشياء (IoT)[22] لاستشعار معطيات الطقس والتربة وتحليلها آليًا لضبط جداول الري. وقد ساهمت هذه الأنظمة في توفير المياه بنسبة وصلت لنحو 30 إلى 40 في المائة في بعض المزارع، وتحسين إنتاجية المحاصيل الزراعية، وتحقيق كفاءة الاستخدام" بالمجال الزراعي"، وتدعم أهداف التنمية المستدامة SDG-6[23]. كما قامت جامعة الإمارات باعتماد أنظمة أجهزة استشعار متقدمة لقياس الرطوبة ودرجة الحرارة، وتقوم بمفعول بيئي إيجابي من خلال خفض درجة التلوث الجوفي.

[22] إنترنت الأشياء (Internet of Things – IoT) هو مفهوم تكنولوجي يقوم على ربط الأجهزة والمعدات والأشياء المادية بالإنترنت بحيث تستطيع هذه الأشياء جمع البيانات وتبادلها وتحليلها بدون تدخل بشري مباشر، وذلك بهدف تحسين الكفاءة، المراقبة، والتحكم عن بُعد.

[23] Ministry of Health and Prevention, An overview of smart irrigation systems using IoT, https://nchr.elsevierpure.com/en/publications/an-overview-of-smart-irrigation-systems

ب. **المغرب – برنامج الحلول الرقمية للفلاحة (AgriLink)**

أظهر البرنامج قدرة عالية على توظيف الأقمار الصناعية والذكاء الاصطناعي في رصد مؤشرات زراعية ومائية بدقة عالية، وإرسال توصيات للمزارعين عبر منصات رقمية. فقد أبرزت التجربة أهمية منصات البيانات المتكاملة والقادرة على استقبال وتحليل صور فضائية وتوزيع المخرجات على المستخدمين. ومع ذلك، ما زال هناك تحدٍّ مؤسسيٍّ يتمثّل في استدامة التمويل وتوسيع نطاق هذه الحلول ليشمل صغار المزارعين. إضافة إلى تعزيز التنسيق بين المؤسسات المسؤولة عن الزراعة والموارد المائية والبحث العلمي.

كما قام المغرب بتطبيق نموذج عملي يهدف إلى ريادة الزراعة الرقمية، ويستخدم شبكة لاسلكية طويلة المدى منخفضة الطاقة لنقل البيانات عن رطوبة التربة ودرجة الحرارة والرطوبة الجوية إلى منصة رقمية تتيح للمزارعين تلقي إنذارات دقيقة ومتخصصة حول توقيت الري[24]. كذلك يستخدم المركز الملكي مؤشرات خاصة بالاستشعار الحراري (CRTS)، حيث يوظف الأقمار الصناعية في الزراعة والموارد المائية، ما يعزز القدرة على تخطيط المحاصيل ورصد الموارد بكفاءة، صور الأقمار الصناعية ونماذج الذكاء الاصطناعي لرصد الغطاء النباتي ومستوى رطوبة التربة وتزويد المزارعين بتوصيات عبر تطبيقات هاتفية. لقد ساهم ذلك في تقليل الهدر المائي عبر تحسين جداول الري ومتابعة صحة المحاصيل عن بُعد.

ت. **الأردن – نظام الإنذار المبكر للجفاف**

يعتمد هذا النظام على مزيج من بيانات الأرصاد الجوية وصور الأقمار الصناعية لبناء خرائط جفاف دورية، وهو ما عزّز قدرتها على اتخاذ قرارات استباقية. ومع ذلك، يظل ضعف تكامل البيانات بين الجهات المعنية ومحدودية القدرات الفنية لتحليل البيانات الضخمة من التحديات التي تضعف من فاعلية النظام.

لقد تم تدشين أول نظام مراقبة للجفاف يعمل فعليًا، بالتعاون بين عدة جهات دولية وإقليمية، وتعتبر هذه منصة وطنية تجمع بيانات الأرصاد الجوية والاستشعار عن بعد للتنبؤ بالجفاف وتوجيه قرارات تخصيص المياه. وتم تطويرها باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد وبرمجيات مفتوحة المصدر، بالتعاون مع ICBA و FAO و USAID و UNDP وجامعة نبراسكا[25].

وفي ذات السياق، تلقى المشاركون تدريباً عملياً على استخدام النظام، وكذلك تدريباً عملياً على إنتاج خرائط شهرية للجفاف. إضافة إلى مبادرة **MENA drought** التي يديرها المركز الدولي لزراعة لمحاصيل المالحة (IWMI)[26] والتي تركز على دمج أنظمة الإنذار المبكر لمساعدة في تأهب المجتمعات لمواجه التحديات. ومن أجل تعزيز هذه التقنيات، يتطلب من الحكومات توجيه الاستثمارات بطريقة أكثر فعالية في البني التحتية والسياسات الزراعية، بهدف

[24] https://wiot-group.com/think/en/articles/agrilink-smart-irrigation-morocco-agriculture-iot.

[25] International Centre for Biosaline Agriculture, www.preventionweb.net/news/icba-joins-forces-partners-set-first-ever-operational-drought-monitoring-system-jordan

[26] International Water Management Institute (IWMI), www.iwmi.org/blogs/turning-the-tide-on-drought-in-jordan-lebanon-and-morocco

رفع قدرة الحكومة على إدارة الأزمات المائية وتوجيه الدعم للمناطق الأكثر تضررًا قبل تفاقم الأزمة.

**جدول (4) : التجارب العربية الناجحة لتطبيق التقنيات الذكية في إدارة الزراعة والمياه**

| الدول | نموذج الذكاء الاصطناعي المطبق | الأثر |
|---|---|---|
| الإمارات | أنظمة الري الذكي (IoT) | توفير 30 إلى40 في المائة من المياه وتحسين الإدارة وكفاءة الإنتاج. |
| المغرب | نظام Agri-Link والأقمار الصناعية (AI + IoT) | تقليل هدر المياه والخروج بتوصيات ذكية للمزارعين، إضافة إلى تخطيط محسّن. |
| الأردن | إنذار مبكر للجفاف عبر الاستشعار عن بعد | رصد دقيق للجفاف وتحسين استجابة السياسات في المراحل المبكرة. |

المصدر: المؤلف، تلخيص تجارب الدول العربية.

**إضافة إلى بعض التجارب الناجحة في الدول العربية،** مثل تجربة مشتركة بين بلدية أبوظبي مع ICBA ، وهي تجربة ميدانية استمرت لمدة عامين على نظام ريّ تحت-سطحي. أفاد التقرير الفني الصادر عن الشركة المنفِّذة تحقيق خفض كبير في استهلاك المياه بلغ حتى 60 في المائة[27].

تجربة الإمارات لتنفيذ المدينة المستدامة في دبي وحديقة أم الإمارات وهي مشاريع تعتمد على شبكات ري ذكية قائمة على حساسات ورقمنة التشغيل، وقد حققت وفوراتٍ تشغيلية ومائية معتبرة[28] .

تجربة قطر في تطوير منصة ذكية لجدولة الري الحضري، فقد تبنّت منصة GoAigua للتحكم المركزي بالري باستخدام خوارزميات ذكاء اصطناعي لتحسين الجداول وتقليل الهدر في المسطحات الخضراء[29] .

كما قامت السعودية بتنفيذ برنامج يهدف إلى رفع كفاءة الري وإنتاجية المياه"بالتنسيق بين الفاو والمؤسسة العامة للري يتضمن على تدريب ميداني متقدم للمزارعين على تقنيات الري الحديثة والإدارة الذكية للمياه ضمن مشروع وطني لتعزيز كفاءة الاستخدام والإنتاجية[30].

أما عُمان، فقد تبنت برنامج الري الذكي والطائرات المسيّرة ضمن دفعٍ زراعي جديد، وقد أشارت المديرية العامة للبحوث الزراعية والحيوانية في عمان بتوسيع استخدام الري المعتمد على الحساسات، حيث نُشرت طائرات بدون طيار لمكافحة الآفات، وتلقيح النخيل، ومراقبة المحاصيل، إلى جانب أنظمة الري الذكية التي تستخدم مستشعرات رطوبة التربة. إضافةً إلى استخدام الطاقة الشمسية لتشغيل أنظمة الزراعة والبيوت المحمية دعمًا لأهداف رؤية 2040[31].

[27] Hydropoint, https://www.hydrorock.com/case-study/irrigation/

[28] Hydropoint, Baseline Smart Irrigation Systems Within the Sustainable Cities of the Gulf and Middle East Region, https://www.hydropoint.com/case-studies/baseline-smart-irrigation-systems-within-the-sustainable-cities-of-the-gulf-and-middle-east-region

[29] H2O Global, https://h2oglobalnews.com/qatar-turns-to-smart-irrigation-technology-amid-climate-threat/

[30] FAO, FAO and SIO launch intensive training programme on smart irrigation technologies for lead farmers in Saudi Arabia, https://www.fao.org/countryprofiles/news-archive/detail-news/en/c/1737890/

[31] https://omannews.gov.om/topics/en/79/show/123641

## 2.4 التطبيقات المحتملة للذكاء الاصطناعي في الدول العربية في قطاعي المياه والزراعة

لا تقتصر التطبيقات على الحلول التقنية فقط، بل تتقاطع بشكل مباشر مع أولويات التنمية المستدامة، وخاصة الأهداف 2 و6 و13، ما يجعلها أدوات مزدوجة الأثر تقنية وتنموية. لذلك يمكن وضع خارطة طريق واضحة لتحقيق إدارة أكثر ذكاءً لمواردها الطبيعية وضمان استدامة إنتاجها الزراعي في بيئة عالمية تتسم بالتحولات السريعة والمخاطر المعقدة. وتتزايد فرص توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة الموارد المائية والزراعية في الدول العربية، في ظل التحديات التي تتعلق بشح المياه والتقلبات المناخية وضغوط الأمن الغذائي، وتبرز هنا أهم التطبيقات العملية والتي تشمل الآتي:

أ. **التنبؤات الجوية وأنظمة الإنذار المبكر المدعومة بالذكاء الاصطناعي**

يتم دمج بيانات الأرصاد الجوية والاستشعار عن بُعد ونماذج التعلم العميق لتوقع موجات الجفاف أو الفيضانات قبل حدوثها بأسابيع. ومن الأمثلة على ذلك أنظمة الإنذار المبكر في المغرب وتونس لرصد الجفاف، ومبادرة "Early Warnings for All" التي تدعمها الأمم المتحدة[32].

ب. **التحليلات التنبؤية لغلة المحاصيل وسلاسل الإمداد الغذائي**

- نماذج التعلم الآلي لتحليل البيانات التاريخية والمناخية للتنبؤ بإنتاج المحاصيل الاستراتيجية مثل القمح والشعير.
- ربط هذه التنبؤات بتخطيط سلاسل الإمداد والتخزين مما يخفف الهدر الغذائي ويحسن الأمن الغذائي.

1. **أنظمة الري الذكية وتحسين استهلاك المياه باستخدام الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء**

استخدام حساسية رطوبة التربة ونظم التتبع اللحظي وخوارزميات جدولة الري لتقليل الهدر المائي بنسبة قد تتراوح بين 30 و 40 في المائة. وهناك تطبيقات ناجحة في بعض الدول مثل المغرب والأردن عبر مشاريع الري بالتنقيط الموجَّه بالبيانات[33].

2. **الاستشعار عن بُعد والمراقبة بالأقمار الصناعية للأراضي والمياه**

تحليل صور الأقمار الصناعية لرصد حالة الغطاء النباتي وتحديد الإجهاد المائي ومراقبة استخدام الأراضي. من أهم الأمثلة على ذلك منصة **WaPOR** من الفاو التي توفر بيانات شبه آنية للمنطقة العربية عن الإنتاجية النتح[34]–التبخر الفعلي (Evaporation&Transpiration ET).

**ويمكن مواءمة التطبيقات السابقة مع أهداف التنمية المستدامة(SDGs) على النحو الآتي:**

- الهدف 2 (القضاء على الجوع)، من خلال رفع الإنتاجية الزراعية، وتحسين الكفاءة في استخدام الموارد.

[32] هي مبادرة رائدة أطلقتها الأمم المتحدة في عام 2022، وتهدف إلى ضمان حماية كل شخص على هذا الكوكب من المخاطر الجوية، المائية، والمناخية بحلول عام 2027، من خلال أنظمة تحذير مبكر متعددة المخاطر وشاملة تجمع بين الاستباقية والجاهزية الذاتية.

[33] wiot-group.com/think/en/articles/agrilink-smart-irrigation-morocco-agriculture-iot

[34] إجمالي كمية المياه المفقودة من التربة والنباتات إلى الغلاف الجوي. ويُعد مؤشرًا مهمًا في إدارة المياه الزراعية لأنه يحدد كمية المياه التي تحتاجها المحاصيل للري بكفاءة.

- الهدف 6 (المياه النظيفة والصرف الصحي)، وذلك بتخفيض استهلاك المياه في الزراعة وتحسين إدارتها.
- الهدف 13 (العمل المناخي)، يتم ذلك من خلال تعزيز القدرة على التكيُّف مع الصدمات المناخية وتقليل الانبعاثات من الأنشطة الزراعية عبر تحسين الكفاءة.

بالرغم من ذلك، فإن توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في الدول العربية، قد يواجه مجموعة من التحديات الجوهرية، ولعل من أبرزها:

1. الفجوة الرقمية وضعف البنية التحتية التكنولوجية، خاصة في المناطق الريفية والزراعية النائية.
2. نقص البيانات الموثوقة والمحدثة، أو ضعف تكاملها بين المؤسسات، مما يحد من دقة النماذج التنبؤية.
3. محدودية الكفاءات البشرية المتخصصة في تقنيات الذكاء الاصطناعي وتطبيقاتها الزراعية والمائية.
4. ضعف الأطر التشريعية والتنظيمية التي تضمن الاستخدام الأمن والفعال للبيانات والتقنيات.
5. محدودية التمويل والاستثمار في المشروعات التجريبية والابتكار التقني في القطاعين الزراعي والمائي.

## 3.4 التجارب العالمية البارزة في تطبيق الذكاء الاصطناعي

شهدت العديد من الدول على مستوى العالم نجاحات ملموسة في توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في مجالات الري ومراقبة المحاصيل الزراعية والتنبؤ بحالات الطقس وإدارة شبكات المياه بكفاءة عالية. وقد وفرت تلك التجارب العالمية دروسًا عملية ونماذج قابلة للتكييف مع سياق الدول العربية سواء من حيث الابتكار التقني أو آليات التنفيذ والتكامل المؤسسي. ونستعرض فيما يلي نجاح بعض الدول في تبنّي الذكاء الاصطناعي واعتماد أهم المسارات الملاءمة لتعزيز الأمن المائي والزراعي في هذه الدول.

### أ. الهند - تطبيق برنامج (AI-Kissan) بعدة لغات

قدمت الهند نموذجاً بلغة متخصصة في قطاع الزراعة (LLM) باسم **Dhenu 1.0**[35]، قادر على التعامل بلغات محلية هندية، إضافة إلى اللغة الإنجليزية لتزويد المزارعين بالإرشادات الصوتية. وقد اعتمد هذا النموذج بنجاح على مدخلات من المزارعين أنفسهم. ومن ثَمَّ يُعزز إمكانية الوصول إلى المعلومات الزراعية حتى في المجتمعات الريفية التي تفتقر إلى الإلمام بالإنجليزية أو القراءة والكتابة. كذلك تمثل الميزة اللافتة المتمثلة في الاعتماد على مدخلات المزارعين أنفسهم لتغذية النظام، مما يضمن مواءمة المحتوى مع الواقع الميداني ورفع موثوقية التوصيات. كما تم إصدار النسخة المحدثة باسم **Dhenu 2.0** لتخدم شريحة كبيرة تشمل صناع القرار والمهتمين بالزراعة العالمية. كما أطلقت الحكومة الهندية منصة

[35] Microsoft, Navigating the digital divide in agriculture, https://www.microsoft.com/en-in/aifirstmovers/kissanai

رقمية تستخدم الذكاء الاصطناعي لتوفير خدمات شاملة للمزارعين من التمويل إلى الإرشاد، مدعومة بواجهة صوتية تدعم عدة لغات محلية. ويشمل الإصدار الثاني نطاقاً أوسع من المستفيدين ليس المزارعين فحسب، بل يشمل أيضًا صانعي القرار، والباحثين والجهات الفاعلة في سلاسل الإمداد الزراعي عالميًا. لقد ساهمت تلك الأنظمة في تعزيز الشفافية وتسهيل تطوير حلول محلية أو إقليمية تستند إلى البنية الأساسية نفسها، إضافة إلى فتح المجال لتكامل البيانات بين القطاعين العام والخاص.

إلى جانب ذلك، يعكس إطلاق الحكومة الهندية منصة رقمية شاملة مدعومة بالذكاء الاصطناعي من أجل تقديم خدمات متكاملة من التمويل الزراعي إلى الإرشاد الفني، وتحولًا نحو النظم الزراعية المترابطة التي تجمع بين الدعم المالي والمعرفة التقنية والأدوات الرقمية مع واجهة صوتية تدعم لغات متعددة، مما يزيل الحواجز اللغوية ويعزز الشمول الرقمي.

من منظور السياسات في مجال القطاع الزراعي، تُظهر التجربة الهندية أن النجاح يكمن في تعميم تطبيقات الذكاء الاصطناعي، بحيث لا يعتمد فقط على الابتكار التقني، بل يشمل أيضا القدرة على التكيُّف مع السياق المحلي والتكامل مع البنية التحتية المؤسسية وإشراك المستفيدين الأساسيين في تصميم وتطوير الحلول .كما أن هذه التقنيات تكون عاملًا حاسمًا في توسيع الأثر وتسريع نقل الخبرات إلى مناطق أخرى التي تواجه تحديات مشابهة في الأمن الغذائي والمائي.

### ب. الولايات المتحدة الامريكية - تجربة تطبيق الذكاء الاصطناعي في الزراعة الدقيقة (Precision Agriculture)

لقد تضمنت التجربة الأمريكية استخدام الذكاء الاصطناعي وتقنيات إنترنت الأشياء وG5 لرصد المحاصيل ومراقبة توزيع الماء وتحسين استهلاك الموارد AI بهدف تحسينِ الغلة الزراعية والمساعدة على التنبؤ بالأخطار، إضافة إلى تقليص الاستخدام غير الضروري للماء والأسمدة والمبيدات. فقد ساعدت تلك التقنيات المعنيين إلى تحسين بيئة العمل في قطاع المياه والزراعة، وبما يشمل:

- تحويل القرار اليومي إلى قرار مُستند إلى البيانات، حيث تجمع الزراعة الدقيقة بين إنترنت الأشياء(IoT) ونماذج الذكاء الاصطناعي والروبوتات والطائرات المسيّرة في تقدير الاحتياجات الدقيقة للماء والأسمدة والمبيدات على مستوى المتر المربع بدلاً من المعاملة الموحدة لكل الحقل، فيعمل ذلك على تقليل الهدر ويرفع الإنتاجية ويحدّ الأثر البيئي[36] .
- توفير للمياه ومدخلات الإنتاج، حيث أظهرت تقديرات الصناعات الزراعية أن التبنّي الكامل لتقنيات مثل الري المتغيّر المعدّل (Variable-Rate Irrigation) مع حساسات رطوبة التربة يمكن أن يحقق خفضًا إضافيًا يقارب 21 في المائة في استخدام المياه فوق المكاسب الحالية. لقد تم من خلال مراجعات العلمية الحديثة التأكيد على أن الري الدقيق أصبح نقطة تحوّل في كفاءة استخدام المياه[37].

[36] U.S. Department of Agriculture Economic Research Service (2023), Precision Agriculture in the Digital Era: Recent Adoption on U.S. Farms.

[37] Association of Equipment Manufacturers (AEM), The Environmental Benefits of Precision Agriculture

- التنبؤ بالمخاطر بدل الاستجابة لها، حيث تعمل تحليلات الذكاء الاصطناعي على بيانات الطقس والتربة والنبات في تطوير فعالية التنبؤ بالجفاف والأمراض ونقص العناصر الأساسية مما يمكّن من التدخل الاستباقي ويقلّل خسائر الغلة. لقد أبرزت المراجعة من قبل الجهات المعنية أهمية الهندسة الوراثية والزراعة الدقيقة وإدارة المياه المبتكرة في تعزيز مقاومة الجفاف ورفع الكفاءة[38].

في ذات السياق، ساهم استخدام تقنيات إنترنت الأشياء (IoT) في الولايات المتحدة في قطاع الزراعة بدور كبير في تطوير وتحسين هذا القطاع، وشملت هذه ما يأتي:

- **حساسية التربة،** تُستخدَم لذلك برمجيات ولوحات قياس سحابية تمد المزارع بنِسَب الرطوبة والملوحة والنيتروجين وتقدّم توصيات ريّ فورية وتقريراً مطوّراً يعرض فقرات تحليلية مدفوعة بقدرات التحليل والاتصال[39] .
- **تقنيات 5G والاتصال الريفي يعتبر ركيزة للزراعة الدقيقة،** استناداً إلى تقارير هيئة الاتصالات الفدرالية (FCC) وفرق عمل "الزراعة الدقيقة"، يمكن التأكد من إتاحة اتصال موثوق في الأرياف وهو شرط أساسي لتشغيل إنترنت الأشياء الزراعي والبث اللحظي للبيانات. من هنا جاء صندوق 5G للأرياف لتسريع نشر الشبكات المتقدمة في المناطق الريفية[40] .
- **تظهر بيانات وزارة الزراعة الأمريكية** (USDA-ERS)أن استخدام تقنيات الخرائط الإنتاجية والمعدلات المتغيرة تكون أعلى بكثير في المزارع الكبيرة، مما يبرز فجوةً لوجستية ومالية بينها وبين المزارع الصغيرة والمتوسطة[41].

ت. **إسبانيا - تجربة حوض Segura المائي**

الواقع في جنوب شرق إسبانيا هو من أكثر الأحواض المائية ندرة في الموارد على المستوى الأوروبي، حيث يواجه ضغوطاً متزايدة نتيجة التغير المناخي، والتقلبات المطرية وارتفاع الطلب الزراعي والحضري على المياه. من أجل مواجهة هذه التحديات قامت إسبانيا بتطوير إطار متكاملٍ يجمع بين النمذجة المائية المتقدمة وتقنيات الذكاء الاصطناعي، بهدف التنبؤ بالطلب على المياه وتخصيصها بكفاءة عبر القطاعات المختلفة الزراعة والصناعة والاستخدام الحضري. كما تستند إلى عدة مكونات رئيسة:

- **نماذج هيدرولوجية ديناميكية** لمحاكاة سلوك الأحواض المائية في ظل سيناريوهات مناخية مختلفة.
- **خوارزميات ذكاء اصطناعي** لتحليل البيانات التاريخية والحالية حول الاستهلاك ومعدلات الجريان السطحي ومستويات الخزانات من أجل إنتاج توقعات دقيقة بالطلب.
- **نظام دعم القرار (DSS)** يربط بين توقعات الإمداد والطلب، كما يقدم توصيات آنية

Quantified. www.aem.org/news/the-environmental-benefits-of-precision-agriculture-quantified

[38] Yingying Xing and Xiukang Wang (2024), Precision Agriculture and Water Conservation Strategies for Sustainable Crop Production in Arid Regions, Plants.

[39] Business Insider (2025), Farmers are using IoT to take the guesswork out of growing

[40] Federal Communications Commission (2024), Establishing a 5G Fund for Rural America

[41] Jonathan McFadden, Eric Njuki, and Terry Griffin, "Precision Agriculture in the Digital Era(2023): Recent Adoption on U.S. Farms", U.S. Department of Agriculture-Economic Research Service.

لمديري الموارد المائية حول أفضل سيناريوهات التوزيع.

لقد تمكن هذا النظام من إدارة وتخصيص 642 مليون متر مكعب من المياه خلال 6 أشهر بكفاءة عالية وتقليص العجز المائي إلى 9.7 في المائة، مقارنةً بالأعوام السابقة التي كانت تشهد نسب عجز أعلى بكثير. كما ساهمت هذه المنهجية في تحسين التنسيق بين الهيئات المسؤولة وزيادة مرونة الحوض في مواجهة فترات الجفاف الحادة. تعتبر تجربة حوض Segura مثالًا ناجحًا على دمج النمذجة العلمية مع الذكاء الاصطناعي والتقنيات الحديثة في إدارة موارد مائية محدودة[42]، إضافة إلى توفير نظام تشغيلي قادر على التكيُّف مع التغيُّرات المناخية والطلب المتقلب. تعتبر هذه التجربة قابلة للتكييف في المناطق العربية التي تعاني ندرةً مائية حادة خاصة إذا تم توفير بنية بيانات متكاملة وشبكات مراقبة ميدانية وأطر مؤسسية داعمة لاتخاذ القرار القائم على النمذجة والتنبؤ.

### خ. الأرجنتين - تطبيق مشروع Kilimo

المدعوم بتقنيات الذكاء الاصطناعي من أجل تحسين جداول الري وتقليل الاستهلاك المائي، حيث يعتبر مثالاً ناجحًا واعدًا للاستدامة في امريكا اللاتينية. تعتبر الزراعة في الأرجنتين ركيزة اقتصادية كبيرة، حيث تساهم بحوالي ربع الناتج المحلي الإجمالي، مما يجعل كفاءة استخدام المياه مسألة اقتصاد كلي. لقد واجهت الأرجنتين في السنوات الأخيرة فترات جفاف شديد ناجمة عن تغير المناخ. وكذلك واجهت المنتجات الزراعية ضرائب التصدير باهظة الثمن، إضافة إلى سياسات أخرى غير مواتية أعاقت من الإنتاج الزراعي في الأرجنتين. وقد أدّى ذلك إلى خروج الأرجنتين من قائمة أكبر 15 دولة مصدرة للمنتجات الزراعية في عام 2021 وهو مركز حافظت عليه على مدار الأربعين عامًا الماضية.

في عام 2022، تمكنت الأرجنتين من استعادة مكانتها المتقدمة من المركز الثامن عشر إلى الرابع عشر وفقًا لمنظمة التجارة العالمية. في حين لا تزال الأرجنتين تحتل المرتبة الثانية إقليميًا بعد البرازيل، إلا أن نموها تباطأ في السنوات العشر الماضية. وفي الوقت ذاته شهدت الدول المجاورة لها مثل تشيلي وأوروغواي وباراغواي نموًا في قطاعها الزراعي. وفي عام 2023، شهدت الصادرات الزراعية في الارجنتين تقلبات واضحة مما عزّز الضغوط على تحسين الإنتاجية وكفاءة الموارد. ومن هنا يُعتبر مشروع Kilimo ابتكاراً هاماً[43] يعمل من خلال منصة SaaS الذي تعتمد على الذكاء الاصطناعي في دمج بيانات الأقمار الصناعية والمعلومات المناخية وقياسات المجسات الحقلية، من أجل توليد جداول ري دقيق لكل حقل ومحصول زراعي. لقد أسهمت هذه التقنيات في تقليص استهلاك المياه الزراعية بنحو 20 في المائة مع الحفاظ على مستويات الإنتاجية.

لذلك، انتقل نموذج عمل Kilimo من مجرد تقديم حلول لإدارة الري إلى إنشاء سوق "الحياد المائي" للشركات على غرار أسواق الكربون، حيث يتم احتساب وفورات المياه كوحدات قابلة للقياس والتحقق (Volumetric Water Benefits). كما تقوم الشركات المشاركة بتمويل التحسينات المائية لدى المزارعين، وتحصل في المقابل على تقارير مفصّلة وموثوقة توضح الأثر المائي عبر سلاسل القيمة.

[42] Urtzo Otamendi and others (2024), Integrated water resource management in the Segura Hydrographic Basin: An artificial intelligence approach. Journal of Environmental Management.

[43] Microsoft, Kilimo Project, https://www.microsoft.com/en/customers/story/22911-kilimo-azure-virtual-network

لقد أدّى هذا النموذج إلى زيادة طلب السوق على حلول إدارة مخاطر المناخ، خاصة بعد موجات الجفاف الحادة التي شهدتها المنطقة، حيث أصبح التكيُّف المناخي وحوكمة الأحواض المائية مطلبًا اقتصاديًا ملحّاً. نتيجة لذلك، ظهر ما يُعرف بـ "المستثمرين من جانب الطلب (Demand-side investors)" [44]، وهي الشركات الكبرى في مجالات الأغذية والمشروبات وسلاسل الإمداد التي تستثمر مباشرة في مشاريع الحفاظ على الموارد المائية لضمان استدامة أنشطتها.

**جدول (5) : التجارب العالمية الناجحة لتطبيق التقنيات الذكية في إدارة الزراعة والمياه**

| الدولة | نموذج الذكاء الاصطناعي المطبق | أهم النتائج |
|---|---|---|
| الهند | Dhenu AI / Cluster Farming | إرشاد صوتي متعدد اللغات وزيادة الغلة والمحصول |
| الولايات المتحدة الأمريكية | Precision Agriculture | رصد ذكي للمحاصيل وتقليل الهدر وإعداد مسبق للتحديات |
| إسبانيا | Segura Basin AI Framework | تخصيص المياه بفعالية وتراجع العجز المائي |
| الأرجنتين | Kilimo | إدارة ري محسّنة وكفاءة في الاستهلاك المائي |

المصدر: المؤلف تلخيص تجارب الدول

## 5. التحديات المتعلقة بتطبيق الذكاء الاصطناعي في قطاع المياه والزراعة في الدول العربية

يواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي والتقنيات الحديثة في قطاعي الزراعة والمياه بالدول العربية ثلاثة تحديات متداخلة تقيد تطورها واستدامتها ويجب معالجة هذه التحديات بشكل يمكّن الدول العربية من إدارة الزراعة والمياه بطريقة مرنة ومستدامة، إضافة إلى تبنّي حلول عملية ومتكاملة تضمن استدامة الأثر. لقد أثبت التجارب العالمية والعربية الناجحة دور الابتكارات الرقمية، في توفير التقنيات والبيئة الداعمة التي تشمل بنية بيانات موثوقة وكذلك كفاءات بشرية مؤهلة وأطراً تنظيمية مرنة وفعّالة، بتحويل المبادرات الذكية من مشاريع تجريبية محدودة النطاق إلى منظومات تشغيلية مستدامة. تبرز هنا مجموعة من المداخل العملية القابلة للتنفيذ والتي تمثل خريطة طريق لتسريع التبنّي الفعّال للتقنيات الذكية وتحقيق أثر ملموس على كفاءة الموارد والإنتاجية الزراعية.

**أولًا. توفر وجودة البيانات:** ما تزال العديد من قواعد البيانات الوطنية متوزعة ومشتتة بين مختلف المؤسسات والهيئات الوطنية، كما أن هناك تفاوتاً كبيراً في الدقة والدورية والتوحيد القياسي (Standards). من ثَمَّ ينعكس ذلك مباشرة على أداء النماذج التنبؤية بما يشمل ارتفاع الخطأ وانخفاض القدرة التعميمية.

**ثانيًا. محدودية القدرات الفنية والكوادر الماهرة:** يساهم وجود فرق متعددة التخصصات التي تجمع بين علوم المياه والزراعة وعلوم البيانات والهندسة السحابية وحوكمة

[44] يُستخدم في الاقتصاد والتمويل لوصف المستثمرين أو الجهات التي تضخ أموالاً/رؤوس أموال في قطاعات أو أدوات استثمارية نتيجة لطلبها المباشر على منتجات أو خدمات معينة، أي أن الطلب الفعلي على السلع أو الخدمات هو ما يقود قراراتها الاستثمارية.

البيانات دعم القدرات في هذا الجانب. غالبًا ما تُدار تلك المشاريع بواسطة مزوّدي حلول خارجيين دون نقل معرفة مؤسسي كافٍ، مما يجعل هذه الأنظمة عرضة للتوقف بعد انتهاء المشروع أو عند تغيّر الفرق. كما يُلاحظ نقص في المهارات التطبيقية، وضبط النماذج، والتحقق الحقلي لتقييم الأثر في الأجهزة المعنية.

**ثالثًا. الجاهزية التنظيمية والسياسات المتعلقة بقطاعي الزراعة والمياه المواتية**، لا تزال الأطر التنظيمية لتوفير استخدام البيانات ومشاركتها وحمايتها متباينة في بعض الدول، مما يعوق إنشاء قواعد بيانات سيادية ومنصّات تبادل بين الوزارات المعنية وهيئات الخاصة بالأحواض. إضافة إلى غياب أو ضعف أدوات حوكمة الطلب المائي مثل الحصص والتسعير والعدادات الذكية. ويبدّد ذلك مكاسب الكفاءة الفنية التي يحققها الذكاء الاصطناعي والتقنيات الحديثة على مستوى الحقول الزراعية، حيث لا تتحوّل تلقائيًا إلى وفورات مائية فعلية على مستوى الحوض. كما أن المشتريات الحكومية التقليدية لا تراعي طبيعة المشاريع الرقمية التكرارية (Agile) ومتطلبات التشغيل والصيانة والارتقاء الدوري للنماذج (Model lifecycle).

## 6. دور الصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي في تحقيق الأمنين المائي والزراعي في الدول العربية

يعمل الصندوق العربي على صياغة وتنفيذ مداخلاته التنموية على أسس علمية تدعم صانعي القرار في الدول العربية، بحيث تحدد هذه التوصيات ارتباطها بأهداف التنمية المستهدفة ومؤشرات قياس الأداء والجداول الزمنية المعنية للتنفيذ، إضافة إلى مراعاة التكامل مع الأطر الوطنية للتنمية وأهداف التنمية المستدامة. ومن المقترح أن تغطي مجالات الدعم في القطاعين المائي والزراعي أبعادًا تشمل تمويل مشروعات البنية التحتية الذكية للمياه والزراعة وبناء القدرات الوطنية في تحليل البيانات والذكاء الاصطناعي، وكذلك تطوير منصات إقليمية لتبادل البيانات والخبرات ودعم الابتكار والشراكات بين القطاعين العام والخاص.

### 1.6. منصة المياه المقترحة من الصندوق العربي

في إطار الجهود الإقليمية لمعالجة تحديات الأمنين المائي والغذائي، تأتي **منصة المياه** التي يعمل الصندوق العربي على إطلاقها مع شركائه التنمويين خلال عام 2026 كآلية عملية لتعزيز الابتكار وتعبئة التمويل وتنمية القدرات في قطاعي الزراعة والمياه. من المتوقع أن توفر المنصة مجموعة من المنتجات والأدوات التي تدعم تطبيق الذكاء الاصطناعي والحلول الذكية، بما يساهم في تحقيق الأمن الغذائي واستدامة الموارد المائية، ومن أبرز هذه الإسهامات:

أ. **تمويل مبتكر ومستدام**:

- تعبئة موارد مالية عبر آليات التمويل المدمج (Blended Finance) التي تجمع بين القروض الميسرة والمنح ورأس المال الخاص.
- إصدار سندات خضراء وزرقاء لدعم مشاريع التحلية وإعادة الاستخدام في الزراعة.
- الاستفادة من أسواق الكربون والاعتمادات المناخية لتمويل مشاريع الري الذكي والزراعة منخفضة الانبعاثات.

ب. **برامج بناء القدرات ونقل المعرفة**:

- توفير برامج تدريب للوزارات والبلديات والمرافق المائية حول تبنّي أنظمة الذكاء الاصطناعي في إدارة المياه الزراعية.
- دعم الجامعات ومراكز البحث في تطوير حلول رقمية للتنبؤ بالطقس وتحسين إنتاجية المياه.
- تعزيز القدرات المؤسسية في مجال الحوكمة الرقمية والشفافية باستخدام مؤشرات أداء ولوحات متابعة آنية.

ت. **مشاريع تجريبية رائدة (Pilot Projects)**:

- مشروعات للتحلية بالطاقة المتجددة في دول الخليج.
- إعادة استخدام المياه المعالجة لأغراض الري في تونس ودول أخرى.
- مشاريع الري الذكي في اليمن والمغرب باستخدام تقنيات إنترنت الأشياء.
- برامج لإعادة تغذية المياه الجوفية ومراقبة الملوحة باستخدام حلول الاستشعار عن بعد.

ث. **حوكمة وتكامل إقليمي**:

- إنشاء منصة رقمية إقليمية لتبادل البيانات الزراعية والمائية وتعزيز التعاون العابر للحدود.
- اعتماد آليات شفافة لمتابعة الأداء عبر مؤشرات رئيسية تشمل خفض الفاقد المائي، وزيادة الإنتاجية الزراعية، وخفض الانبعاثات.
- تشجيع التعاون بين الدول العربية في إدارة الموارد المشتركة وتعزيز التكامل في مجال الأمنيين المائي والغذائي.

وذلك لتكون المنصة أداة عملية لتحويل الذكاء الاصطناعي والتقنيات الحديثة من مبادرات متفرقة إلى **مكون أساسي في السياسات الزراعية والمائية العربية**، تسهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة 2 و6 و13 من خلال توفير التمويل، وتنمية القدرات، وتنفيذ مشاريع عملية قابلة للتوسع والتكرار على مستوى الإقليم.

### 2.6. مجالات الدعم الممكنة

فيما يأتي نستعرض مجالات الدعم المقترحة للصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي:

أ. **تعزيز البنية التحتية الذكية للمياه والزراعة**

- تمويل مشروعات تركيب أنظمة الري الذكية والحساسات الميدانية لرطوبة التربة وربطها بمنصات بيانات وطنية.
- دعم تحديث شبكات الري لتقليل الفاقد وتحسين الكفاءة الفنية مع دمج تقنيات المراقبة اللحظية.

ب. **بناء القدرات الوطنية في الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات**

- تنظيم برامج تدريبية للكوادر في الدوائر الحكومية المعنية والمراكز البحثية في مجالات الاستشعار عن بُعد والنمذجة الهيدرولوجية[45].
- دعم إنشاء مختبرات بيانات (Data Labs) متخصصة داخل الوزارات وهيئات الأحواض.

ت. **تطوير منصات إقليمية لتبادل البيانات والخبرات**

[45] يعتبر أسلوباً علمياً يقوم على بناء نماذج رياضية أو حاسوبية لمحاكاة حركة المياه وتوزيعها في البيئة الطبيعية سواء على سطح الأرض مثل الانهار والبحيرات والسيول أو في في المياه الجوفية.

- تمويل إنشاء منصة موحدة لمشاركة بيانات المياه والزراعة والإنتاجية على غرار منصة الخاصة بمنظمة الفاو (WaPOR )، مع دعم أدوات التحليل والتصور البياني.
- تشجيع تبادل الخبرات بين الدول العربية بالمشاركة مع المؤسسات الدولية المعنية من خلال عقد ورش العمل والدورات المشتركة ومشاريع تجريبية عابرة للحدود.

ث. **دعم الابتكار والشراكات بين القطاعين العام والخاص**

- توفير تمويل مشترك لمشروعات ابتكارية في الذكاء الاصطناعي والتقنيات الحديثة في مجال الزراعة مثل التنبؤ بإنتاجية المحاصيل الزراعية أو الكشف المبكر عن الآفات.
- تحفيز استثمارات القطاع الخاص في حلول التكنولوجيا الزراعية من خلال حوافز مالية وضمانات قروض.

## 7. الخاتمة والاستنتاجات

أوضحت هذه الورقة أن تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة الغذاء والمياه تمثل فرصة استراتيجية للدول العربية لمواجهة تحديات انعدام الأمن الغذائي وشح الموارد المائية، وذلك من خلال تعزيز دقة التنبؤات في هذا المجال، وكذلك تحسين كفاءة استهلاك الموارد المائية ورفع القدرة على التكيُّف مع التغيُّرات المناخية. لقد أظهرت التجارب الدولية والعربية الناجحة أن الأنظمة الذكية قادرة على تقليص الفاقد المائي بنسبة تتراوح بين 20 إلى 40 في المائة وزيادة إنتاجية المياه وتحسين سلاسل الإمداد الغذائي بشكل واضح.

كما تتطلب الاستفادة من هذه الإمكانات تهيئة بيئة مؤسسية مواتية والعمل على إصدار التشريعيات المتكاملة والتي تشمل تحسين جودة وتكامل البيانات وبناء القدرات الفنية في مجالات علم البيانات والاستشعار عن بُعد، إضافة إلى تطوير أطر حوكمة البيانات وضمان استدامة النظم الذكية.

كذلك يجب مواءمة التدخلات التقنية الحديثة مع أهداف التنمية المستدامة خاصة الهدف 2 (القضاء على الجوع) والهدف 6 (المياه النظيفة والصرف الصحي) والهدف 13 (العمل المناخي)، من أجل ضمان الأثر الإيجابي طويل الأجل على التنمية الشاملة.

ويُقترح أن يلعب الصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي دورًا هاماً وأساسياً في تمويل ودعم المشروعات الرائدة وتوفير المساعدة الفنية وتعزيز الشراكات الإقليمية والدولية، بما يحوّل تطبيقات الذكاء الاصطناعي والتقنيات الحديثة من مبادرات تجريبية إلى منظومة متكاملة قادرة على إحداث تحول نوعي في الأمنين المائي والغذائي في الدول العربية.

# المراجع


1. منظمة الأغذية والزراعة نظام توزيع بيانات المياه والزراعة (AQUASTAT Dissemination System)
2. Association of Equipment Manufacturers (AEM), The Environmental Benefits of Precision Agriculture Quantified. www.aem.org/news/the-environmental-benefits-of-precision-agriculture-quantified
3. Business Insider (2025), Farmers are using IoT to take the guesswork out of growing.
4. Dominick de Waal and Others (2023), The Economics of Water Scarcity in the Middle East and North Africa, World Bank.
5. ESCWA. (2024b). *Arab Sustainable Development Report 2024 – Goal 6: Clean water and sanitation*. United Nations Economic and Social Commission for Western Asia. https://asdr-2024.unescwa.org/sdg-06.html
6. FAO, FAO and SIO launch intensive training programme on smart irrigation technologies for lead farmers in Saudi Arabia, https://www.fao.org/countryprofiles
7. FAO (2024), " Near East and North Africa: Regional Overview of Food Security and Nutrition", FINANCING THE TRANSFORMATION OF AGRIFOOD SYSTEMS FOR FOOD SECURITY AND NUTRITION.
8. FAO (2023), Real water savings in agriculture: Next Generation Water Management Policy Briefs
9. FAO (2017), DOES IMPROVED IRRIGATION TECHNOLOGY SAVE WATER? A REVIEW OF THE EVIDENCE.
10. Federal Communications Commission (2024), Establishing a 5G Fund for Rural America.
11. FutureWater (2020), Guidance on Realising Real Water Savings with Crop Water Productivity Interventions.
12. H2O Global, https://h2oglobalnews.com/qatar-turns-to-smart-irrigation-technology-amid-climate-threat/
13. Hydropoint, https://www.hydrorock.com/case-study/irrigation
14. Hydropoint, Baseline Smart Irrigation Systems Within the Sustainable Cities of the Gulf and Middle East Region, https://www.hydropoint.com/case-studies/baseline-smart-irrigation-systems-within-the-sustainable-cities-of-the-gulf-and-middle-east-region

15. Global Issues. (2024, November 7). *Arab region faces severe water scarcity, UN report warns*. https://www.globalissues.org/news/2024/11/07/38188.

16. Jonathan McFadden, Eric Njuki, and Terry Griffin, "Precision Agriculture in the Digital Era(2023): Recent Adoption on U.S. Farms", U.S. Department of Agriculture-Economic Research Service.

17. International Centre for Biosaline Agriculture, www.preventionweb.net/news/icba-joins-forces-partners-set-first-ever-operational-drought-monitoring-system-jordan

18. International Water Management Institute (IWMI), www.iwmi.org/blogs/turning-the-tide-on-drought-in-jordan-lebanon-and-morocco

19. Microsoft, Kilimo Project, https://www.microsoft.com/en/customers/story/22911-kilimo-azure-virtual-network

20. Microsoft, Navigating the digital divide in agriculture, https://www.microsoft.com/en- in/aifirstmovers/kissanai

21. Ministry of Health and Prevention, An overview of smart irrigation systems using IoT, https://nchr.elsevierpure.com/en/publications/an-overview-of-smart-irrigation-systems-using-iot

22. Oxford insights, Government AI Readiness Index 2024.

23. United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (2024). Water challenges in the Arab region, https://www.unescwa.org/sites/default/files/event/materials/8-%20Water%20challenges%20in%20the%20Arab%20region%202400690E.pdf

24. UNDP (2013), Water Governance in the Arab Region: Managing Scarcity and Securing the Future.

25. Urtzo Otamendi and others (2024), Integrated water resource management in the Segura Hydrographic Basin: An artificial intelligence approach. Journal of Environmental Management.

26. U.S. Department of Agriculture Economic Research Service (2023), Precision Agriculture in the Digital Era: Recent Adoption on U.S. Farms.

27. Yingying Xing and Xiukang Wang (2024), Precision Agriculture and Water Conservation Strategies for Sustainable Crop Production in Arid Regions, Plants.

28. WIoT Group, https://wiot-group.com/think/en/articles/agrilink-smart-irrigation-morocco-agriculture-iot.

29. World Bank (2021), MIDDLE EAST AND NORTH AFRICA: Background Paper Water Scarcity and Droughts.