منظمة
الأغذية والزراعة
للأمم المتحدة

2022

حالة الأغذية والزراعة

الاستفادة من الأتمتة في الزراعة لتحويل النُظم الزراعية والغذائية

هذا المنشور الرئيسي هو جزء من سلسلة **حالة العالم** التي تنشرها منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة

الاقتباس المطلوب:
منظمة الأغذية والزراعة. 2022. *حالة الأغذية والزراعة 2022. الاستفادة من الأتمتة في الزراعة لتحويل النُظم الزراعية والغذائية*. روما، منظمة الأغذية والزراعة.
https://doi.org/10.4060/cb9479ar

إنّ الأوصاف المستخدمة وطريقة عرض المواد في هذا المنتج الإعلامي لا تعرب عن أي رأي خاص لمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (المنظمة) في ما يتعلق بالوضع القانوني أو التنموي لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة، أو في ما يتعلق بسلطاتها أو بتعين حدودها وتخومها. ولا تعرب الإشارة إلى شركات محدّدة أو منتجات بعض المصنّعين سواء كانت مرخصة أم لا، عن دعم أو توصية من جانب منظمة الأغذية والزراعة أو تفضيلها على مثيالتها مما لم يرد ذكره.

ولا تعرب الأوصاف المستخدمة وطريقة عرض المواد الإعلامية في الخرائط عن أي رأي خاص لمنظمة الأغذية والزراعة في ما يتعلق بالوضع القانوني أو الدستوري لأي بلد أو إقليم أو مجال بحري، أو في ما يتعلق بتعيين حدود كل منها.

وقد اتخذت منظمة الأغذية والزراعة جميع الاحتياطات المعقولة للتحقق من المعلومات الواردة في هذا المنشور. ومع ذلك، يجري توزيع الموارد المنشورة ضامن من أي نوع، سواء بشكل صريح أو ضمني.

إن وجهات النظر المعبر عنها في هذا المنتج الإعلامي تخص المؤلف (المؤلفين) ولا تعكس بالضرورة وجهات نظر المنظمة أو سياساتها.

ISSN 0256-1190 (طباعة)
ISSN 2663-8673 (عبر الانترنت)
ISBN 978-92-5-137026-1
© منظمة الأغذية والزراعة، 2022

بعض الحقوق محفوظة. ويتاح هذا العمل بموجب ترخيص المشاع الإبداعي – نسب المصنف - غير التجاري – الترخيص بالمثل 0.3 لفائدة المنظمات الحكومية الدولية (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo).

بموجب أحكام هذا الرتخيص، يمكن نسخ هذا العمل، وإعادة توزيعه، وتكييفه لأغراض غير تجارية، بشرط التنويه بمصدر العمل على نحو مناسب. وفي أي استخدام لهذا العمل، لا ينبغي أن يكون هناك أي اقتراح بأن المنظمة تؤيد أي منظمة، أو منتجات، أو خدمات محددة. ولا يسمح باستخدام شعار المنظمة. وإذا تم تكييف العمل، فإنه يجب أن يكون مرخصا بموجب نفس ترخيص المشاع الإبداعي أو ما يعادله. وإذا تم إنشاء ترجمة لهذا العمل، فيجب أن تتضمن بيان إخلاء المسؤولية التي بالإضافة إلى التنويه المطلوب: "لم يتم إنشاء هذه الترجمة من قبل منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة. والمنظمة ليست مسؤولة عن محتوى أو دقة هذه الترجمة. وسوف تكون الطبعة الإنجليزية الأصلية هي الطبعة المعتمدة."

تتم تسوية النزاعات الناشئة بموجب الترخيص التي لا يمكن تسويتها بطريقة ودية عن طريق الوساطة والتحكيم كما هو وارد في المادة 8 من الترخيص، باستثناء ما هو منصوص عليه بخلاف ذلك في هذا الترخيص. وتتمثل قواعد الوساطة المعمول بها في قواعد الوساطة الخاصة بالمنظمة العالمية للملكية الفكرية http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules، وسيتم إجراء أي تحكيم طبقا لقواعد التحكيم الخاصة بلجنة الأمم المتحدة للقانون التجاري الدولي (UNCITRAL).

مواد الطرف الثالث. يتحمل المستخدمون الراغبون في إعادة استخدام مواد من هذا العمل المنسوب إلى طرف ثالث، مثل الجداول، والأشكال، والصور، مسؤولية تحديد ما إذا كان يلزم الحصول على إذن لإعادة الاستخدام والحصول على إذن من صاحب حقوق التأليف والنشر. وتقع تبعة المطالبات الناشئة عن التعدي على أي مكون مملوك لطرف ثالث في العمل على عاتق المستخدم وحده.

المبيعات، والحقوق، والترخيص. يمكن الاطلاع على منتجات المنظمة العالمية على الموقع الالكتروني للمنظمة: http://www.fao.org/publications/ar ويمكن شراؤها من خلال publications-sales@fao.org.
أما تقديم طلبات الاستخدام التجاري فتقدم عن طريق: www.fao.org/contact-us/licence-request
وينبغي تقديم الاستفسارات المتعلقة بالحقوق والترخيص إلى: copyright@fao.org

صورة الغلاف: ©Sorapong Chaipanya/Shutterstock.com

تايلاند. منظر جوي لمزارع يستخدم حاسوب لوحي في حقل أرز أخضر.

ISSN 0256–1190

2022

حالة الأغذية والزراعة

الاستفادة من الأتمتة في الزراعة لتحويل النُظم الزراعية والغذائية

منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة
روما، 2022

المحتويات

تمهيد iv
المنهجية vii
شكر وتقدير viii
مسرد المصطلحات x
الرسائل الرئيسية xiv
موجز xv

الفصل 1
الأتمتة الزراعية: ماهيّتها وأهميّتها **1**
الرسائل الرئيسية 1
كيف وصلنا إلى هذه المرحلة؟ 2
ما هي الأتمتة الزراعية؟ 3
لمَ الحاجة إلى الاستفادة من الأتمتة الزراعية؟ فهم الدوافع الرئيسية 7
التحديات التي يفرضها تقدّم الأتمتة الزراعية 11
تحويل التحديات إلى فرص 12
ما هو محور تركيز التقرير؟ 13

الفصل 2
فهم ماضي الأتمتة الزراعية واستشراف مستقبلها **17**
الرسائل الرئيسية 17
اتجاهات الميكنة الآلية ودوافعها في جميع أنحاء العالم 18
الثورة الرقمية وقدرتها على تحويل استخدام الميكنة الآلية والممارسات الزراعية 23
حالة تكنولوجيات الأتمتة الرقمية والروبوتية في الزراعة 28
الاستنتاجات 36

الفصل 3
الجدوى التجارية للاستثمار في الأتمتة الزراعية **39**
الرسائل الرئيسية 39
الجدوى التجارية للأتمتة الآلية تؤكد إمكاناتها المتسقة في كثير من السياقات 40
تقصي الجدوى التجارية للأتمتة الرقمية: دروس مستفادة من دراسات الحالة 46
ما وراء الجدوى التجارية: دور الاستثمارات والسياسات والتشريعات 51
مسارات الأتمتة الزراعية في المستقبل: اعتبارات بشأن الأخذ الشامل بها والاستدامة البيئية 53
الاستنتاجات 60

الفصل 4
الآثار الاجتماعية والاقتصادية وفرص الأتمتة الزراعية **63**
الرسائل الرئيسية 63
نهج قائم على النُظم الزراعية والغذائية في تحليل الآثار الاجتماعية 64
آثار الأتمتة الزراعية على اليد العاملة 67
الأتمتة الزراعية تتيح فرصًا جديدة لريادة الأعمال وإحداث تحوّل والتأثير على التغذية والمستهلكين 72
عملية أتمتة زراعية شاملة للجميع 73
مستقبل القوة العاملة في النُظم الزراعية والغذائية 77
الاستنتاجات 78

الفصل 5
خيارات السياسات من أجل أتمتة زراعية متسمة بالكفاءة ومستدامة وشاملة للجميع **81**
الرسائل الرئيسية 81
نحو أتمتة زراعية مسؤولة 82
السياسات العامة لتهيئة بيئة مؤاتية 84
سياسات وتشريعات واستثمارات تستهدف الزراعة 87
سياسات لضمان مساهمة الأتمتة الزراعية في نُظم زراعية وغذائية مستدامة وقادرة على الصمود 92
سياسات لضمان عملية أتمتة زراعية شاملة يستفيد منها الجميع 94
الاستنتاجات 97

الملاحق **99**

الملحق 1
وصف دراسات الحالة **100**

الملحق 2
الجداول الإحصائية **128**

المراجع **134**

الجداول

1 عدد دراسات الحالة بحسب حجم المنتج ومستوى الأتمتة والقطاع 15

2 المعالم الرئيسية المختارة في الأتمتة الرقمية في الزراعة 29

ألف 2–1 استخدام الجرارات لكل 1 000 هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة في آخر سنة متاحة 128

الأشكال

1 الدورة الثلاثية المراحل لنظام الأتمتة 4

2 تطور الأتمتة الزراعية 5

3 حصة العمالة في الزراعة من إجمالي العمالة بحسب فئة الدخل (أعلى) والإقليم (أسفل)، 1991–2019 8

4 الجرّارات المستخدمة لكل 1 000 هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة 20

5 تكنولوجيات رقمية وروبوتات مختارة مزودة بالذكاء الصناعي بحسب نظام الإنتاج الزراعي 30

6 الجهوزية لتوسيع نطاق تكنولوجيات الأتمتة الرقمية على امتداد الطيف 48

7 مقاربة آثار الأتمتة على العمالة من منظور النُظم الزراعية والغذائية بكليتها 65

8 خارطة طريق لخيارات السياسات من أجل الاستفادة من الأتمتة الزراعية بطريقة مسؤولة 83

الإطارات

1 التغلّب على التحديات المتصلة بالبيانات في الإبلاغ عن استخدام الآلات الزراعية 19

2 فهم الميكنة في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى 22

3 الأدوات الرقمية لتحسين الوصول إلى خدمات الميكنة 25

4 الأدوات الرقمية غير المرتبطة بالميكنة – الحلول غير المدمجة 26

5 الأتمتة الرقمية للإنتاج الحيواني: أمثلة من أمريكا اللاتينية وأفريقيا وأوروبا 31

6 التكنولوجيات الجديدة في مجال تربية الأحياء المائية: أمثلة من الهند والمكسيك 33

7 تطور قطاع الغابات: الميكنة والأتمتة الرقمية 34

8 تحليل مقارن لكلفة الجرّ الآلي وفوائده مقابل الجرّ اليدوي و/أو الجرّ الحيواني في إنتاج القمح: أدلة من إثيوبيا ونيبال 41

9 الاستفادة من الأتمتة في الزراعة لتحسين سلامة الأغذية 43

10 تعزيز قدرة صغار المنتجين على الصمود من خلال الميكنة الآلية الصغيرة الحجم 44

11 الميكنة في الأحواض المرتفعة في مصر لتحسين الإنتاجية والاستخدام المستدام للمياه 45

12 توفير الوقت والجهد والمال باستخدام آلات البذر الأسطوانية في جمهورية لاو الديمقراطية الشعبية 46

13 تطور الجدوى التجارية لنُظم الحلب الروبوتية 47

14 أثر رشاش رقمي للبساتين في الاتحاد الأوربي: أدلة من بولندا وهنغاريا 49

15 جائحة كوفيد–19 حفزت الاهتمام بالتكنولوجيات الرقمية: أدلة مستقاة من اثنتين من دراسات الحالة 51

16 حلّ مشكلة نقص اليد العاملة في حقول الفراولة باستخدام روبوتات الحصاد 54

17 الجدوى التجارية بالنسبة إلى النساء المعتمدات على الميكنة الآلية: أدلة من نيبال 55

18 رؤية لروبوتات المحاصيل الذاتية التشغيل المنخفضة الكلفة 58

19 تحليل الأتمتة الزراعية من منظور العمل اللائق 68

20 آثار استخدام الميكنة في حصاد قصب السكر على اليد العاملة في البرازيل 70

21 الأتمتة والمجتمعات المحلية الريفية المرسلة للمهاجرين: حالة كاليفورنيا 71

22 إدماج الأشخاص ذوي الإعاقة 74

23 إدماج النساء والشباب: أدلة من دراسات الحالة 75

24 النساء في مقعد القيادة: النهوض بتمكين المرأة من خلال الجرّارات 76

25 كيف يمكن لمختلف أنواع الدعم الحكومي تعزيز الأتمتة الزراعية 84

26 شبكة النطاق العريض المفتوحة في كومين، سلوفينيا 86

27 استراتيجيات وطنية من أجل تعزيز الأخذ بالأدوات الرقمية في الزراعة الأفريقية 88

28 تكييف الأتمتة الرقمية مع السياقات المختلفة: أدلة من 27 دراسة حالة 90

تمهيد

يغوص هذا التقرير في أعماق واقع الزراعة، إذ يشهد القطاع تغيُّرًا تكنولوجيًا عميقًا بوتيرة متسارعة. وتظهر بسرعة تكنولوجيات جديدة لم يكن من الممكن تصورها قبل بضع سنوات. وفي مجال الإنتاج الحيواني، على سبيل المثال، يزداد في بعض البلدان استخدام التكنولوجيات القائمة على الوسم الإلكتروني للحيوانات – بما في ذلك روبوتات الحلب ونُظم تغذية الدواجن. وتُتيح إرشادات النظام العالمي لسواتل الملاحة أتمتة إنتاج المحاصيل، بما في ذلك استخدام التوجيه الآلي للجرارات وناثرات السماد ورشاشات مبيدات الآفات. بل وتظهر الآن في السوق تكنولوجيات أكثر تطورًا في جميع القطاعات. وفي قطاع إنتاج المحاصيل، بدأ التسويق التجاري للآلات الذاتية التشغيل، مثل روبوتات إزالة الأعشاب الضارة، في حين تجمع المركبات الجوية غير المأهولة (التي تُسمى في العادة الطائرات المسيّرة) المعلومات لإدارة المحاصيل واستخدام المدخلات. وفي قطاع تربية الأحياء المائية، يزداد استخدام التغذية المؤتمتة وتكنولوجيات الرصد. وفي قطاع الغابات، تُشكل آلات قطع الأخشاب ونقلها حاليًا هدف جهود الأتمتة. ويُسهِّل العديد من أحدث التكنولوجيات الزراعة الدقيقة، وهي استراتيجية في الإدارة تستخدم المعلومات لتحقيق المستوى الأمثل في استخدام المدخلات والموارد.

وقد تُثير التطورات التكنولوجية الأخيرة الذهول والدهشة، وتُحفِّز الرغبة في معرفة المزيد. ولكن، من المهم أن نتذكر أن التغيير التكنولوجي ليس ظاهرة جديدة، والأهم من ذلك أن إمكانية الوصول إليه ليست متاحة لجميع الجهات الفاعلة في النُظم الزراعية والغذائية. وتبحث منظمة الأغذية والزراعة هذا الموضوع منذ عقود. وما نشهده اليوم لا يعدو على كونه نقطة اندماج – في الوقت الراهن – لعملية طويلة من التغيير التكنولوجي في الزراعة تسارعت على مدى القرنين الماضيين.

وأدّت هذه العملية إلى زيادة الإنتاجية، والحد من مشقة العمل الزراعي، وتحرير اليد العاملة لأداء أنشطة أخرى، وتحسين سُبل العيش ورفاه الإنسان في نهاية المطاف. وحسّنت الآلات والمعدات الخطوات الرئيسية الثلاث التي تنطوي عليها أي عملية زراعية، أي التشخيص واتخاذ القرار والأداء، واستحوذت عليها في بعض الأحيان. ويكشف التطور التاريخي عن خمس فئات للتكنولوجيا: إدخال الأدوات اليدوية؛ واستخدام الجرّ الحيواني؛ والميكنة الآلية منذ العقد الثاني من القرن الماضي؛ وتبنّي المعدات الرقمية منذ ثمانينيات القرن الماضي؛ ثم، منذ عهد أقرب، إدخال الروبوتية. وما يُشار إليه بالأتمتة في هذا التقرير يبدأ في الواقع بالميكنة الآلية التي حققت قدرًا كبيرًا من الأتمتة في عنصر الأداء في العمليات الزراعية. وتسمح التكنولوجيات الرقمية والروبوتات الحديثة أيضًا باستخدام الأتمتة تدريجيًا في التشخيص واتخاذ القرارات. وكما يلاحظ هذا التقرير فإن هذا التطور مستمر، ولكن المنتجين الزراعيين في البلدان كافة ليسوا جميعًا في المرحلة نفسها.

وتسود في الواقع مخاوف بشأن الآثار الاجتماعية والاقتصادية السلبية المحتملة للتغيير التكنولوجي الموفِّر لليد العاملة، ولا سيما الاستغناء عن الوظائف وما يترتب على ذلك من بطالة. وتعود هذه المخاوف إلى مطلع القرن التاسع عشر على الأقل. ومع ذلك، عند النظر إلى الماضي، نجد أن المخاوف من أن تؤدي الأتمتة التي تزيد إنتاجية اليد العاملة بالضرورة إلى حرمان الناس من وظائفهم على نطاق واسع هي مخاوف لا يؤيدها ببساطة الواقع التاريخي. ويرجع السبب في ذلك إلى أن استخدام الأتمتة في الزراعة يُشكل جزءًا من عملية التحوّل الهيكلي للمجتمعات الذي تؤدي فيه زيادة إنتاجية العمل الزراعي إلى تحرير العمال الزراعيين تدريجيًا، ما يتيح لهم مزاولة أنشطة مجزية في قطاعات أخرى، مثل الصناعة والخدمات. وأثناء هذا التحوّل، تنخفض حصة السكان العاملين في الزراعة بصورة طبيعية، بينما تنشأ وظائف في قطاعات أخرى. ويقترن ذلك عمومًا بتغييرات داخل النُظم الزراعية والغذائية التي تتطور فيها القطاعات التمهيدية والنهائية، ما يؤدي إلى إيجاد وظائف جديدة وتهيئة فرص جديدة لريادة الأعمال. ولذلك من الضروري الاعتراف بأن الزراعة جزء رئيسي من النُظم الزراعية والغذائية الأوسع.

ويُسلط التقرير الضوء على الفوائد المحتملة للأتمتة الزراعية المتعددة الأوجه والقادرة على المساهمة في تحويل النُظم الزراعية والغذائية، ما يجعلها أكثر كفاءة وإنتاجية وقدرة على الصمود واستدامة وشمولًا. ويمكن للأتمتة أن تزيد إنتاجية اليد العاملة والربحية في الزراعة. ويمكن أن تُحسّن ظروف العمل للعمال الزراعيين. ويمكن أن تُولِّد في المناطق الريفية فرصًا جديدة لريادة الأعمال قد تكون جذابة بشكل خاص للشباب الريفيين. ويمكن أن

تساعد على الحد من الفاقد من الأغذية وعلى تحسين جودة المنتجات وسلامتها. ويمكن أن تُحقق أيضًا فوائد من حيث الاستدامة البيئية والتكيُّف مع تغيُّر المناخ. ويمكن للحلول الحديثة التي تشمل الزراعة الدقيقة واعتماد معدات صغيرة النطاق – غالبًا ما تكون ملائمة أكثر للظروف المحلية مقارنة بالميكنة الآلية التي تستخدم الآلات الثقيلة – أن تُحسِّن الاستدامة البيئية والقدرة على الصمود في وجه تغيُّر المناخ والصدمات الأخرى. وبفضل هذه الفوائد العديدة، يمكن أن تساهم الأتمتة الزراعية أيضًا في تحقيق العديد من أهداف التنمية المستدامة.

ومع ذلك، يسلّم هذا التقرير أيضًا بالمخاطر والمشاكل المصاحبة للأتمتة الزراعية. وكما هو الحال مع أي تغيير تكنولوجي، ينطوي استخدام الأتمتة في الزراعة على اختلال في النُظم الزراعية والغذائية. وإذا كانت الأتمتة سريعة ولا تتماشى مع الظروف الاجتماعية والاقتصادية وظروف سوق العمل المحلية فقد تُؤدي بالفعل إلى بطالة اليد العاملة – وهي النتيجة الشائعة التي يجب تجنب حدوثها. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تؤدي الأتمتة إلى زيادة الطلب على العمال ذوي المهارات العالية وتقليل الطلب على العمال غير المهرة. وإذا كان بوسع كبار المنتجين الزراعيين المزدهرين الوصول إلى الأتمتة بسهولة أكبر من المنتجين الأصغر والأكثر فقرًا، فإن الأتمتة يمكن أن تؤدي إلى تفاقم أوجه عدم المساواة، ويجب تجنب ذلك بأي ثمن. ويمكن للأتمتة، وخاصة الميكنة التي تعتمد على الآلات الثقيلة، عندما لا تُدار بطريقة جيدة ولا تناسب الظروف المحلية، أن تُعرِّض الاستدامة الزراعية للخطر. وهذه المخاطر حقيقية ويعترف بها هذا التقرير ويُحللها.

ومع ذلك، وكما يُشير التقرير أيضًا، فإن العزوف عن استخدام الأساليب الآلية ليس هو الطريق إلى المستقبل. وتؤمن منظمة الأغذية والزراعة حقًا بأنه لا سبيل إلى انتشال مئات الملايين من الأشخاص من الفقر والجوع وانعدام الأمن الغذائي وسوء التغذية من دون التقدم التكنولوجي وزيادة الإنتاجية. وقد يعني رفض الأتمتة الحكم على العمال الزراعيين بمستقبل من الإنتاجية المنخفضة الدائمة وعائد ضعيف على عملهم. وما يهم هو طريقة تطبيق الأتمتة في الممارسة العملية، وليس ما إذا كانت تحدث أم لا. ويجب أن نضمن أن الأتمتة تحدث بطريقة شاملة للجميع وتُعزز الاستدامة.

وتتمسك منظمة الأغذية والزراعة في هذا التقرير بمفهوم التغيير التكنولوجي المسؤول لإنجاح استخدام الأساليب الآلية في الزراعة. فعلى ما ينطوي ذلك؟

أولًا، ينبغي أن تُشكل الأتمتة الزراعية جزءًا من عملية تحوّل زراعي بالتوازي مع تغييرات أوسع نطاقًا في المجتمع والنُظم الزراعية والغذائية وينبغي أن تُيسرها وأن تكون ميسَّرة بها. ولذلك، من الضروري أن يستجيب الأخذ بالأتمتة للحوافز الحقيقية. وبالتالي، يمكن للتكنولوجيات الموفِّرة لليد العاملة أن تُعزز عملية التحوّل الزراعي عندما تستجيب لندرة اليد العاملة المتزايدة وارتفاع الأجور الريفية. ومن ناحية أخرى، إذا أنشئت الحوافز التي تشجع على الأخذ بالأتمتة أو بتكنولوجيات محددة للأتمتة بصورة مصطنعة، وذلك على سبيل المثال من خلال الإعانات الحكومية – ولا سيما في السياقات التي تتسم بوفرة اليد العاملة – يمكن أن يكون الأخذ بالأتمتة مدمّرًا إلى حد كبير وأن تكون له آثار على سوق العمل وآثار اجتماعية واقتصادية سلبية. ومع ذلك، من المهم ألّا تمنع السياسات الحكومية الأتمتة كون هذا يمكن أن يؤدي إلى الحكم على المنتجين والعمال الزراعيين بمستقبل تنخفض فيه بصورة دائمة إنتاجيتهم وقدرتهم التنافسية. ويؤكد هذا التقرير أن الدور المناسب للحكومة هو تهيئة بيئة مؤاتية لتيسير الأخذ بحلول الأتمتة المناسبة، بدلًا من تحفيز حلول محددة بشكل مباشر في السياقات التي قد لا تكون مناسبة فيها أو التي تُثبط فيها الأخذ بالأتمتة بأي شكل من الأشكال.

ولتحقيق الاتساق مع أهداف التنمية المستدامة، ينبغي أن تكون الأتمتة شاملة. ويجب أن تتيح فرصًا للجميع، من صغار المنتجين إلى المزارع التجارية الكبيرة، فضلًا عن الفئات المهمشة، مثل النساء والشباب والأشخاص ذوي الإعاقة. وينبغي التغلب على الحواجز التي تحول دون الأخذ بها، ولا سيما بالنسبة إلى النساء. وتعني إتاحة الحلول التقنية المناسبة لجميع فئات المنتجين أن تكون التكنولوجيات محايدة من حيث الحجم، أي أن تكون مناسبة للمنتجين بجميع مستوياتهم، أو في متناول الجميع من خلال آليات مؤسسية، مثل الخدمات المشتركة. ومن الضروري أيضًا صقل المهارات الرقمية من خلال التعليم والتدريب لتيسير الأخذ بالأتمتة وتجنب الفجوات الرقمية الناشئة عن عدم تكافؤ الفرص في اكتساب المعرفة والمهارات.

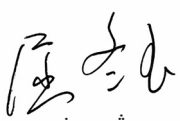
تمهيد

وينبغي تكييف حلول الأتمتة مع السياق المحلي، ليس فقط من حيث خصائص المنتجين، بل وكذلك من حيث الظروف الفيزيائية البيولوجية والطبوغرافية والمناخية والاجتماعية والاقتصادية المحلية لكي تعزز الاستدامة ولكي تكون شاملة للجميع وتحويلية بحق. ويتسم هذا التقرير بالواقعية، ولا يُقدّم حلًا واحدًا يناسب جميع السياقات. وليس الحل التكنولوجي الأكثر تقدمًا هو بالضرورة الأنسب لكل مكان وللجميع. وكما تبيّن الأدلة، يمكن أن تؤدي التكنولوجيات البسيطة في بعض الحالات، مثل الآلات الصغيرة، بل وحتى المعدات المحمولة باليد، إلى فوائد كبيرة لصغار المنتجين، ويمكن أن تُمكِّن من الإنتاج على الأراضي الجبلية. بل وهناك أيضًا حالات يكون فيها المنتجون قادرين على القفز مباشرة إلى حلول تكنولوجية أكثر تقدمًا. ومن الضروري هنا أن يختار المنتجون الزراعيون بأنفسهم التكنولوجيات الأنسب لاحتياجاتهم، بينما تهيئ الحكومات البيئة المؤاتية التي تسمح لهم بذلك.

وأخيرًا، يؤكد هذا التقرير أيضًا أن الأتمتة الزراعية يجب أن تُساهم في زراعة أكثر استدامة وأكثر قدرة على الصمود. وفي الماضي، كان لاستخدام آلات ثقيلة على نطاق واسع في كثير من الأحيان أثر سلبي على الاستدامة البيئية. وتتطلب معالجة ذلك تكييف الميكنة مع الآلات الأصغر حجمًا والأخف وزنًا. وفي الوقت نفسه، توفِّر الزراعة الرقمية والروبوتات التي تُسهِّل الزراعة الدقيقة حلولًا أكثر كفاءة في استخدام الموارد وأكثر استدامة من الناحية البيئية. ويمكن أن تُساعد البحوث التقنية والزراعية التطبيقية على إيجاد حلول يمكن أن تؤدي إلى مزيد من التقدم نحو تحقيق الاستدامة البيئية.

ويبحث هذا التقرير بالتفصيل في هذه المسائل، ويُقدّم دراسة موضوعية ومتعمِّقة للأتمتة الزراعية، ويزيل الغموض عن الخرافات التي لا أساس لها من الصحة المحيطة بها، ويقترح سُبلًا للمضي قدمًا في الأخذ بالأتمتة الزراعية في مختلف البلدان والبيئات المحلية. ويحدِّد التقرير مجالات رئيسية للتدخلات في مجال السياسات والاستثمارات لضمان مساهمة الأتمتة الزراعية في تحقيق تنمية شاملة للجميع ومستدامة.

وتؤمن منظمة الأغذية والزراعة إيمانًا راسخًا واستراتيجيًا بالتكنولوجيا والابتكار والبيانات، انطلاقًا من الحوكمة الملائمة ورأس المال البشري والمؤسسات كعوامل مسرِّعة رئيسية شاملة ومشتركة بين القطاعات في جميع تدخلاتها البرامجية من أجل تسريع الأثر والتقليل إلى أدنى حد من المفاضلات. ومما لا شك فيه أن هذه العوامل المسرّعة ستكون محفزة للتحوّل الزراعي في جميع السياقات. ويحدوني الأمل في أن يُساهم هذا التقرير بدور بنّاء في النقاش الدائر حول السياسات في هذا المجال ذي الأهمية الكبرى لتحقيق أهداف التنمية المستدامة.



شو دونيو

المدير العام لمنظمة الأغذية والزراعة

المنهجية

بدأ التحضير لتقرير *حالة الأغذية والزراعة 2022* بتشكيل مجموعة استشارية تُمثّل مختلف الوحدات الفنية المعنية في منظمة الأغذية والزراعة، والتي ساعدت، جنبًا إلى جنب مع فريق من الخبراء الخارجيين، فريق البحث والصياغة. واسترشد التحضير للتقرير كذلك بست وثائق معلومات أساسية وتحليل تجريبي أساسي من إعداد المنظمة وخبراء خارجيين.

وعقدت المجموعة الاستشارية اجتماعًا افتراضيًا لمناقشة الخطوط العريضة للتقرير في 24 يناير/كانون الثاني 2022 وأبدت تعليقاتها على المسودات الأولى للفصلين الأول والثاني في مارس/آذار 2022. وقُدمت مسودات جميع الفصول إلى المجموعة الاستشارية وفريق الخبراء الخارجيين قبل انعقاد حلقة عمل أقيمت افتراضيًا خلال الفترة من 31 مارس/آذار إلى 6 أبريل/نيسان 2022 برئاسة نائب مدير شُعبة اقتصاد النُظم الزراعية والغذائية في منظمة الأغذية والزراعة. وتم تنقيح التقرير في ضوء التوجيهات الصادرة عن حلقة العمل واجتماع للمتابعة عقدته المجموعة الاستشارية، وعُرض على فريق الإدارة في مسار التنمية الاقتصادية والاجتماعية في منظمة الأغذية والزراعة. وأُحيلت المسودة المنقحة لإبداء التعليقات عليها إلى المسارات الأخرى في المنظمة، وإلى المكاتب الإقليمية لمنظمة الأغذية والزراعة في أفريقيا، وآسيا والمحيط الهادئ، وأوروبا وآسيا الوسطى، وأمريكا اللاتينية والبحر الكاريبي، والشرق الأدنى وشمال أفريقيا. وأُدرجت التعليقات في المسودة النهائية التي استعرضها نائب مدير شُعبة اقتصاد النُظم الزراعية والغذائية وكبير الخبراء الاقتصاديين في منظمة الأغذية والزراعة ومكتب المدير العام.

شكر وتقدير

تولى إعداد تقرير *حالة الأغذية والزراعة 2022* فريق متعدد التخصصات في منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (المنظمة) تحت إشراف Marco V. Sánchez Cantillo، نائب مدير شُعبة اقتصاد النُظم الزراعية والغذائية في المنظمة، و Andrea Cattaneo، كبير الخبراء الاقتصاديين ومحرر التقرير. وقدّم التوجيه العام Máximo Torero Cullen، رئيس الخبراء الاقتصاديين في المنظمة، وفريق الإدارة في مسار التنمية الاقتصادية والاجتماعية.

فريق البحث والصياغة

Theresa McMenomy، وFergus Mulligan (محرر استشاري)، وأحمد سعد الدين وJakob Skøt، و Sara Vaz.

الوثائق المرجعية الأساسية

Christina Cappello (جامعة ومركز بحوث فاغينينغن)، وTomaso Ceccarelli (جامعة ومركز بحوث فاغينينغن)، و Aneesh Chauhan (جامعة ومركز بحوث فاغينينغن)، وDiane Charlton (جامعة ولاية مونتانا)، وThoman Daum (جامعة هوهنهايم)، وAlexandra Hill (جامعة ولاية كولورادو)، وSander Janssen (جامعة ومركز بحوث فاغينينغن)، وInder Kumar (جامعة ومركز بحوث فاغينينغن)، وJames Lowenberg-DeBoer (جامعة هاربر آدامز)، وMariette McCampbell (جامعة ومركز بحوث فاغينينغن)، وGiacomo Rambaldi (جامعة ومركز بحوث فاغينينغن)، وDavid Rose (جامعة ريدينغ)، وEdward Taylor (جامعة كاليفورنيا).

مساهمات خارجية إضافية

Rabe Yahaya (المركز الدولي لتحسين الذرة والقمح).

مساهمات إضافية من منظمة الأغذية والزراعة

Veronica Boero، وAlban Lika، وMadhusudan Singh Basnyat، وعاطف سويلم، وMicheleVollaro.

المجموعة الاستشارية لمنظمة الأغذية والزراعة

ميسون الزعبي، وهدى الصاحي، ومروان بن علي، وHenry Burgsteden، وعزيز البحيري، وMayling Flores Rojas، و Ken Lohento، وMagnus Grylle، وكريم حومي، وDejan Jakov Ijevic، وJosef Kienzle، وLan Li، وPreetmoninder Lidder، وJoseph Mpagalile، وأحمد مختار، وEva Galvez Nogales، وSantiago Santos Valle، وBeate Scherf، و Josef Schmidhuber، وXinhua Yuan.

فريق الخبراء الخارجيين

Imran Ali (جامعة سنترال كوينز لاند)، وChristina Cappello (جامعة ومركز بحوث فاغينينغن)، وTomaso Ceccarelli (جامعة ومركز بحوث فاغينينغن)، وAneesh Chauhan (جامعة ومركز بحوث فاغينينغن)، وDiane Charlton (جامعة ولاية مونتانا)، وThomas Daum (جامعة هوهنهايم)، وKit Franklin (جامعة هاربر آدامز)، وAlexandra Hill (جامعة ولاية كولورادو)، وIvo Hostens (الرابطة الأوروبية لصناعة الآلات الزراعية)، وSander Janssen (جامعة ومركز بحوث فاغينينغن)، وInder Kumar (جامعة ومركز بحوث فاغينينغن)، وJames Lowenberg-DeBoer (جامعة هاربر آدامز)، و Mariette McCampbell (جامعة ومركز بحوث فاغينينغن)، وGiacomo Rambaldi (جامعة ومركز بحوث فاغينينغن)، و David Rose (جامعة ريدينغ)، وصلاح سكرية (جامعة سيدني)، و Edward Taylor (جامعة كاليفورنيا).

الملاحق

تولى إعداد الملحقين كل من أحمد سعد الدين، وSara Vaz، بمساعدة من فريق جامعة ومركز بحوث فاغينينغن: Christina Cappello، وTomaso Ceccarelli، وAneesh Chauhan، وSander Janssen، وInder Kumar، وMariette McCampbell، وGiacomo Rambaldi.

الدعم الإداري

تولت Liliana Maldonado تقديم الدعم الإداري.

وتولى فرع اللغات التابع لشُعبة خدمات الأجهزة الرئاسية في المنظمة إعداد الترجمات.

وقدم فرع المطبوعات التابع لمكتب الاتصال في المنظمة الدعم التحريري والتصميم والإخراج الفني، بالإضافة إلى تنسيق الإنتاج، للنسخ المطبوعة بجميع اللغات الرسمية الست.

مسرد المصطلحات

الأتمتة الزراعية. استخدام الآلات والمعدات في العمليات الزراعية لتحسين تشخيصها أو اتخاذ القرارات بشأنها أو أدائها، و/أو تقليل المشقة التي ينطوي عليها العمل الزراعي و/أو تحسين توقيت العمليات الزراعية وربما تحسين دقتها. وتشمل الأتمتة الزراعية تكنولوجيات الزراعة الدقيقة. وتشمل أمثلة الآلات والمعدات المستخدمة في الأتمتة الزراعية ما يلي:

- الجرارات التي تسحب مجموعة من الأدوات والمعدات والأدوات التي تؤدي العمليات الزراعية في المزرعة أو تدفعها أو تنفذها (أي أتمتة وظيفة الأداء)؛
- وأجهزة الاستشعار، والآلات، والطائرات المسيّرة، والسواتل، وكذلك أجهزة مثل الهواتف الذكية أو أجهزة الحاسوب اللوحية أو الأدوات البرمجية (على سبيل المثال، تطبيقات الإرشادات التحذيرية وإدارة المزارع عبر الإنترنت) ومنصات الإنترنت، لرصد الحيوانات والتربة والمياه والنباتات لدعم الإنسان في اتخاذ القرارات بشأن المهام الزراعية[1] (أي أتمتة وظيفة التشخيص)؛
- والخيارات الأكثر تقدمًا، مثل روبوتات إزالة الأعشاب الضارة التي ترش مبيدات الأعشاب بدقة عند الحاجة وحسب وبما هو مطلوب بالضبط، أو الطائرات المسيّرة لرصد الظروف عن بُعد واستخدام الأسمدة ومبيدات الآفات وغيرها من عمليات المعالجة من أعلى[3,2] (أي أتمتة الوظائف الثلاث: التشخيص، واتخاذ القرارات، والأداء).

المعدات المؤتمتة. النُظم التي تستخدم الأتمتة في بعض وظائفها (المؤتمتة جزئيًا) أو في جميعها (المؤتمتة بالكامل) أو في نشاط أو سلوك محدد لآلة أو نظام آلي، للعمل من دون تدخل من الإنسان.[4]

الميكنة الزراعية. استخدام جميع مستويات التكنولوجيات، من الأدوات اليدوية البسيطة والأساسية إلى المعدات والآلات المزودة بمحركات الأكثر تطورًا، لأداء العمليات الزراعية.[6] وتنقسم مصادر القوى في الميكنة الزراعية إلى ثلاثة أنواع: تكنولوجيا الأدوات اليدوية (الأدوات والأجهزة التي تستخدم العضلات البشرية كمصدر رئيسي للطاقة)؛ وتكنولوجيا طاقة الجر الحيوانية (الآلات والأجهزة والمعدات التي تشغّلها الحيوانات)؛ والتكنولوجيا الآلية (الميكنة التي تستخدم فيها محركات الاحتراق أو المحركات الكهربائية).[7]

الميكنة الآلية الزراعية. استخدام جميع أنواع المحركات الميكانيكية، بغض النظر عن مصدر الطاقة، في الأنشطة المرتبطة بالزراعة.[7]

المنتجون الزراعيون. الأسر المعيشية التي تدير أعمالًا زراعية في مجال إنتاج المحاصيل أو الإنتاج الحيواني أو مصايد الأسماك أو تربية الأحياء المائية أو الرعي أو الغابات.

صغار المنتجين (الزراعيين) هم الذين يديرون أيًا من الأعمال الزراعية المحددة أعلاه ولكنهم يعملون في ظل قيود أكبر بسبب الفرص المحدودة في الوصول إلى الأسواق والموارد، مثل الأراضي والمياه، والمعلومات، والتكنولوجيا، ورأس المال، والأصول، والمؤسسات.[8]

الذكاء الاصطناعي. النظم الحاسوبية التي تستخدم الخوارزميات لتحليل بيئتها واتخاذ الإجراءات – بدرجة معيّنة من التشغيل الذاتي – لتحقيق أهداف محددة. ويمكن أن يكون الذكاء الاصطناعي قائمًا تمامًا على البرمجيات الحاسوبية، ويعمل في العالم الافتراضي (على سبيل المثال، أجهزة المساعد الصوتي، وبرمجيات تحليل الصور، ومحركات البحث، ونُظم التعرف على الكلام والأشخاص من سمات وجوههم) أو يمكن أن يكون متضمنًا في أجهزة حاسوبية (على سبيل المثال، الروبوتات المتقدمة أو السيارات الذاتية القيادة أو الطائرات المسيّرة أو تطبيقات إنترنت الأشياء).[5]

تعلّم الآلة. نوع من الذكاء الاصطناعي وأسلوب لتحليل البيانات تُستخدم فيه خوارزميات حاسوبية لأتمتة بناء النماذج التحليلية. ويستند تعلّم الآلة إلى التعرف على أنماط في البيانات لتحسين أداء الآلة من خلال التنبؤ بدقة أكبر بالنتائج من دون تعليمات صريحة من الإنسان.

البيانات الضخمة. مجموعات من البيانات الكبيرة والمتنوعة والمعقدة يتم إنشاؤها من الأدوات وأجهزة الاستشعار والمعاملات المالية ووسائل التواصل الاجتماعي وغيرها من الوسائل الرقمية، وهي تتجاوز في العادة سعة التخزين وقوة المعالجة في الحواسيب الشخصية والبرمجيات التحليلية الأساسية.

نموذج المعاملات بين الشركات. العلاقات والمبيعات بين الشركات، وليس بين الشركة والعملاء الأفراد.[9]

نموذج المعاملات بين الشركات والعملاء. العلاقات ومبيعات المنتجات والخدمات مباشرة بين الشركة والعملاء الذين يمثّلون المستخدمين النهائيين لمنتجاتها أو خدماتها.[9]

الزراعة المحافظة على الموارد. (يُشار إليها أيضًا باسم الحراثة المحافظة على الموارد). نظام زراعي يشجع على إحداث أقل مستوى ممكن من الاختلال في التربة (أي حراثة قليلة أو من دون أي حراثة)، والحفاظ على غطاء التربة الدائم، وتنويع الأنواع النباتية. ويعزز هذا النظام التنوع البيولوجي والعمليات البيولوجية الطبيعية فوق سطح الأرض وتحته، ما يُساهم في زيادة كفاءة استخدام المياه والمغذّيات وتحسين إنتاج المحاصيل واستدامته.[10]

الأتمتة الرقمية في الزراعة. تعزيز العمليات المؤتمتة في الآلات والمعدات الزراعية (مثل الجرارات والأجهزة المرتبطة بها، ونُظم العلف، وآلات الحلب) عن طريق إضافة أدوات رقمية تزيد من كفاءتها ودقتها نتيجة للوصول إلى البيانات والخدمات الرقمية من خلال الشبكات الذكية القابلة للتشغيل البيني والمنصات ونُظم إدارة المزرعة.

الحلول الرقمية غير المدمجة مقابل الحلول الرقمية المدمجة. الحلول الرقمية غير المدمجة هي أساسًا حلول قائمة على البرمجيات الحاسوبية ولا تعتمد على استخدام الآلات الزراعية، ولكنها تتطلب بدلًا من ذلك موارد محدودة في الأجهزة الحاسوبية، وتتخذ بصفة عامة شكل هاتف ذكي أو جهاز حاسوبي لوحي، أو أدوات برمجية، مثل تطبيقات الإرشادات التحذيرية، وبرمجيات إدارة المزرعة، ومنصات الإنترنت. ويمكن أن تشمل الاستشعار عن بُعد و/أو النُظم الجوية غير المأهولة، ولكنها تقتصر على البيانات اللازمة لدعم اتخاذ القرار وإجراء الدراسات الاستكشافية. وعندما يتم تركيب الأدوات الرقمية في الآلات والمعدات الزراعية فإنها تُسمى مدمجة، وتُمكّن الآلات من التفاعل مع البيئة من خلال التدخل المباشر (الأداء)، بدلًا من مجرد عمليات الملاحظة ودعم اتخاذ القرار.[9]

تحديد الهوية إلكترونيًا. استخدام رقاقة إلكترونية دقيقة أو جهاز إرسال واستقبال إلكتروني مضمّن في واسم، أو بُلعة، أو واسم مغروس، لتحديد هوية حيوان بعينه من حيوانات المزرعة.[5]

المزرعة. أي وحدة إنتاج زراعي متكاملة الإدارة تُنتج المحاصيل أو الثروة الحيوانية أو الحراجة الزراعية أو منتجات تربية الأحياء المائية.

الرسوم مقابل الخدمات. تعني في سياق آلات المزرعة ترتيبًا تجاريًا يدفع بموجبه المزارع لمقدّم الخدمة رسومًا مقابل خدمات الآلات على أساس كل وحدة (على سبيل المثال، لكل هكتار، أو ساعة، أو حيوان أو طن محصود)، بدلًا من امتلاك الآلة.[5]

النظام العالمي لسواتل الملاحة. أي نظام يستخدم إشارات ساتلية لتوفير معلومات عن المواقع. ومن الأمثلة على ذلك النظام العالمي لتحديد المواقع في الولايات المتحدة الأمريكية، ونظام غاليليو الأوروبي، والنظام العالمي لسواتل الملاحة التابع للاتحاد الروسي (نظام GLONASS)، ونظام الملاحة الساتلي الصيني (نظام BeiDou).[5]

التوجيه الآلي. تكنولوجيا تستخدم النظام العالمي لسواتل الملاحة لتوفير التوجيه الآلي وتحديد المواقع في البيئة الطبيعية للآلات الزراعية الذاتية الدفع (على سبيل المثال، الجرارات، وآلات الضم والدراس، وحصّادات الأعلاف، والرشاشات). ويؤدي الحاسوب في أجهزة التوجيه الآلي الأكثر تقدمًا عمليات التوجيه كلها تقريبًا في الحقل، بما في ذلك الدوران في نهاية خط الزراعة. وتتطلب تكنولوجيا التوجيه الآلي في العادة وجود مشغِّل بشري على مقعد الآلة لتولي المسؤولية في حال حدوث عطل أو مشكلة أخرى. وهو مثال جيد على تكنولوجيا الزراعة الدقيقة.[5]

النظام العالمي لتحديد المواقع. النظام العالمي لسواتل الملاحة التابع للولايات المتحدة الأمريكية. يُستخدم النظام العالمي لتحديد المواقع في بعض الأحيان كمصطلح عام للنظام العالمي لسواتل الملاحة، كونه أول نظام عالمي لسواتل الملاحة متاح للاستخدام المدني.[5]

مسرد المصطلحات

إنترنت الأشياء. نظام تتصل فيه الأجهزة – بما في ذلك الهواتف المحمولة وأجهزة الاستشعار والطائرات المسيّرة والآلات والسواتل – بالإنترنت.[9]

القابلية للتشغيل البيني. قدرة الآلات والمعدات على إنشاء البيانات وتبادلها واستهلاكها بسبب التوقعات الواضحة والمشتركة في ما يتعلق بمحتويات هذه البيانات وسياقاتها ومعناها.[9]

أثناء العمل. في سياق آلات المزرعة، هي حالة يتم فيها ضبط تشغيل الآلة أثناء التحرك في أنحاء الحقل على أساس خوارزمية تُستخدم فيها بيانات جهاز الاستشعار من دون تدخل مباشر من الإنسان.[5]

نظام مساعدة المشغِّل. نظام يُساعد المشغلين البشريين للآلات الزراعية. ويستخدم هذا النظام في العادة بيانات مستمدة من عدة مصادر في الآلة لمساعدة المشغِّل على اتخاذ قراراته؛ ويمكن لهذا النظام أن يضبط إعدادات الآلة تلقائيًا لتحسين أولويات المشغِّل (على سبيل المثال، كفاءة الوقود، وسرعة العمل المنجز، وجودة المنتج)، وبدأ استخدامه لأول مرة في آلات الضم والدراس.[5]

الزراعة الدقيقة. استراتيجية إدارة تجمع البيانات الزمنية والمكانية والفردية وتعالجها وتحللها، وتربط بينها وبين المعلومات الأخرى، لإدارة الاختلافات في الحقل بدقة، ولدعم قرارات الإدارة، والإجراءات الآلية الدقيقة، لتحسين كفاءة استخدام الموارد والإنتاجية والجودة والربحية والاستدامة في الإنتاج الزراعي.[11]

تربية الماشية الدقيقة. استراتيجية لإدارة الثروة الحيوانية قائمة على البيانات لرصد ومراقبة إنتاجية الحيوانات الفردية ومجموعات الحيوانات، والبيئة والصحة والرفاه بطريقة مستمرة وآنية ومؤتمتة. وهي تُركز على تحسين كفاءة استخدام الموارد، والإنتاجية، والجودة، والربحية، والاستدامة، في الإنتاج الحيواني.[5]

الزراعة المحمية. إنتاج محاصيل الخضار وغيرها من محاصيل البستنة العالية القيمة في الدفيئات والمزارع العمودية. وتتيح الزراعة المحمية للمزارعين زراعة محاصيل نقدية في قطع زراعية صغيرة في المناطق الحدية التي تعاني من نقص المياه والتي قد لا تتوافر فيها مقومات الاستمرار لزراعة المحاصيل التقليدية. ويُطلق عليها أيضًا اسم الغراسة المحمية أو إنتاج المحاصيل المحمية.[9]

لاستشعار عن بعد. عملية جمع معلومات عن الأجسام الموجودة على الأرض من مسافة بعيدة، باستخدام الطائرات أو السواتل أو غيرها من المنصات التي تحمل أجهزة استشعار.[9]

الروبوت. آلة قادرة على العمل ذاتيًا من دون تدخل مباشر من الإنسان.[12] ويمكن أن تكون ثابتة (على سبيل المثال، روبوت الحلب) أو متحركة (على سبيل المثال، القيادة الذاتية). ويشيع استخدام الكلمة أساسًا في وسائل الإعلام وبين عامة الجمهور، وتُمنح الروبوتات في كثير من الأحيان صفات بشرية. وتفضل المناقشات التقنية استخدام مصطلحات مثل الآلة الذاتية التشغيل أو المعدات الذاتية التشغيل.[13]

روبوت بأرجل. آلة متحركة ذاتية التشغيل مزودة بأطراف مفصلية بدلًا من عجلات للحركة.[5]

روبوت الحلب. أي آلة تستخدم الأتمتة في حلب حيوانات الألبان، وخاصة الأبقار الحلوب، من دون الاعتماد على اليد العاملة البشرية. ويُطلق عليها أيضًا اسم نُظم الحلب.

أسراب روبوتية. آلات متحركة متعددة وصغيرة نسبيًا ذاتية التشغيل تُنجز العمل الذي تقوم به آلة واحدة كبيرة في الميكنة التقليدية.

الروبوتية. فرع متعدد التخصصات من علوم وهندسة الحاسوب يشمل تصميم الروبوتات وبنائها وتشغيلها واستخدامها. ويشمل هذا الفرع عدة مجالات، بما في ذلك الهندسة الميكانيكية والهندسة الكهربائية وهندسة المعلومات، وهندسة الميكانيكا الإلكترونية، وهندسة الإلكترونيات، والهندسة الحيوية، وهندسة الحاسوب، وهندسة التحكم، وهندسة البرمجيات، والرياضيات.

منظومة جوية غير مأهولة. نظام كبير يشمل طائرات (طائرات مسيّرة) مزوّد بجهاز (أجهزة) استشعار، ومحطة تحكم أرضية يُشغلها طيار، وبرمجية حاسوبية تستخدم لتحليل البيانات التي تُجمع من خلال جهاز (أجهزة) الاستشعار.[9]

مركبة جوية غير مأهولة أو طائرة مسيّرة. آلة طائرة

ذاتية التشغيل. ويمكن توجيهها عن طريق التحكم فيها عن بُعد أو باستخدام جهاز يتم التحكم فيه عن طريق برمجية حاسوبية. وغالبًا ما تستخدم في الزراعة لجمع الصور الجوية أو لاستخدام الأسمدة أو البذور أو المبيدات الحشرية أو غيرها من مدخلات المحاصيل.[9,5]

بيانات الخدمة التكميلية غير المهيكلة. خدمة رسائل تتسم بقدر من التفاعلية أكبر مما في الرسائل النصية **القصيرة**. وتتميَّز باستخدام رموز تبدأ بالرمز * وتنتهي بالرمز # (على سبيل المثال *845#). وتحتوي رسالة بيانات الخدمة التكميلية غير المهيكلة على ما لا يزيد على 182 حرفًا، وتُستخدم للوصول إلى معلومات عن الزراعة والصحة والأخبار والطقس، وما إلى ذلك.[14]

تكنولوجيا المعدل المتغيِّر. تكنولوجيا معتمدة على مجموعة من المعدات والبرمجيات لتغيير استخدام الأسمدة ومبيدات الآفات والبذور وغيرها من مدخلات المحاصيل داخل الحقول لتحقيق المستوى الأمثل من الغلة تبعًا لاحتياجات المحاصيل بحيث يمكن الحصول على أعلى غلة ممكنة بأقل مدخلات ممكنة.[5]

تكنولوجيا المعدل المتغيِّر المستندة إلى الخرائط. هي تكنولوجيا المعدل المتغيِّر المستندة إلى خريطة توثق المعلومات المكانية المتعلقة بالظروف الخاصة بالموقع داخل الحقل. ويقوم محلل بشري بإعداد خريطة المعلومات المجانية مسبقًا من خلال نشاط منفصل لاستخدامها في توجيه تكنولوجيا المعدل المتغيِّر.

إغلاق خطوط الغراس. نهج قائم على تكنولوجيا المعدل المتغيِّر المستندة إلى النظام العالمي لسواتل الملاحة لمراقبة وحدات بذّارات الخطوط الفردية استنادًا إلى خريطة وصفية أو بيانات مستمدة من جهاز استشعار. وغالبًا ما تُستخدم لتجنب البذر في المناطق غير المزروعة بالمحاصيل أو البذر المزدوج في خطوط النهاية.

تكنولوجيا المعدل المتغيِّر المستندة إلى أجهزة الاستشعار. هي تكنولوجيا المعدل المتغيِّر المستندة إلى قراءة من جهاز استشعار يتم جمعها أثناء العمل في الحقل، ولذلك تُجمع المعلومات التي توجه تكنولوجيا المعدل المتغيِّر تلقائيًا (تختلف عن تكنولوجيا المعدل المتغيِّر المستندة إلى الخرائط). وعادة ما يكون جهاز الاستشعار في الجزء الأمامي من ذراع التوزيع، وتحتوي الآلة على حاسوب يستخدم خوارزمية لتغيير المعدلات، وتوجد معدات التطبيق في الجزء الخلفي من الجهاز.

أجهزة التحكم في الجزء الخاص بذراع رفع الرشاشة. نهج لتكنولوجيا المعدل المتغيِّر المعتمدة على النظام العالمي لسواتل الملاحة للتحكم في أجزاء من رشاشات المزرعة على أساس خريطة وصفية أو بيانات مستمدة من جهاز استشعار. وقد يتراوح عرض هذا الجزء من عدة أمتار وفوهة رش واحدة. وتتيح التكنولوجيا الحالية تشغيل فوهات الرش وإيقاف تشغيلها والضخ في شكل نبضات متفاوتة المعدلات.

الزراعة العمودية. زراعة داخلية في بيئة خاضعة يتم التحكم فيها بصورة كاملة، وتستخدم لزراعة المحاصيل عموديًا طوال السنة.[9]

التسييج الافتراضي. تكنولوجيا معتمدة على تزويد الحيوانات بأجهزة إرسال واستقبال خاصة بالنظام العالمي لسواتل الملاحة من أجل تحديد مواقعها، وتُستخدم فيها تنبيهات صوتية أو صدمات كهربائية أو غيرها من التنبيهات لإبقاء الحيوانات داخل حدود الموقع الجغرافي. ويمكن أن يقضي ذلك على الحاجة إلى السياج المادي، ويُساعد النظام العالمي لسواتل الملاحة المزارعين على تحديد مواقع الحيوانات التي ترعى في مراعٍ مفتوحة كبيرة.[5]

الرسائل الرئيسية

1 يمكن أن يكون للأتمتة الزراعية دور مهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة، ولا سيما الهدف 1 (القضاء على الفقر) والهدف 2 (القضاء على الجوع)، والأهداف المتعلقة بالاستدامة البيئية وتغيُّر المناخ، من خلال بناء القدرة على الصمود، وزيادة الإنتاجية وكفاءة استخدام الموارد، وتحسين جودة الأغذية وسلامتها.

2 يمكن للأتمتة الزراعية أن تُعمِّق أوجه عدم المساواة إذا ظلت غير متاحة لصغار المنتجين والفئات المهمشة، مثل الشباب والنساء؛ ويمكن أن تكون لبعض التكنولوجيات – كالآلات الكبيرة المزوَّدة بمحركات – آثار سلبية نظرًا لمساهمتها، على سبيل المثال، في الزراعة ذات المحصول الواحد وتآكل التربة.

3 ساهمت الميكنة الآلية (مثل الجرارات)، قبل الثورة الرقمية، بدور رئيسي في التحوّل الزراعي في جميع أنحاء العالم؛ ومع ذلك، حدثت تفاوتات واسعة في الأخذ بتلك التكنولوجيات في ما بين البلدان وداخلها، وكان الأخذ بها محدودًا بصفة خاصة في معظم أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى.

4 إذا صُممت الميكنة الآلية وفقًا للاحتياجات المحلية وإذا دعمتها أدوات رقمية فستكون قادرة على تحسين الإنتاجية الزراعية، ما سيؤدي إلى الحد من الفقر وتعزيز الأمن الغذائي، مع ما يترتب على ذلك من آثار إيجابية غير مباشرة على الاقتصاد ككلّ.

5 يتزايد استخدام تكنولوجيات الأتمتة الرقمية، ولكن معظمه يتركز في البلدان المرتفعة الدخل. ولم تتبلور حتى الآن في كثير من الأحيان من الجدوى التجارية من استخدام هذه التكنولوجيات. ولا يزال بعض هذه التكنولوجيات في مراحله الأوّلية، بينما تعيق محدودية البنية التحتية الريفية المؤاتية – مثل إمكانية الاتصال الإلكتروني والكهرباء – نشر بعضها، خاصة في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل.

6 يُساهم الاستثمار في البنية التحتية المؤاتية وتحسين سُبل الوصول إلى الخدمات الريفية (على سبيل المثال، التمويل والتأمين والتعليم) بدور رئيسي في ضمان الوصول إلى هذه التكنولوجيات، ولا سيما بالنسبة إلى الفئات المهمشة، مثل صغار المنتجين الزراعيين والنساء.

7 تتمتع تكنولوجيات الأتمتة الرقمية بقدرة عالية على تحسين الكفاءة والإنتاجية والاستدامة والقدرة على الصمود. ومع ذلك، هناك حاجة إلى استثمارات شاملة للجميع – بما في ذلك المنتجون والمصنّعون ومقدمو الخدمات، مع إيلاء عناية خاصة للنساء والشباب – من أجل مواصلة تطوير التكنولوجيات وتكييفها مع احتياجات المستخدمين النهائيين.

8 تختلف آثار استخدام الأتمتة الزراعية على العمالة تبعًا للسياق. وفي حالات ارتفاع الأجور ونُدرة العمالة، يمكن أن يفيد استخدام الأتمتة أصحاب الأعمال والعمال في الزراعة وفي النُظم الزراعية والغذائية الأوسع، ما يهيئ فرصًا للعمال الشباب المهرة.

9 حيثما تتاح العمالة الريفية بوفرة وتنخفض الأجور، يمكن أن تفضي الأتمتة الزراعية إلى البطالة. ويمكن أن يحدث ذلك إذا تسببت الإعانات الحكومية في خفض كلفة الأتمتة بصورة مصطنعة أو إذا أدّت الاكتشافات التكنولوجية المفاجئة إلى خفض كلفة الأتمتة بسرعة كبيرة.

10 في السياقات التي تتاح فيها العمالة بوفرة، يتعيَّن على صانعي السياسات تجنب دعم الأتمتة، وينبغي التركيز بدلًا من ذلك على تهيئة بيئة مؤاتية للأخذ بتلك التكنولوجيات – خاصة من جانب صغار المنتجين الزراعيين والنساء والشباب – مع توفير الحماية الاجتماعية للعمال الأقل مهارة الأكثر عرضة لفقدان وظائفهم أثناء مرحلة الانتقال.

11 تتطلب تهيئة بيئة مؤاتية اتخاذ إجراءات متسقة ومتعددة، بما في ذلك التشريعات واللوائح التنظيمية، والبنية التحتية، والترتيبات المؤسسية، والتعليم والتدريب، والبحث والتطوير، ودعم عمليات الابتكار في القطاع الخاص.

12 على الاستثمارات وإجراءات السياسات الأخرى الهادفة إلى تعزيز الأتمتة الزراعية المسؤولة أن تستند إلى الظروف الخاصة بكل سياق على حدة، مثل حالة إمكانية الاتصال الإلكتروني، والتحديات المتعلقة بالمعارف والمهارات، وكفاية البنية التحتية، وعدم المساواة في الحصول على الخدمات.

موجز

على مرّ العصور، حقق التغيُّر التكنولوجي – في النُظم الزراعية والغذائية وفي أماكن أخرى – مكاسب في الإنتاجية والدخل ورفاه الإنسان. وقد أصبحت الحلول التكنولوجية اليوم لا غنى عنها لإطعام عدد يتزايد باستمرار من السكان في مواجهة الأراضي الزراعية المحدودة والاستخدام غير المستدام للموارد الطبيعية وتزايد الصدمات والضغوط، بما في ذلك تغيُّر المناخ. وهذه الحلول مطلوبة لكي تصبح الزراعة أكثر إنتاجية وأكثر استدامة في جميع قطاعاتها – إنتاج المحاصيل والثروة الحيوانية وتربية الأحياء المائية ومصايد الأسماك والغابات – وتعزيز مستويات الإنتاجية داخل النُظم الزراعية والغذائية.

وقد أدى التغيُّر التكنولوجي إلى تقليل الحاجة إلى العمل اليدوي في الزراعة. وفي كثير من الأحيان يُشار إلى هذه العملية المتمثلة في زيادة الإنتاجية الزراعية وإعادة توزيع اليد العاملة بعيدًا عن الزراعة بعبارة التحوّل الزراعي. وتقترن هذه العملية باستثمارات في النُظم الزراعية والغذائية وغيرها من البنى التحتية المادية والسوقية. ويمكن أن تكون الأتمتة الزراعية دافعًا لعملية التحوّل وتهيئة فرص جديدة. وفي هذا الصدد، سمح استخدام الميكنة الآلية بأتمتة أداء العمليات الزراعية، بينما أدّت التكنولوجيات الرقمية مؤخرًا إلى إيجاد فرص جديدة لأتمتة القرارات التي تسبق أداء العمليات المادية.

ومع أن المخاوف الشائعة بأن تؤدي الأتمتة إلى زيادة البطالة هي مخاوف مفهومة، فإنها مخاوف مشكوك فيها ولا يوجد عمومًا ما يدعمها من الوقائع التاريخية. وعمومًا، تخفف الأتمتة من حالات نقص اليد العاملة ويمكن أن تزيد من قدرة الإنتاج الزراعي على الصمود وتجعله أكثر إنتاجية، وتُحسِّن نوعية المنتجات وتزيد كفاءة استخدام الموارد وتدعم العمل اللائق وتُعزز الاستدامة البيئية. وتحدث الآثار الاجتماعية والاقتصادية السلبية للأتمتة الزراعية – مثل زيادة البطالة – في العادة عندما لا تكون الأتمتة مناسبة للاحتياجات المحلية المحددة. ويمكن مجابهة الآثار السلبية بتيسير انتقال عمال المزارع إلى فرص عمل أخرى، من خلال التصدي للحواجز التي تمنع صغار المنتجين الفقراء من المشاركة في الفوائد ومن خلال تجنب السياسات التي تنطوي على تقديم الدعم للأتمتة في سياقات وفرة اليد العاملة وانخفاض أجور العمالة الريفية.

الأتمتة الزراعية: الفرص كثيرة ولكن مع وجود تحديات

تتألف أي عملية تتصل بالزراعة من ثلاث مراحل: التشخيص واتخاذ القرارات والأداء. وتؤدي الميكنة الآلية إلى أتمتة أداء العمليات الزراعية مثل الحرث والبذر والتسميد والحلب والتغذية والري. ومع استخدام تكنولوجيات الأتمتة الرقمية يصبح من الممكن أيضًا أتمتة التشخيص واتخاذ القرارات. وهذه التكنولوجيات تزيد من دقة العمليات الزراعية وتسمح بزيادة كفاءة استخدام الموارد والمدخلات، مع إمكانية تحقيق مكاسب في الاستدامة البيئية وتحسين القدرة على الصمود في وجه الصدمات والضغوط. ويمكن تلخيص التطور التكنولوجي في الزراعة بأنه انتقال تدريجي من الأدوات اليدوية إلى الجرّ الحيواني إلى الميكنة الآلية إلى استخدام المعدات الرقمية، وأخيرًا إلى استخدام الروبوتات التي تعمل بالذكاء الاصطناعي.

وانطلاقًا من هذه الخلفية، يتضمن التقرير تعريفًا للأتمتة الزراعية بأنها:

> استخدام الآلات والمعدات في العمليات الزراعية لتحسين تشخيصها أو اتخاذ القرارات بشأنها أو أدائها، ما يؤدي إلى تقليل المشقة التي ينطوي عليها العمل الزراعي و/أو تحسين توقيت العمليات الزراعية وربما تحسين دقتها.

وتتيح الأتمتة الزراعية فرصًا كثيرة: إذ يمكن أن تزيد الإنتاجية وتسمح بمزيد من العناية في إدارة المحاصيل والثروة الحيوانية وتربية الأحياء المائية والغابات؛ ويمكنها توفير ظروف عمل أفضل وتحسين الدخل، وتقليل عبء العمل الزراعي؛ ويمكن أن تولّد فرصًا جديدة لريادة الأعمال الريفية. ويمكن أيضًا للتكنولوجيات التي تُستخدم خارج المزرعة أن تقلل من الفاقد والمهدر من الأغذية وتُعزز سلامة الأغذية وتمكِّن من إضافة القيمة.

وفي كثير من البلدان، يُمثِّل انخفاض توافر اليد العاملة الريفية – الذي يتضح من ارتفاع الأجور الزراعية – دافعًا رئيسيًا للأتمتة الزراعية. وما يدفع أيضًا إلى الاستثمار في التكنولوجيات الرقمية تزايد مخاوف المستهلكين بشأن جودة الأغذية وسلامتها ومذاقها وكونها طازجة أم لا، إلى جانب المخاوف البيئية. وينطبق ذلك أيضًا على التحديات في إدارة الثروة الحيوانية ورعاية الحيوان التي تنبع من تزايد أحجام القطعان في الإنتاج الحيواني.

ومن ناحية أخرى، يمكن أن تنطوي الأتمتة الزراعية على خطر تفاقم أوجه عدم المساواة الاجتماعية، مع امتلاك المنتجين الأكبر والأكثر تعلمًا قدرات أكبر (مثل التمويل والبنية التحتية الريفية والمهارات) للاستثمار في التكنولوجيات الجديدة أو الاحتفاظ بالمهارات الجديدة وتعلّمها. وقد تواجه النساء والشباب عقبات هائلة بصورة خاصة، وذلك مثلًا في سبيل الحصول على التعليم والتدريب بنوعية جيدة، وكذلك الوصول إلى الأراضي والائتمانات والأسواق. وبالإضافة إلى ذلك، من المتوقع أن تقلل الأتمتة من الوظائف التي تنطوي على مهام روتينية، مثل الغرس والحصاد، ولكن من المتوقع أن تؤدي إلى زيادة الوظائف الماهرة التي تتطلب التعليم الثانوي مثلًا. وفي البلدان التي توجد فيها قوة عاملة ريفية كبيرة، يمكن أن يؤدي هذا التحوّل في العمالة إلى خطر تعميق أوجه عدم المساواة. ويتطلب التغلب على هذه التحديات تقليل الحواجز أمام الأخذ بالأتمتة – التي يواجهها بصفة خاصة صغار المنتجين والنساء والشباب – لكفالة أن تصبح حلول الأتمتة محايدة من حيث الحجم، أي يمكن أن يصل إليها المنتجون الزراعيون بجميع أحجامهم، من الصغيرة إلى الكبيرة. ويمكن أن يتحقق ذلك من خلال الابتكارات التكنولوجية التي تصمم الأتمتة تبعًا لظروف صغار المنتجين. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تُساهم الترتيبات المؤسسية الابتكارية، مثل تقاسم الأصول أو خدمات تأجير المعدات، في تحقيق حيادية الحجم من خلال توصيل مالكي المعدات بصغار المنتجين الذين يدفعون رسومًا مقابل خدمة استخدام الآلات بدلًا من تحمّل كلفة شرائها.

ويمكن أن يؤدي اعتماد الأتمتة الزراعية على الآلات الثقيلة إلى تعريض الاستدامة البيئية أيضًا للخطر ويُساهم في إزالة الغابات وزراعة المحصول الواحد في الأراضي الزراعية وفقدان التنوع البيولوجي وتدهور الأراضي وانجراف التربة. ولكن بعض التطورات الجديدة في الأتمتة، وخاصة في المعدات الصغيرة التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي، يمكن بالفعل أن تعكس اتجاه بعض هذه الآثار السلبية.

فهم الماضي والتطلّع نحو مستقبل الأتمتة الزراعية

زادت الميكنة الآلية زيادة كبيرة في جميع أنحاء العالم، بالرغم من أن البيانات العالمية الموثوقة ذات التغطية القطرية العريضة لا توجد إلّا في صدد الجرارات الزراعية وحتى عام 2009 فقط. وقد كان استخدام الجرارات بوصفها مصدرًا من مصادر القوة في المزرعة واحدًا من أهم الابتكارات المؤثرة في القرن العشرين؛ وبدأ استخدامها في الولايات المتحدة الأمريكية بين عامي 1910 و1960 وانتشر إلى اليابان وأوروبا بعد عام 1955. وبعد ذلك، شهدت بلدان كثيرة في آسيا وأمريكا اللاتينية تقدمًا هائلًا من حيث استخدام الآلات المزودة بمحركات، بالإضافة إلى ظهور قطاعات تصنيع الآلات الزراعية في بعض البلدان. ومع ظهور أسواق تأجير الآلات، زاد انتشار الأخذ بها، ما أتاح لصغار المنتجين الوصول إليها. ومع ذلك، توقف استخدام الجرارات في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى في العقود الماضية وظلت الآلات اليدوية الخفيفة هي النوع الرئيسي من المعدات المستخدمة. وبُذلت جهود أثناء الستينيات والسبعينيات من القرن الماضي لتشجيع الميكنة من خلال توفير الآلات بأسعار مدعومة للمزارعين وإنشاء مزارع حكومية وشركات عامة للتأجير، ولكن تبيّن أن هذه الجهود مكلفة وفشلت في معظمها بسبب تحديات الحوكمة. ولكن هذه الحالة آخذة في التغيُّر مع ظهور الزراعة مرة أخرى في جدول أعمال التنمية في أفريقيا، ما أدى إلى تجدد الاهتمام بالأتمتة.

ومنذ سبعينيات القرن الماضي، شقت التكنولوجيات الرقمية طريقها إلى الزراعة من خلال العديد من التطبيقات. وفي البداية اتخذ ذلك في معظمه شكل تكنولوجيات تربية الماشية الدقيقة البسيطة التي يسّرت إدارة الحيوانات الفردية على أساس تحديد الهوية إلكترونيًا – المعروف أيضًا باسم الوسم الإلكتروني – الذي مهد الطريق بعد ذلك إلى استخدام روبوتات الحلب في تسعينيات القرن الماضي. وفي الوقت نفسه، بدأت الأدوات الرقمية المستخدمة في الميكنة، مثل الآلات التي تستخدم النظام العالمي لسواتل الملاحة، في الظهور ومكنت من التوجيه الآلي للجرارات وموزعات السماد ورشاشات مبيدات الآفات. ومنذ عهد أقرب، يجري استخدام الأجهزة غير المدمجة، مثل الهواتف الذكية لتزويد المنتجين بالمعلومات من خلال أجهزة الاستشعار وآلات التصوير العالية الدقة ومختلف التطبيقات المدمجة فيها. ويمكن لهذه التكنولوجيات أن تخفض الكلفة وتزيد الإنتاجية؛ ولكن الأخذ بهذه التكنولوجيات يبدو مدفوعًا أيضًا باعتبارات غير مالية، مثل زيادة المرونة في مواعيد العمل وتحسين نوعية الحياة، كما يحدث في حالة روبوتات الحلب.

وهناك ما هو أكثر تقدمًا من ذلك، وهو حلول إنترنت الأشياء التي تُستخدم على سبيل المثال لرصد القرارات بشأن رعاية المحاصيل أو الماشية أو الأسماك، وأتمتتها – جزئيًا على الأقل – في بعض الأحيان. وتشمل الخدمات الرقمية أيضًا خدمات الأصول المشتركة، التي تربط مالكي المعدات (مثل الجرارات أو الطائرات المسيّرة)، وأيضًا المشغلين في بعض الأحيان، بالمزارعين الذين يحتاجون إلى هذه المعدات.

وتنطوي التكنولوجيات الرقمية أيضًا على إمكانات في مجال الزراعة الدقيقة غير المميكنة. وقد تطورت منهجيات إضافة الأسمدة يدويًا في أماكن محددة منذ زمن طويل – ومن الأمثلة عليها سماد تكنولوجيا المعدل المتغيِّر للأرز، بينما تتاح ماسحات التربة المحمولة باليد في عدة بلدان منخفضة الدخل في أفريقيا وآسيا. ويقوم المزارعون الذين لا يستخدمون الآلات أيضًا باستخدام خدمات المركبات الجوية غير المأهولة التي تُعرف في العادة باسم الطائرات المسيّرة، في آسيا وأفريقيا؛ وتقيس أجهزة سواتل الملاحة مساحات الحقول (آسيا) وتضع خرائط حدود الحقول لتحديد حيازات الأراضي (أفريقيا).

الحالة الراهنة لتكنولوجيات الأتمتة الرقمية والروبوتية في الزراعة

تتسم تطبيقات الأتمتة الرقمية والروبوتية في الزراعة بأنها واسعة التنوع للغاية. وتمثّل الهواتف الذكية المزودة بمجموعة كبيرة من أجهزة الاستشعار وأجهزة التصوير العالية الدقة المدمجة فيها، أكثر المعدات سهولة من حيث حصول المنتجين عليها (وخاصة صغار المنتجين) في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل. ومع ذلك، فإن انخفاض معدلات الإلمام بالتكنولوجيا الرقمية في المناطق الريفية والافتقار إلى التكنولوجيات المتاحة الملائمة لصغار المنتجين، والارتفاع النسبي لكلفة هذه التكنولوجيات يظل من أكبر العوائق التي تحول دون الأخذ بها.

ومؤخرًا، بدأ الاستخدام التجاري للتكنولوجيات المتقدمة مثل روبوتات المحاصيل الذاتية التشغيل (على سبيل المثال، لأغراض الحصاد والبذر وإزالة الأعشاب الضارة). وتُستخدم الطائرات المسيّرة في جمع المعلومات ولأتمتة استخدام المدخلات، ولكن استخدامها يخضع في كثير من الأحيان لرقابة تنظيمية صارمة.

وفي قطاع تربية الأحياء المائية، يتزايد تطبيق الأتمتة استجابة لندرة اليد العاملة وارتفاع الأجور. وفي مجال الغابات، أصبح الكثير من أعمال جمع الأخشاب يجري آليًا إلى حد بعيد بالفعل، وتقوم الروبوتات المتنقلة، مقترنة بتقنيات الواقع الافتراضي الجديدة والاستشعار عن بُعد، بتمهيد الطريق أمام استخدام الآلات الذاتية التشغيل المتقدمة. وبالإضافة إلى ذلك، يجري استخدام الاستشعار عن بُعد لرصد إزالة الغابات. وهناك أيضًا إمكانيات لاستخدام الرقمنة والأتمتة الزراعية في البيئة الخاضعة للتحكم، وتشمل الزراعة في الأماكن المغلقة والزراعة الرأسية. والدفيئات هي أكثر الأشكال شيوعًا للزراعة في البيئة الخاضعة للتحكم وهي بطبيعتها قابلة للرصد البيئي والسيطرة والاستخدام الأمثل.

ويتوافر بالفعل كثير من الحلول التكنولوجية لتطبيقها في البلدان المرتفعة الدخل والمتوسطة الدخل والمنخفضة الدخل. ويتأثر اتجاه هذه الحلول ومعدل تطبيقها إلى حد كبير بخيارات السياسات. ويتعيَّن على الحكومات أن تيسر وصول الجميع إلى هذه التكنولوجيات – وخاصة صغار المنتجين والنساء والشباب وغيرهم من المجموعات المحرومة والمهمشة – وكفالة تكييفها لتلائم السياق المحدد والاحتياجات المحددة للمنتجين. ومن المثالي أن تقوم الحكومات بتحقيق تكافؤ الفرص للجميع للحصول على التكنولوجيات الابتكارية لتمكين القطاع الخاص من الوفاء بالطلب على الأتمتة.

خطوة خطوة: لا يزال للميكنة الآلية البسيطة دور تؤديه

في حين أن التكنولوجيات الرقمية والروبوتات تُبشر بأمور عظيمة فإن الميكنة الآلية لا تزال قادرة على تحقيق فوائد كثيرة من حيث زيادة الدخل وتخفيض الكلفة وتحقيق وفورات في اليد العاملة والحد من مشقة العمل. ويمكن أن تُحرر اليد العاملة الأُسرية وتُمكّن الأسر الزراعية من تخصيص وقت لغير الزراعة لمتابعة أعمال أخرى خارج المزرعة. ويمكن أن تكون هناك أيضًا آثار غير مباشرة على الاقتصاد الأوسع. وقد تحدث هذه الآثار من خلال زيادة الطلب من الأسر المعيشية الزراعية على السلع والخدمات غير الزراعية مع تحسن إنتاجية عمالتها، وكذلك توسع الاقتصاد غير الزراعي مع تحرك العمالة خارج نطاق الزراعة لتدخل في قطاعات

ذات إنتاجية أعلى لليد العاملة. ويمكن أن تؤدي الأتمتة أيضًا إلى تحسين سلامة الأغذية وذلك بفضل تكنولوجيات الحفظ والتخزين، وزيادة قدرة الإنتاج الزراعي على الصمود، وخاصة في وجه الصدمات المناخية، من خلال السماح للمزارعين باستكمال الأنشطة الزراعية بسرعة أكبر وزيادة المرونة في تكييف أنشطتهم مع الطقس المتغيّر.

وبالتالي لا يزال هناك مجال لزيادة استخدام الميكنة الآلية في بعض السياقات. وفي البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل، يمكن أن يستفيد صغار المنتجين من الآلات الصغيرة، مثل الجرارات ذات العجلتين، التي تُمثّل خيارًا أقل كلفة وتتسم بأنها أكثر استدامة من الناحية البيئية عن الآلات الثقيلة التقليدية. ويمكن للابتكارات الحديثة لتكييف الآلات المزودة بمحركات بحسب الاحتياجات المحلية أن تساعد على تحسين كفاءة استخدام الموارد وتوفير الموارد الشحيحة (مثل المياه) من خلال تحقيق التآزر الابتكاري بين الميكنة والممارسات الحقلية الأخرى. ولذلك تحتل الميكنة الزراعية مكانة عالية في جدول أعمال السياسات لكثير من البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل. وينطبق ذلك بصورة خاصة في حالة أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، التي شهدت إهمالًا للميكنة الزراعية لبعض الوقت، بعد الإخفاقات السابقة لبرامج الميكنة الحكومية.

ولا يزال من الممكن أن تؤدي التكنولوجيات اليدوية والجرّ الحيواني دورًا كبيرًا في كثير من السياقات. فالجرّ الحيواني يمكن أن يكون مصدرًا مهمًا للطاقة في الحيازات الزراعية الصغيرة جدًا والمجزأة، ويمكن أن تؤدي الأدوات اليدوية المتقدمة إلى تقليل الحاجة إلى القوة البشرية. وفي حين أن حيوانات الجرّ والأدوات اليدوية المتقدمة أقل قوة من الجرارات فإنها تستطيع مع ذلك أن تساعد على معالجة نقص اليد العاملة والحصول على غلة محصولية أعلى وتوسيع الأراضي في كثير من المناطق. وفي كثير من الحالات، ربما تكون هي الخيار الأكثر جدوى لزيادة إمدادات الطاقة.

التفكير في المستقبل: الجدوى التجارية للاستثمار في الأتمتة

تستند الجدوى التجارية للاستثمار في التكنولوجيا الزراعية إلى المكاسب الخاصة المحتملة. إذ يفترض أن الأطراف ذات الصلة – بمن فيهم المنتجون والتجار ومقدمو الخدمات – يقومون باتخاذ قرارات عقلانية تُعظّم أرباحهم ورفاههم إلى أقصى حد. والاستثمار في تكنولوجيات الأتمتة يستتبع كلفة تميل إلى الزيادة إذا كانت التكنولوجيات غير متوافرة على نطاق واسع محليًا. ولن يبدي الموردون والمنتجون الالتزام الضروري إلّا إذا كانت الفوائد تفوق الكلفة. وفي حالة بعض التكنولوجيات وفي بعض الظروف المعيّنة، قد تزيد كلفة الاستثمار عن الفوائد الخاصة؛ ومن ناحية أخرى، قد تكون هناك فوائد كبيرة للمجتمع الأوسع. ولا بدّ في هذه الحالة من تدخلات عامة لمواءمة الفوائد الخاصة مع مصالح المجتمع برمته.

وفي ضوء شحّ البيانات، استُخدمت 27 دراسة حالة، تستند إلى مقابلات مع مقدمي خدمات الأتمتة الرقمية، لإلقاء الضوء على الجدوى التجارية للأتمتة الرقمية في الزراعة. وتغطي دراسات الحالة جميع أقاليم العالم وجميع نُظم الإنتاج الزراعي (المحاصيل والثروة الحيوانية وتربية الأحياء المائية والحراجة الزراعية). وهي تُمثّل حلول الأتمتة الرقمية في مختلف مراحل الجاهزية، وكثير منها لا يزال في المراحل المبكرة من التطوير والاستخدام التجاري. وتُظهر النتائج أن 10 فقط من بين 27 من مقدمي الخدمات يحققون أرباحًا ويتمتعون بالاستدامة المالية. ويستخدم هؤلاء العشرة – ومعظمهم في البلدان المرتفعة الدخل – حلولًا بلغت مرحلة النضج (أي مستخدمة على نطاق واسع) وتخدم كبار المنتجين في معظم الحالات. ويشير أكثر من ثلث دراسات الحالة إلى أن المزارعين يستفيدون من هذه الحلول من خلال مكاسب في الإنتاجية والكفاءة وفرص الأسواق الجديدة. وتُشير النتائج عمومًا إلى أن الجدوى التجارية لتكنولوجيات الأتمتة الرقمية ليست ناضجة بعد، ويرجع ذلك في جانب منه إلى أن كثيرًا من هذه التكنولوجيات لا يزال في مرحلة النموذج الأوّلي، ولكن أيضًا توجد عوائق خطيرة تحول دون الأخذ بها، وخاصة في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل.

وبالرغم من أن تطوير الكثير من التكنولوجيات لا يزال في المرحلة الأوّلية، يمكن استخلاص عدة دروس مهمة من دراسات الحالة. فالعوامل الرئيسية للأخذ بالتكنولوجيات هي أولًا، الوعي بقدرة الحل على أداء العمليات الزراعية بنجاح، وثانيًا، قدرة المزارعين على التعامل مع الحل. وتتمثل العقبات المتكررة التي تعترض الأخذ بهذه التكنولوجيات في الافتقار إلى معرفة المبادئ الرقمية، وضعف إمكانية الاتصال الإلكتروني وتوافر البنية التحتية المؤاتية الأخرى، بما في ذلك الكهرباء. وتتضاعف هذه العوامل في كثير من الأحيان بسبب

الإحجام عن التغيير، الذي يرتبط عمومًا بشيخوخة المزارعين. ويُشار إلى تغيُّر الأجيال باعتباره دافعًا للأخذ بالتكنولوجيات، حيث يبدو أن شباب المزارعين يمثّلون عنصرًا أساسيًا في التحوّل نحو الرقمنة والأتمتة المتقدمة. وتُمثّل الظروف السوقية دافعًا آخر للأخذ بالأتمتة أو عائقًا آخر لها – حيث تدفع المنافسة القوية بين المنتجين على تحمّل مزيد من المخاطر والأخذ بتكنولوجيات جديدة تبشر بزيادة الإنتاجية والكفاءة. ويمكن أن تكون عوامل التضييق هي التنظيمات الحكومية لاستيراد التكنولوجيا، وعدم وجود سياسات بشأن تقاسم البيانات وعدم كفاية السياسات والحوافز العامة. وفي الجانب الآخر، يمكن أن تكون الأنظمة، إذا كانت مصممة جيدًا، وكذلك الدعم العام، دافعًا قويًا للأخذ بالتكنولوجيات.

ما بعد الجدوى التجارية: الأتمتة الزراعية تُبشر بفوائد بيئية ولكنّ الأمر يتطلب مزيدًا من البحث

في البلدان المرتفعة الدخل، ولكن أيضًا في كثير من المزارع التجارية في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل، وصلت الزراعة بالفعل إلى مرحلة عالية من الميكنة، وذلك بشكل أساسي من خلال استخدام الآلات الكبيرة. غير أن هذا النوع من الميكنة أدى إلى انجراف التربة وإزالة الغابات وفقدان التنوع البيولوجي – وجميعها يساهم في الحد من القدرة على الصمود. ويمكن أن تُساعد الابتكارات في تكنولوجيات الأتمتة والبحث الزراعي التطبيقي في استكشاف الحلول اللازمة للتصدي لهذه التحديات. وعلى سبيل المثال، يمكن تكييف الميكنة الآلية لتناسب الآلات الأصغر والأخف وزنًا. وتشمل الحلول التي تنطوي على إمكانات لصغار المنتجين الجرارات الصغيرة، مثل الجرارات ذات العجلات الأربع أو ذات العجلتين. ويمكنها أن تقلل إلى أدنى حد من فقدان التنوع البيولوجي نظرًا لأنها لا تتطلب الكثير من أعمال إزالة الحقول وإعادة تشكيلها. أما الآلات الصغيرة الأخرى المزودة بمحركات، مثل آلات إزالة الحشائش الضارة التي تعمل بالقوى والدرَّاسات المتنقلة، فيمكن أيضًا أن تنطوي على فوائد من حيث المساواة بين الجنسين نظرًا لأن النساء يمكنهن تشغيلها بسهولة.

وتتيح تكنولوجيات الأتمتة الرقمية التي تدعم الزراعة الدقيقة أيضًا فرصة لتحقيق فوائد بيئية كبيرة. وهي تنطوي على إمكانية تيسير الأخذ بممارسات الاستدامة، مثل الزراعة الحافظة للموارد. وهناك قصص نجاح في مجال استخدام الحواسيب وإنترنت الأشياء لأتمتة الدفيئات، ما يؤدي إلى وفورات في المياه وغيرها من المدخلات. ويمكن لاستخدام أسراب الروبوتات الصغيرة أن يحقق فوائد بيئية من خلال تقليل استخدام مبيدات الآفات والأعشاب، وتحقيق الفائدة المثلى من استخدام المدخلات الأخرى وتقليل تراص التربة. وهي بالفعل مجدية اقتصاديًا في بعض الظروف، ولكنّ الأمر يتطلب مزيدًا من البحث وخاصة بشأن إمكاناتها في الزراعة الصغيرة النطاق، إذ ينبغي أن تكون لها ميزة نسبية على الآلات الكبيرة في المزارع ذات الحقول غير المنتظمة الشكل.

وترتبط هذه الفوائد البيئية حاليًا بمواقع بعينها؛ وبالإضافة إلى ذلك، لا يزال كثير من الحلول في المراحل الأولى من التطوير والتسويق التجاري. ولذلك فإن الأمر يتطلب مزيدًا من البحث، بما في ذلك الاختبارات. وعندما يكون صانعو السياسات والمنتجون على وعي كامل بفوائد هذه التكنولوجيات، ينبغي توسيع الاستثمار في تطويرها. والانتقال إلى الطاقة المتجددة مهم أيضًا ويمكن أن يتيح فرصًا جديدة لتزويد الأتمتة بالطاقة، وخاصة في المناطق الريفية النائية، ولكن – مرّة أخرى – يلزم أيضًا إجراء بحوث في هذا المجال لاستكشاف أيّ من حلول الطاقة المتجددة خارج نطاق الشبكة الكهربائية يمكنها تشغيل أي نوع من الآلات بأكبر قدر من الكفاءة.

الأتمتة الزراعية لها آثار معقدة على العمال ويمكن أيضًا أن تفيد المستهلكين

من الصعب جدًا قياس الآثار الشاملة للأتمتة الزراعية على العمالة لأن هذا القياس يتطلب قدرًا كبيرًا من البيانات لتتبّع جميع التحولات وما يصاحبها من إعادة توزيع للعمال، ولا يتعلق ذلك بالأنشطة في المزارع فحسب، ولكن أيضًا بالأنشطة في المراحل التمهيدية والنهائية. ومع تحقق التحوّل الزراعي، يترك الناس الزراعة التماسًا لوظائف أعلى أجرًا، ويستمر انخفاض نسبة الأشخاص العاملين في الزراعة. وهذه العملية تُعيد تشكيل العرض والطلب على اليد العاملة داخل النظم الزراعية والغذائية بأكملها. وعندما تتغيَّر جميع مفاصل النُظم الزراعية والغذائية في الوقت نفسه، يكاد يكون من غير الممكن إسناد آثار سوق العمل والآثار الاقتصادية والاجتماعية إلى أحداث محددة في الأتمتة الزراعية.

ومن المرجح أن تتنوع الآثار المحتملة للأتمتة الزراعية على العمالة الزراعية. ومن المرجح أن ينخفض الطلب على اليد العاملة ذات المهارات المنخفضة مع زيادة أتمتة المهام. وفي

الوقت نفسه تؤدي الأتمتة إلى دعم الطلب على اليد العاملة الماهرة نسبيًا. وإذا نظرنا إلى النُظم الزراعية والغذائية في مجموعها، فإن الأتمتة يمكن أن تُخفض العمالة الموسمية المنخفضة الأجر في المزارع، ولكنها تؤدي إلى زيادة العمالة الأعلى أجرًا والأقل موسمية في المراحل التمهيدية والنهائية.

وقد تختلف آثار الأتمتة أيضًا مع اختلاف أنواع المزارع. ففي حالة صغار المزارعين ومزارعي الكفاف، يمكن أن تؤدي الأتمتة إلى تحرير اليد العاملة الأسرية لتتجه إلى العمل غير الزراعي، ولكنها قد تسمح أيضًا بتوسيع الإنتاج. وفي المزارع الأسرية التجارية، يمكن أن تؤدي الأتمتة أيضًا إلى تحرير اليد العاملة الأسرية وتقليل الطلب على اليد العاملة المأجورة، ولكن إذا توسعت الأنشطة الزراعية التجارية نتيجة للأتمتة، فقد تكون هناك حاجة أكبر إلى اليد العاملة المأجورة. وتمثّل مزارع الشركات التجارية أكثر المزارع استخدامًا للأتمتة، ويقابل ذلك انخفاض في متطلبات اليد العاملة في المزارع. ومع ذلك، وحتى في هذه الحالة، إذا كان الأخذ بالأتمتة مدفوعًا بارتفاع الأجور وندرة اليد العاملة فسوف تتجه الأتمتة إلى زيادة إنتاجية اليد العاملة والأجور من دون أن تتسبب في بطالة.

وإذا حدثت الأتمتة في ظلّ وجود وفرة في اليد العاملة، وتم تحفيزها بإعانات حكومية تجعل الأتمتة رخيصة بصورة مصطنعة، فسيكون هناك خطر جدي من حيث إحداث إزاحة للعمالة وتوليد البطالة، مع ما يصاحب ذلك من آثار اجتماعية واقتصادية كبيرة، وخاصة على الأكثر فقرًا والأقل مهارة، الذين قد لا يجدون بسهولة عملًا في مكان آخر.

وتولّد الأتمتة الزراعية آثارًا اجتماعية واقتصادية مهمة على المستهلكين، لأنها تؤدي إلى تقليل كلفة إنتاج الغذاء. وقد تنشئ التطورات في الأتمتة الرقمية أيضًا فرصًا جديدة على صعيد ريادة الأعمال تفيد المستهلكين – وذلك مثلًا بالسماح بإحياء المحاصيل الموروثة الغنية بالمغذّيات التي كان يصعب أتمتتها – وتؤدي إلى تخفيض كبير في كلفة إنتاج الأغذية العضوية، التي تتطلّب حاليًا عمالة كثيفة جدًا.

عملية الأتمتة الزراعية يجب أن تكون شاملة للجميع ولا تترك أحدًا خلف الركب

يجب أن تشمل الأتمتة الزراعية من يعانون من الضعف والاستبعاد والتهميش، وخاصة صغار المنتجين، والرعاة، وصغار صيادي الأسماك، وصغار مزارعي الغابات ومجتمعات الغابات، والعمال الزراعيين المأجورين، والمشاريع البالغة الصغر غير الرسمية، والعمال غير الرسميين الذين لا يملكون أراض، والعمال المهاجرين. ومن المهم بصورة خاصة إشراك النساء والشباب والأشخاص ذوي الإعاقة.

وتنطوي الآثار الجنسانية للأتمتة في المزرعة على آثار معقدة. غير أن المرأة متأخرة عن الرجل في الأخذ بالتكنولوجيا الزراعية بسبب الحواجز التي تحول دون حصولها على رأس المال والمدخلات والخدمات (مثل المعلومات والإرشاد والائتمان والأسمدة) وقد يكون ذلك ناتجًا أيضًا عن المعايير الثقافية في بعض السياقات. ويتعيَّن على صانعي السياسات والشركاء المحليين في التنفيذ تعزيز تطوير التكنولوجيا التي تراعي الفروق بين الجنسين ونشرها وتقديم خدماتها.

ويبدو أن المزارعين الشباب هم أول من يحرص على الأخذ بهذه العملية. وتبشر الأتمتة الزراعية بأنواع جديدة من الوظائف التي تتطلب مجموعة قوية من المهارات. ويجب أن يكون من بين الأولويات وضع جدول أعمال قوي لتنمية رأس المال البشري وبناء القدرات، مع التركيز على الشباب.

ومع توسّع الأتمتة الموفرة لليد العاملة في المزارع، فإن القوة العاملة في المزرعة لا تصبح أصغر فحسب، بل تصبح أكثر مهارة. ويكمن أحد التحديات المهمة في تيسير تحوّل القوة العاملة الزراعية من الأنشطة اليدوية ذات المهارات المنخفضة إلى العمل باستخدام تكنولوجيات أكثر تعقيدًا. ومع ذلك، فإن المخاوف من أن الأتمتة ستُشرّد ملايين عمال المزارع من دون آفاق أخرى للعمل هي مخاوف ليست في محلها. وتمثّل أتمتة الوظائف الزراعية، مع ما يتبع ذلك من تطوير للقوة العاملة في المزارع، عملية تدريجية تختلف بحسب المواقع والمحاصيل والمهام الزراعية. والحوافز التي تدفع على الأخذ بالأتمتة الموفرة لليد العاملة هي أكثر ما تكون في حالة المهام الزراعية المحددة الكثيفة العمالة التي يمكن بسهولة أتمتتها بكلفة منخفضة. ومع أتمتة بعض المهام سيظل بعضها الآخر كثيف العمالة.

وإذا لم تكن تكنولوجيات الأتمتة المتوفرة محايدة من حيث الحجم فسوف يكون هناك خطر من احتمال إزاحة صغار المنتجين والمجهزين عن العمل بسبب الافتقار إلى الوصول لاقتصادات الحجم اللازمة للاستمرار في المنافسة. ولكن هذه النتيجة ليست نتيجة حتمية للأتمتة الزراعية؛ إذ أن المفتاح

هو أن تكون الأتمتة المحايدة من حيث الحجم والمنخفضة الكلفة متوفرة في كل مكان.

وعلى أي حال، فإن الافتراض بأن الحد من الأتمتة يمكن أن يحافظ على العمالة الزراعية والدخل هو افتراض لا أساس له من الصحة. وبالفعل، فإن السياسات المتّبعة للحد من الأتمتة لن تؤدي إلّا إلى جعل المزارع أقل قدرة على المنافسة وغير قادرة على توسيع إنتاجها. ولتحسين الأجور وظروف العمل للعمال، يجب على المزارع أن تكون أكثر إنتاجية من خلال التكنولوجيات الجديدة. ومن دون وجود تكنولوجيات تعزز إنتاجية اليد العاملة، فإن احتمالات انتشال عمال المزارع الفقراء من الفقر وعدم الأمن الغذائي تظل احتمالات قاتمة.

تقديم خارطة طريق للأتمتة الزراعية الفعالة والمستدامة والشاملة للجميع: السياسات والاستثمارات والمؤسسات

تنطوي الأتمتة الزراعية على إمكانات قوية للمساهمة في التنمية الريفية المستدامة والشاملة للجميع على أساس الزراعة الكثيفة ولكن المستدامة. ومع ذلك، فإن تحقيق هذه الإمكانات ليس تلقائيًا ويتوقف على السياق الاجتماعي والاقتصادي، وكذلك السياسات والبيئة المؤسسية التي تجري فيها عملية الأتمتة الزراعية. وإذا كانت البلدان ستكسب من هذه العملية أو تخسر بسببها فإن ذلك يتوقف على كيفية إدارة الانتقال. والبلدان التي تقوم ببناء ما يلزم من البنية التحتية المادية والاقتصادية والقانونية والاجتماعية للأتمتة الرقمية هي التي ستحقق الفوائد. أما البلدان التي تتجاهل هذا التحدي، فسوف تكون الخسارة من نصيبها.

والأتمتة الزراعية، مثلها مثل أي تغيُّر تكنولوجي، تستتبع حتمًا بعض الاضطراب، حيث تحقق بعض الفوائد ولكنها تنشئ أيضًا بعض المفاضلات. ويقترح التقرير مجموعة من الخيارات الممكنة بشأن السياسات والمؤسسات والتشريعات والاستثمارات. وهي تُشكل مجتمعة خارطة طريق لكفالة مساهمة الأتمتة الزراعية في النُظم الزراعية والغذائية الفعالة والمنتجة والمستدامة والقادرة على الصمود والشاملة للجميع. وتُركز بعض الخيارات على إنشاء بيئة مؤاتية للأعمال التجارية في الزراعة، وخاصة في صدد الاستثمارات في تكنولوجيات الأتمتة، حيث يتطلب الأمر استكمال هذه الاستثمارات بلوائح وغير ذلك من الإجراءات لضمان أن تؤدي إلى الاستدامة البيئية والصمود في وجه تغيّر المناخ. وأخيرًا، يجب أن توضع سياسات وبرامج لتكفل أن تكون هذه العملية في صالح الجميع، وخاصة المجموعات المهمَّشة، مثل النساء وصغار المنتجين والشباب.

وسيتعيَّن أيضًا على الحكومات أن توازن المفاضلات بين أهداف اقتصادية وبيئية واجتماعية مختلفة، وأحيانًا متعارضة. والسياسات والاستثمارات والإجراءات العامة الأخرى المقترحة، والتي تُناقش في القسم التالي في إطار خارطة الطريق للأتمتة الزراعية – ليس لها الوزن نفسه في جميع السياقات. ويجب أن تحدّد الحكومة أولويات الإجراءات على أساس التحديات التي تواجهها وعلى أساس قدراتها الوطنية. وأحد المجالات المشتركة المهمة لتدخّل الحكومة هو دعم الخدمات العامة، الذي يُمثّل إجراءات الحكومة لتهيئة بيئة مؤاتية للقيام بالأعمال التجارية في الزراعة وفي النُظم الزراعية والغذائية، من دون الحوافز التي تؤدي إلى التشويه أو تفضيل بعض الجهات الفاعلة على غيرها (أو حتى قطاعات معينة داخل الزراعة).

السياسات والتدخلات الموجهة إلى الزراعة تؤثر أيضًا على استيعاب الأتمتة

يمكن لعدد من السياسات الخاصة بالزراعة أن تدعم الأتمتة بصورة مباشرة بدرجة أكبر وأن تُساعد في التغلّب على الحواجز التي تحول دون الأخذ بها، وخاصة في حالة صغار المنتجين. وتستطيع الحكومات أن تؤثر على عملية الأخذ بالأتمتة من خلال سياسات الائتمان الموجه مباشرة إلى الأتمتة الزراعية. وتمثّل قروض الاستثمار الحل الأكثر شيوعًا لتمويل الأتمتة وتظهر في مختلف الأشكال، مثل الأوراق المالية على أساس تعاقدي ومخططات ضمانات القروض ومجموعات المسؤولية المشتركة والتأجير والمِنح المماثلة. وبالإضافة إلى ذلك، فإن الإعانات الحكومية "الذكية" المحددة الهدف التي لا تشوّه الأسواق يمكن أن تؤدي دورًا. وتحسين أمن حيازة الأراضي أمر جوهري، نظرًا لأن حيازة الأراضي غير الآمنة تحد من قدرة المنتجين في الحصول على الائتمانات لأنهم لا يستطيعون عندئذ استخدام سندات ملكية الأراضي كضمان. ويمكن أيضًا لتقليل الرسوم على واردات الآلات والمعدات الرقمية وقطع الغيار وتحسين إجراءات الجمارك أن يساعد على تخفيض كلفة صفقات تكنولوجيات الأتمتة ويحفز استيعابها.

وهناك حاجة إلى تنمية رأس المال البشري للتغلب على الأمية الرقمية، وذلك مثلًا من خلال مراكز التدريب المهني. ويجب تعزيز معارف ومهارات المصنّعين والمالكين والمشغلين والفنيين والمزارعين جميعًا، مع تحديد الشباب كهدف استراتيجي نظرًا لأنهم يمثّلون في كثير من الحالات الدوافع الرئيسية للأتمتة. ويمكن لتحسين الإرشاد الزراعي والخدمات الاستشارية الريفية أن يُيسّر الأخذ بالأتمتة. وكان لخدمات الإرشاد العامة دومًا دور مهم في كفالة الأتمتة الزراعية الشاملة للجميع. غير أن نقص موظفي الإرشاد المدربين تدريبًا جيدًا يمثّل عائقًا كبيرًا في معظم البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل.

وفي حين أن رأس المال البشري أساسي للمستخدمين (أي المزارعين ومقدمي الخدمات)، فإنه لا يقلّ أهمية بالنسبة إلى المشاركين في الابتكارات (مثل الباحثين والعلماء). ويمكن للحكومات أن تموّل أعمال البحث والتطوير التطبيقية أو تقوم بها في مجال تكنولوجيات الأتمتة، وخاصة بهدف إيجاد حلول مكيّفة للاحتياجات المحلية واحتياجات صغار المنتجين. ومن مجالات البحث المهمة تقييم أثر حلول الزراعة الدقيقة من حيث الربحية والاستدامة والشمول. ويلزم التركيز على الآلات الصغيرة والحلول الرقمية البسيطة تكنولوجيًا، مثل الاستجابة الصوتية التفاعلية وبيانات الخدمة التكميلية غير المهيكلة والرسائل النصية القصيرة. ويمكن أن تكون الآلات الصغيرة ملائمة بشكل أفضل للظروف المحلية والمزارع الصغيرة، في حين أن الحلول البسيطة تكنولوجيًا قد تصل بسهولة أكبر إلى جميع المزارعين بكلفة منخفضة.

وأخيرًا تحتاج الحكومات إلى تطوير معايير ضمان الجودة والسلامة، التي يمكن أن تديرها المنظمات العامة ومنظمات السوق ومنظمات القطاع الثالث. ويتعيَّن أن تستند قوانين ولوائح سلامة الأتمتة إلى مشاورات شاملة مع جميع أصحاب المصلحة ويجب أن تكون شفافة وأن تدعمها تدابير لكفالة امتثال المستخدمين.

السياسات والمؤسسات والاستثمارات خارج النُظم الزراعية والغذائية تؤثر على استيعاب الأتمتة الزراعية

يمكن للسياسات العامة والاستثمارات التي لا تستهدف على وجه التحديد النُظم الزراعية والغذائية أن تُشكل البيئة المؤاتية، بما في ذلك البنية التحتية. والبيئة التحتية للطرق سيئة بصورة خاصة في البلدان المنخفضة الدخل وفي معظم أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى. ويمكن أن يخفّض تحسين هذه البنية التحتية كلفة الحصول على الآلات وقطع الغيار والإصلاح والوقود ويُيسّر ظهور أسواق الخدمات. وعلى سبيل المثال، فإن الاستثمار في البنية التحتية للطاقة من خلال تطوير الكهرباء خارج نطاق الشبكة الكهربائية من موارد متجددة لا يقلّ أهمية نظرًا لعدم وجود تكنولوجيا أتمتة تعمل من دون طاقة. ويمكن لتوافر الطاقة المتجددة استنادًا إلى استثمارات محلية أن يحمي من الصدمات في قطاع الطاقة ومن تقلبات أسعار الوقود.

ومن الحاسم تحسين البنية التحتية للاتصالات وإمكانية الاتصال الإلكتروني لسلامة أداء الأتمتة الزراعية. وينتشر ضعف الاتصال الإلكتروني على نطاق واسع حتى في بعض المناطق الريفية من البلدان المرتفعة الدخل. ويمكن للسياسات منح إعفاءات ضريبية أو تقديم قروض منخفضة الفائدة لمقدمي خدمات الإنترنت في المناطق الريفية. ويمكن للتشريعات أداء دور مهم - كتعزيز الشراكات بين القطاعين العام والخاص والمجتمع المحلي لتحسين إمكانية الاتصال الإلكتروني والبنية التحتية ذات الصلة في المناطق الريفية وتوفير خدمات البيانات والدعم. وينبغي أن تستهدف الاستثمارات أيضًا البنى المؤاتية المصاحبة، مثل مجموعات البيانات العامة المتعلقة بتوقعات الطقس والجداول الزمنية لإنتاج المحاصيل وتربية الماشية.

وفي حين أن البنية التحتية تشكل شاغلًا رئيسيًا، فإن المؤسسات وظروف الاقتصاد الكلي والقدرة المؤسسية الأوسع تُمثّل هي أيضًا عاملًا رئيسيًا في استيعاب الأتمتة الزراعية. ومن المهم تحسين أسواق الائتمان العامة؛ والواقع أن إمكانية حصول صغار المنتجين على الائتمانات بأسعار فائدة ميسورة عادةً ما تكون محدودة، ما يجعل من غير الممكن تمويل تكنولوجيات الأتمتة. ومن الأمور الحيوية تعزيز القدرة المؤسسية والسياسية لتوجيه تطوير تكنولوجيات الأتمتة؛ ومن جانب آخر، إذا وصلت شركات التكنولوجيا الخاصة القوية أولًا فإن عواقب ذلك يمكن أن تكون سلبية مع ظهور آثار غير مباشرة على المجتمع الأوسع. والأهم من ذلك أنه لو وُضعت سياسات شفافة للبيانات الوطنية - بما في ذلك حماية البيانات وتقاسمها ولوائح الخصوصية - فيمكنها هي نفسها تيسير الأتمتة الرقمية. ومن العناصر المؤاتية الأخرى تطوير بنية تحتية وطنية للبيانات ودعم القابلية

للتشغيل البيني، أي تحقيق الاتصال الدقيق والموثوق بين الآلات. وأخيرًا، يمكن أن تؤثر سياسات أسعار الصرف والسياسات التجارية على أنماط الأتمتة من خلال كلفة استيراد الآلات والمعدات الرقمية وقطع الغيار.

الأتمتة الزراعية ستساهم في حالة تطبيقها على النحو الصحيح في النُظم الزراعية والغذائية الشاملة للجميع والمستدامة

حتى إذا افترضنا أن البلدان قادرة على تهيئة فرص متكافئة أمام القطاع الخاص لتوفير تكنولوجيات ابتكارية فسوف تظل التحديات المرتبطة بالأتمتة قائمة. والأتمتة الزراعية تواجه ثلاثة تحديات محددة: عدم ترك المجموعات المهمشة خلف الركب؛ وتجنب زيادة البطالة وإزاحة الوظائف؛ ومنع الأضرار البيئية. ويمكن أن تؤدي السياسات دورًا في التصدي لهذه التحديات وكفالة مساهمة الأتمتة في التحوّل الزراعي الشامل للجميع والمستدام. ولذلك ستكون هناك على الأرجح حاجة إلى إجراءات من جانب صانعي السياسات.

أولًا، يتعيّن على الحكومات أن تكفل استفادة النساء والشباب والمجموعات المحرومة الأخرى من الأتمتة. وتساعد أيضًا السياسات التي تعالج أوجه الحرمان التي تواجهها النساء (مثل تحسين حقوق المرأة في الأراضي أو تسهيل وصول المرأة إلى الائتمانات والإرشاد) على زيادة وصول المرأة إلى الأتمتة. ويمكن أن تُركز أعمال البحث والتطوير العامة على تكنولوجيات الميكنة الملائمة للجنسين والمصممة لتناسب احتياجات المرأة. وبالإضافة إلى ذلك، يتعيّن وجود جدول أعمال محدد بشأن الأتمتة الزراعية يستهدف الشباب وغيرهم من المجموعات المحرومة، ما يكفل حصولهم على المهارات اللازمة لأداء الأعمال الجديدة التي تتطلب مهارات عالية والمرتبطة بالأتمتة.

وثانيًا، تحتاج الحكومات إلى وضع ضمانات للحماية من الآثار السلبية على العمالة. وحيثما تظهر الأتمتة كاستجابة لقوى السوق (مثل ارتفاع أجور العمالة الريفية) وتحلّ محل العمل الأسري غير المأجور، فمن غير المرجح أن تؤدي إلى البطالة. ومن ناحية أخرى، فإن الأتمتة إذا كانت مدفوعة بصورة مصطنعة بجهود عامة (على سبيل المثال من خلال إعانات حكومية لواردات الآلات) فإنها يمكن أن تؤدي إلى البطالة وإزاحة الأعمال وتخفيض أجور العمالة الريفية. ولذلك ينبغي لصانعي السياسات عدم تشجيع الأتمتة قبل الحاجة إليها بالفعل. وفي الوقت نفسه ينبغي لصانعي السياسات عدم كبح الأخذ بها استنادًا إلى الزعم بأنها ستؤدي إلى إزاحة فرص العمل والتسبب في حدوث بطالة. ومن المرجح أن يسمح دعم السياسات الذي يوفر السلع العامة أو الجماعية من خلال دعم الخدمات العامة بالانتقال بسلاسة نحو مزيد من الأتمتة من دون التسبب في بطالة. ويشمل ذلك دعم البحث والتطوير في المجال الزراعي وخدمات نقل المعرفة.

وثالثًا، يتعيّن أن تكفل السياسات مساهمة الأتمتة الزراعية في النُظم الزراعية والغذائية المستدامة والقادرة على الصمود. وفي حين أن الميكنة الآلية ولّدت العديد من الفوائد، فقد أنتجت أيضًا آثارًا بيئية سلبية، منها فقدان التنوع البيولوجي وتراص التربة وانجراف وتدهور نوعية المياه. ويمكن لتكنولوجيات الأتمتة الرقمية الأكثر تقدمًا، مثل الزراعة الدقيقة، أن تُقلل هذه الآثار إلى أدنى حد أو تتجنبها. وينبغي للبحوث التقنية والزراعية التطبيقية أن تستكشف حلول الأتمتة التي تناسب الظروف الإيكولوجية الزراعية المحلية على أفضل وجه، وينبغي للحكومات أن تُيسّر الأخذ بتكنولوجيات الأتمتة المراعية للبيئة. ومن الأفضل أن يتمكن المزارعون من اختيار حلول الأتمتة التي تناسب ظروفهم الزراعية الإيكولوجية المحلية، ولكن يجب على الحكومات تهيئة بيئة مؤاتية، بما في ذلك المعلومات عن التكنولوجيات المتاحة.

وفي الختام، يمكن للأتمتة، إذا كان هناك اهتمام بالتصدي للتحديات المذكورة أعلاه، أن تحفز دعم تحقيق أهداف التنمية المستدامة، وخاصة الأهداف 1 و2 و3 و9 و10. وسوف يعتمد اختيار المزيج السليم من التكنولوجيات – وكذلك السياسات والتدخلات والاستثمارات الملائمة – على مستوى التنمية الاقتصادية، والمؤسسات القائمة، والخصائص الزراعية المحلية، وأهداف صانعي السياسات. ومن المهم أن يدرك صانعو السياسات خصوصية سياق الأخذ بالأتمتة وأن يقيّموا المشاكل المحددة التي تظهر في أي مجال (مثل إمكانية الاتصال الإلكتروني، وعدم المساواة، والفقر، وعدم الأمن الغذائي، وسوء التغذية) قبل الجمع بين أدوات السياسات للعمل. ويرجع إلى المنتجين الزراعيين اختيار التكنولوجيات التي يأخذون بها. ويرجع إلى الحكومات توفير البيئة المؤاتية التي يمكن أن يزدهر فيها الابتكار، وكذلك الحوافز اللازمة لتكون عملية الأخذ بالأتمتة شاملة للجميع قدر الإمكان. ■

الصين
مزارع يراقب محاصيل
الفلفل الحار
بحاسوب لوحي.
© iStock.com/xijian

الفصل 1
الأتمتة الزراعية: ماهيّتها وأهميّتها

الرسائل الرئيسية

- توفّر الأتمتة فرصًا كثيرة للمنتجين الزراعيين والنُظم الزراعية والغذائية بصفة عامة، ولكن عدم تكافؤ فرص الوصول إليها والأخذ بها عبر البلدان وداخلها يحول دون تحقيق كامل إمكاناتها.
- يمكن على وجه الخصوص للأتمتة الزراعية زيادة الإنتاجية، وبناء القدرة على الصمود، وتحسين نوعية المنتجات وكفاءة استخدام الموارد، وتقليل المشقة التي يتكبدها الإنسان والحد من نقص اليد العاملة، وتعزيز الاستدامة البيئية، وتيسير التكيُّف مع تغيُّر المناخ والتخفيف من آثاره.
- يمكن أن تُساهم الأتمتة في الزراعة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة بحلول عام 2030، ولا سيما الهدف 1 (القضاء على الفقر) والهدف 2 (القضاء على الجوع) والأهداف المتعلقة بالاستدامة البيئية وتغيُّر المناخ، والدفع نحو تغييرات أوسع نطاقًا في النُظم الزراعية والغذائية من خلال تهيئة فرص جديدة لريادة الأعمال.
- يمكن للأتمتة أيضًا أن تؤدي إلى عدم المساواة إذا ظلّت بعيدة عن متناول البعض، وخاصة صغار المنتجين والإناث العاملات في الإنتاج الزراعي. ويمكن، إذا لم تتم إدارتها بصورة جيدة، أن تتسبب أيضًا في عواقب بيئية سلبية من خلال المساهمة، على سبيل المثال، في زراعة المحصول الواحد.
- لإطلاق كامل إمكانات الأتمتة الزراعية، يجب أن تكون التكنولوجيات متاحة وشاملة وميسورة للجميع ومناسبة للظروف المحلية (أي يتعيّن أن تكون محايدة من حيث الحجم)، ويجب أن تُحسّن الاستدامة البيئية.
- يتمثل أحد التحديات الرئيسية في ضمان أن تكون التكنولوجيات متكيفة مع السياقات المحلية وعمليات الابتكار المحلية التي يُروّج لها، فضلًا عن بناء قدرة المنتجين على الأخذ بهذه التكنولوجيات الجديدة واستخدامها.

كان التغيُّر التكنولوجي مدفوعًا بعمليات الابتكار التي يسّرته أيضًا، دافعًا رئيسيًا للتحوّل الاجتماعي والاقتصادي على مرّ العصور، ما أدى إلى تحقيق مكاسب في الإنتاجية والدخل، فضلًا عن تحسينات في رفاه الإنسان. وينطبق ذلك على النُظم الزراعية والغذائية بنفس القدر الذي ينطبق به على سائر قطاعات الاقتصاد. ونحتاج اليوم، من أجل إطعام سكان العالم الذين يتزايد عددهم باستمرار، إلى زيادة إنتاج الأغذية المغذية، وفي الوقت نفسه معالجة توافر الأراضي الزراعية، والاستخدام غير المستدام للموارد الطبيعية والصدمات والضغوط المتزايدة وعواقب تسارع تغيُّر المناخ. ومن هنا، يجب أن تتغلب النُظم الزراعية والغذائية على تحدي زيادة الإنتاجية على نحو مستدام. وهناك حاجة ملحة أكثر من أي وقت مضى لوضع حلول تكنولوجية قادرة على جعل الإنتاج الزراعي أكثر إنتاجية واستدامة في جميع قطاعاته – المحاصيل والثروة الحيوانية، ومصايد الأسماك وتربية الأحياء المائية، والغابات – ودفع عجلة الإنتاجية في النُظم الزراعية والغذائية بما يتجاوز الإنتاج الأوّلي.

ومع استمرار التغيُّر التكنولوجي في تحويل اقتصاداتنا، أدّت التطورات الحديثة في التكنولوجيات الرقمية، مثل أجهزة الحاسوب والهواتف المحمولة الأسرع، وأجهزة الاستشعار، وتعلّم الآلة، والذكاء الاصطناعي، إلى ارتياد آفاق جديدة في المعدات، وإحداث تحوّل في استخدام الآلات في المهام الزراعية. وعلى غرار التكنولوجيات الأخرى – والابتكارات بشكل عام – فإن هذه التكنولوجيات الجديدة يمكن أن تُكمِّل التكنولوجيات القديمة أو تحل محلها. وفي بعض الأحيان، قد يتم إحياء تكنولوجيات وممارسات قديمة أو يعاد توجيهها لاستخدامات جديدة. ويمكن لهذه التكنولوجيات ليس فقط فصل الكثير من العمل البدني عن الإنتاج الزراعي، ولكن أيضًا العمل الذهني المطلوب لجمع

المعلومات والبيانات وتحليلها واتخاذ القرارات. ويمكن بالتالي أن تساعد على تطبيق الزراعة الدقيقة[1] من خلال تحسين توقيت العمليات والسماح باستخدام المدخلات بمزيد من الدقة والكفاءة.

وليست هذه المرة الأولى في تاريخ البشرية التي تكون فيها مخاوف بشأن العواقب السلبية للتقدم التكنولوجي على العمال. ومن الناحية العملية، فإن الحكمة المقبولة القائلة بأن الأتمتة تؤدي إلى فقدان الوظائف وزيادة البطالة لا تؤيدها الحقائق التاريخية. ويعتبر هذا التقرير أن الأتمتة، بما في ذلك التكنولوجيات الرقمية، يمكنها، على العكس من ذلك، أن تجعل الإنتاج الزراعي أكثر قدرة على الصمود في وجه الصدمات والضغوط، مثل الجفاف وتسارع تغيُّر المناخ. ويمكن للأتمتة الزراعية زيادة الإنتاجية، وتحسين جودة المنتجات، وزيادة كفاءة استخدام الموارد، والحد من نقص اليد العاملة، وتعزيز العمل اللائق من خلال تقليل المشقة التي يتكبدها الإنسان - بالإضافة إلى تعزيز الاستدامة البيئية. وبينما يجب الاعتراف بأن إدخال تكنولوجيات الأتمتة، ولا سيما إذا لم تكن مناسبة لسياق محلي محدد، يمكن أن يؤدي إلى تحديات اجتماعية واقتصادية لبعض المجموعات، بما في ذلك الآثار السلبية على سوق العمل، فإن التصدي لهذه التحديات ممكن من خلال السياسات والتشريعات، وهذا ما يناقشه التقرير. وما لا يقلّ صعوبة هي الحواجز التي يمكن أن تحول دون تطبيق الأتمتة، ولا سيما بين صغار المنتجين الفقراء، ما يؤدي إلى عدم المساواة في إمكانية الوصول إليها.

وتتسم الأتمتة الزراعية بأهميتها الكبيرة للعديد من أهداف التنمية المستدامة، ولا سيما الهدف 1 (القضاء على الفقر) والهدف 2 (القضاء على الجوع). وبقدر ما تكون الزراعة في جميع أنحاء العالم متقبلة للأتمتة، فإنها يمكن أن تدفع أيضًا التقدم نحو تحقيق الهدف 9 من أهداف التنمية المستدامة (الصناعة والابتكار والهياكل الأساسية)، الذي يدعو إلى دعم ورفع مستوى القدرات التكنولوجية والبحث والابتكار، وخاصة في البلدان المنخفضة الدخل. وبالمثل، يمكن للأتمتة، إذا تسنى التغلب على الحواجز التي تحول دون الأخذ بها، أداء دور في سدّ الفجوة التكنولوجية وتعزيز التقدم نحو تحقيق الهدف 5 من أهداف التنمية المستدامة (المساواة بين الجنسين) والهدف 8 (العمل اللائق ونمو الاقتصاد) والهدف 10 (الحد من أوجه عدم المساواة). ويمكنها، من خلال قدرتها على تهيئة ظروف عمل أكثر أمانًا وتوفير أغذية تتسم بقدر أكبر من السلامة والجودة، أن تُساهم في التقدم نحو تحقيق الهدف 3 من أهداف التنمية المستدامة (الصحة الجيدة والرفاه). وأخيرًا، يمكن أن يُساهم النجاح في الأخذ بحلول الأتمتة التي تُعزز الاستدامة البيئية في التقدم نحو تحقيق الهدف 6 من أهداف التنمية المستدامة (المياه النظيفة والنظافة الصحية)، والهدف 7 (طاقة نظيفة وبأسعار معقولة)، والهدف 12 (الاستهلاك والإنتاج المسؤولان)، والهدف 13 (العمل المناخي)، والهدف 14 (الحياة تحت الماء)، والهدف 15 (الحياة في البر).

ويبحث هذا التقرير في الطريقة التي يمكن من خلالها للأتمتة في الزراعة، وكذلك في المراحل المبكرة من سلسلة الإمدادات الغذائية، أن تساهم في ضمان بلوغ أهداف التنمية المستدامة وتحقيق آثار إيجابية. ويستعرض التقرير حالة الأخذ بالأتمتة الزراعية، بما في ذلك اتجاهات التنفيذ، والدوافع الكامنة وراء هذه الاتجاهات، وآثارها الاجتماعية والاقتصادية المحتملة. ويُناقش مجموعة من خيارات السياسات والتشريعات وتدخلاتها التي يمكن أن تزيد من فوائد تكنولوجيات الأتمتة إلى أقصى حد وتقلل من مخاطرها إلى أدنى حد. ويُعرِّف الفصل الأول الأتمتة الزراعية، ويشرح أهميتها بالنسبة إلى التنمية المستدامة، ويُحدد الفرص والتحديات والمفاضلات التي يمكن أن توجدها أو تشكلها تكنولوجيات الأتمتة الجديدة. والافتراض الأساسي الذي يقوم عليه التحليل الوارد في هذا التقرير هو أن التطورات في الأتمتة الزراعية يمكن أن تُساعد البشرية على التغلب على العديد من التحديات المرتبطة بالحاجة إلى زيادة إنتاج الأغذية المغذية على نحو مستدام، ولكن من المرجح أن تؤدي إلى إيجاد تحديات جديدة لا بدّ من التغلب عليها لكي نتمكن من الاستفادة إلى أقصى حد من الإمكانات التي توفرها الأتمتة. ■

كيف وصلنا إلى هذه المرحلة؟

التغيُّر التكنولوجي في الإنتاج الزراعي ليس عملية جديدة. إذ يُظهر التاريخ كيف سعت البشرية باستمرار إلى الحد من مشقة الزراعة من خلال تطوير أدوات مبتكرة وتسخير قوة النار والرياح والمياه والحيوانات. وبحلول عام 4000 من الحقبة قبل العامة، كان المزارعون في بلاد ما بين النهرين يستخدمون المحاريث التي تجرها الثيران،[2] وظهرت المطاحن التي تعمل بقوة المياه في الصين حوالي عام 1000 من الحقبة قبل العامة.[3] وقد تسارع التغيُّر التكنولوجي خلال القرنين الماضيين بسبب اكتشاف قوة البخار (في ظل ظهور الدرَّاسات والمحاريث البخارية بحلول منتصف القرن التاسع عشر)، وعززها لاحقًا ظهور الجرارات التي تعمل بالطاقة الأحفورية،

والحصّادات وآلات التجهيز، فضلًا عن التكنولوجيات الجديدة لحفظ الأغذية، من بين أمور أخرى.[5,4] وأتاحت هذه التغيّرات للمجتمعات في جميع أنحاء العالم التقليل تدريجيًا من مشقة الإنتاج الزراعي وتخليص المنتجين الزراعيين من العناء البدني الكبير الذي كانوا يتكبدونه بسبب الزراعة. ونتيجة لذلك، تقلّ الحاجة الآن إلى اليد العاملة في الإنتاج الزراعي الأوّلي؛ ويتم تحرير العمال للعمل في قطاعات أخرى، مثل الصناعة والخدمات، ويتمتع الأطفال بحرية الذهاب إلى المدرسة، ويمكن للمرأة متابعة فرص العمل غير الزراعي أو الأنشطة المنزلية. واقترنت بذلك تطورات هائلة في العمليات أو المدخلات الزراعية، مثل البذور والأسمدة والري – وهي تطورات أدّت إلى الثورة الخضراء وأتاحت توسيع إنتاج الأغذية حتى مع تقليل استخدام اليد العاملة والتوسّع المحدود للأراضي الزراعية.[6]

ويُشار في كثير من الأحيان إلى عملية زيادة الإنتاجية الزراعية وإعادة توزيع اليد العاملة بعيدًا عن الزراعة باسم التحوّل الزراعي. ومع تطور الاقتصادات، تدفع التكنولوجيات الموفرة لليد العاملة العمال الزراعيين إلى الخروج من المزارع، بينما تجذبهم في الوقت نفسه الأنشطة المربحة في القطاع غير الزراعي نحو قطاعي الصناعة والخدمات.[9,8,7] وتنخفض بالتالي حصة السكان العاملين في الزراعة في ظل ما ينشأ من تطورات في التحوّل الزراعي. وكان معظم سكان العالم قبل الثورة الصناعية يعيشون في المناطق الريفية ويعتمدون على الإنتاج الزراعي الأوّلي لكسب عيشهم. ولم يعد الأمر كذلك في البلدان التي شهدت تحوّلًا زراعيًا عميقًا. ففي الولايات المتحدة الأمريكية، على سبيل المثال، لم يكن يعمل في الزراعة في عام 2020 سوى 1.4 في المائة من القوة العاملة.[10] وتنخفض أيضًا بصورة كبيرة في البلدان المرتفعة الدخل الأخرى نسبة السكان الذين يعملون مباشرة في المزارع.

ولا تحدث عملية التحوّل الزراعي بمعزل عن العمليات الأخرى، ولكنها تنطوي على تحويل للاقتصاد بأكمله. والواقع أن توفير أغذية كافية ومأمونة ومغذية للسكان الذين يزدادون عددًا وتحضرًا لا يتطلب استثمارات في الإنتاج الزراعي فحسب، بل يحتاج أيضًا إلى استثمارات في النقل والتخزين وتجهيز الأغذية، وكذلك البنى التحتية المادية والسوقية الأخرى. ومن الضروري إتاحة سُبل الوصول إلى الطرق ووسائل النقل لتمكين المنتجين الزراعيين من الحصول على المدخلات الزراعية الكافية، بما في ذلك رأس المال المادي والبشري، والوصول إلى الأسواق المربحة لمنتجاتهم.

وتحدث عملية الأتمتة في الزراعة اليوم في سياق تطور النُظم الزراعية والغذائية. والواقع أن للأتمتة في الزراعة آثارًا على النُظم الزراعية والغذائية تتجاوز الزراعة الأوّلية، وهي نفسها تتأثر بالتطورات التي تتجاوز الإنتاج الأوّلي. ويمكن للأتمتة في الإنتاج الأوّلي أن تكون دافعًا للتحوّل في النُظم الزراعية والغذائية، ولا سيما نحو تهيئة فرص جديدة لريادة الأعمال في المراحل التمهيدية والنهائية. وبالمثل، تترتب على الأتمتة في القطاعات التمهيدية والنهائية آثار بالنسبة إلى الأتمتة في الإنتاج الأوّلي. وتتوقف الآثار على ديناميكيات النُظم الزراعية والغذائية ومكوناتها والروابط المتبادلة بينها.

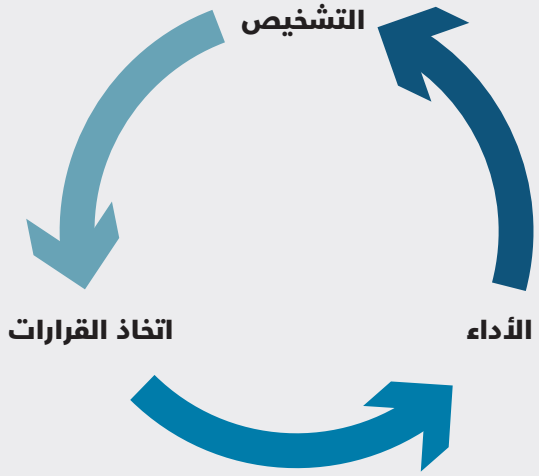
ويمثّل اعتماد التكنولوجيا أيضًا عملية تدريجية،[11] تتطلب ممارسة واختبارًا وتكيّفًا في مختلف الظروف السياقية، وتستغرق آثارها وقتًا كي تتبلور. فعلى سبيل المثال، في حين أن ظهور الجرارات الآلية جلب معه بلا شك العديد من الفوائد، فقد كانت له أيضًا آثار بيئية سلبية – من حيث إزالة الغابات، وفقدان التنوع البيولوجي، والاستخدام المفرط للوقود الأحفوري – استغرقت عقودًا لكي تصبح واضحة.[13,12] ويمكن تطبيق منطق مماثل على التكنولوجيات المستخدمة في الثورة الخضراء؛ فهي بلا شك حققت تحسينات كبيرة في الغلات، ولكن تكاليفها البيئية الطويلة الأمد كانت مرتفعة جدًا في بعض الأماكن.[13] ■

ما هي الأتمتة الزراعية؟

تأتي الأتمتة الزراعية اليوم بعد رحلة تطوّر طويلة للميكنة على مرّ تاريخ الزراعة. وتُعرِّف منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة الميكنة بأنها استخدام جميع وسائل الآلات والمعدات، من الأدوات اليدوية البسيطة والأساسية إلى الآلات الأكثر تطورًا والأكثر اعتمادًا على المحركات، في العمليات الزراعية.[14] ولذلك، وفي ظل الميكنة، لا تُستخدم الأتمتة إلّا في الجزء المتعلق بأداء العمل الزراعي، وتزداد درجة الأتمتة مع تحولنا من الأدوات اليدوية البسيطة نحو الآلات المجهزة بمحركات.

وهناك مرحلتان تسبقان دائمًا أداء أي عملية زراعية هما التشخيص واتخاذ القرار. ويمثّل الشكل 1 (الصفحة 4) المراحل الثلاث كعملية دورية تصبّ كل منها في الأخرى باستمرار. ويبدأ عمومًا تنفيذ أي عملية زراعية – من الحصاد إلى مكافحة الأمراض إلى الري – بتشخيص المسألة المطروحة لتحديد الإجراءات المطلوبة، إن وجدت.

الشكل 1 الدورة الثلاثية المراحل لنظام الأتمتة

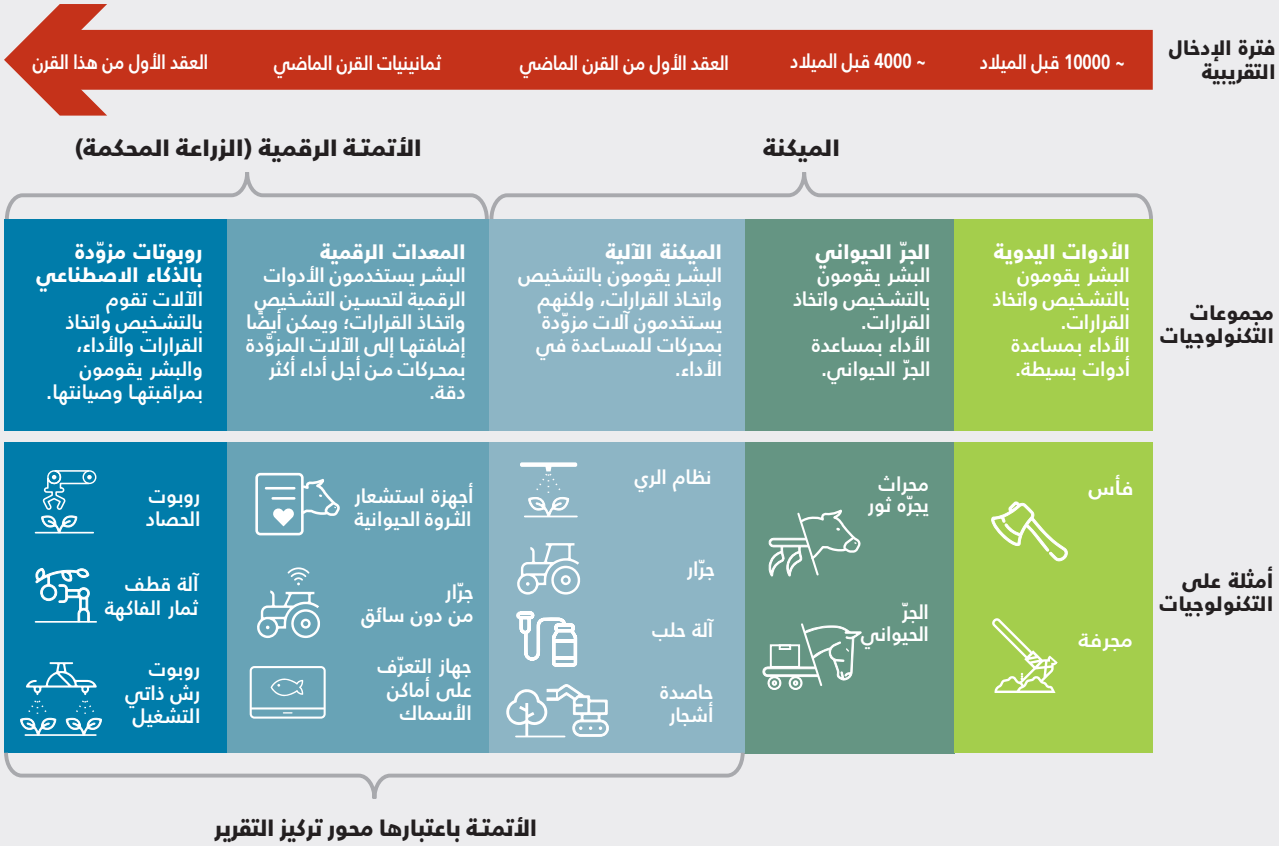


المصدر: أعدته منظمة الأغذية والزراعة لهذا التقرير.

وعلى سبيل التوضيح، يحتاج المنتجون، قبل الري، إلى معرفة ما إذا كانت النباتات تحتاج إلى المياه. وبالمثل، يحتاج المنتجون في قطاع الثروة الحيوانية إلى معرفة الحالة الصحية للحيوانات قبل وصف المضادات الحيوية. ويمكن إجراء التشخيص اعتمادًا على خبرة المنتجين، ولكن يمكن أيضًا إجراؤه باستخدام الأتمتة من خلال أجهزة استشعار يرصدها المنتجون. وبمجرد إجراء التشخيص، يُقرر المنتجون ما ينبغي القيام به (على سبيل المثال، كمية الري أو المضادات الحيوية المطلوبة) ومتى. ويمكن للمنتجين الزراعيين بعد ذلك اتخاذ القرارات بناءً على خبرتهم ومعرفتهم، أو يمكن أتمتة هذه القرارات من خلال وحدات تحكّم تُرسل إشارات استنادًا إلى المعلومات الواردة من أجهزة الاستشعار في مرحلة التشخيص. وفي المرحلة الثالثة والأخيرة (الأداء)، يمكن للمزارعين إجراء العمليات الزراعية مباشرة باستخدام الأدوات اليدوية أو الحيوانات، أو تشغيل آلات مختلفة. وتتيح تكنولوجيات الأتمتة الأكثر تقدمًا أتمتة المراحل الثلاث بالكامل. ومن الأمثلة على ذلك روبوتات جني ثمار الفاكهة. وتُنفذ هذه الروبوتات جميع المراحل الثلاث بالتتابع وبطريقة تلقائية، بينما يرصد المنتجون الزراعيون ببساطة أجهزة الاستشعار ويقومون بصيانة المعدات.

ويمكن تصنيف أي تكنولوجيا تعمل على أتمتة مرحلة واحدة على الأقل من المراحل الثلاث على أنها تكنولوجيا أتمتة. وتُركز الميكنة الآلية التي تستخدم قوة المحركات[15] بشكل أساسي على المرحلة الأخيرة من المراحل الثلاث، أي الأداء. وهي تستخدم الأتمتة في العمليات الزراعية، مثل الحرث والبذر والتسميد والحلب والتغذية والحصاد والري من بين عمليات أخرى كثيرة. ولأغراض هذا التقرير، تُعتبر أي تكنولوجيا تُساعد المنتجين الزراعيين في مرحلة أو أكثر من المراحل الثلاث الواردة في الشكل 1 تكنولوجيا أتمتة. ويشمل ذلك الحالات التي يستخدم فيها المنتجون الزراعيون، على سبيل المثال، أجهزة استشعار لرصد النباتات والحيوانات، وبالتالي أتمتة مرحلة التشخيص، ولكنهم يتخذون القرارات استنادًا إلى تجربتهم الخاصة من دون مساعدة من المعدات المؤتمتة. وفي بعض الحالات، يمكن أن تشمل مرحلة الأداء أيضًا استخدام الاستشعار (مثل إنشاء خرائط الغلة أثناء الحصاد) الذي يصبّ بعد ذلك في مرحلة التشخيص، وهذا هو ما يُفسر التمثيل الدوري الوارد في الشكل 1.

الشكل 2 تطور الأتمتة الزراعية



المصدر: أعدته منظمة الأغذية والزراعة لهذا التقرير.

ومع ظهور التكنولوجيات الرقمية والمعدات المؤتمتة، مثل أجهزة الاستشعار والروبوتات التي تعتمد على تعلّم الآلة والذكاء الاصطناعي، تصبح أتمتة التشخيص وصنع القرار ممكنة. ويزداد تكميل الآلات الآلية، أو حتى استبدالها، بمعدات رقمية جديدة تحقق الأتمتة في التشخيص واتخاذ القرارات. وعلى سبيل المثال، يمكن تحويل الجرار التقليدي إلى مركبة مؤتمتة قادرة على غرس البذور في الحقل ذاتيًا.[15] ولذلك، في حين أن الميكنة تقلل وتقلص العمل الشاق والمتكرر وتخفف من حالات نقص اليد العاملة، تزيد تكنولوجيات الأتمتة الرقمية الإنتاجية عن طريق السماح بتنفيذ العمليات الزراعية بدقة أكبر واستخدام الموارد والمدخلات بمزيد من الكفاءة. ويمكن بالتالي أن تؤدي الأتمتة الرقمية إلى مكاسب في الاستدامة البيئية وزيادة القدرة على الصمود في وجه الصدمات والضغوط المناخية. ومع ذلك، تتطلب الآثار المحتملة على اليد العاملة دراسة متأنية، على النحو الموضح لاحقًا في التقرير.

ويمثّل الشكل 2 (الصفحة 5) هذا التطور التكنولوجي، موضحًا تقدّم التكنولوجيات الزراعية – مع أمثلة على كل منها – وهي تتراوح بين التكنولوجيات التي تساعد على الأداء المادي للعمليات وحسب، والتكنولوجيات التي تساعد على التشخيص واتخاذ القرار. ويمكن تلخيص التطور التكنولوجي من خلال فئات التكنولوجيا التالية:

- **الأدوات اليدوية**، حيث يجري الإنسان التشخيص ويتخذ القرارات، بينما يعتمد الأداء على أدوات بسيطة مثل الفؤوس والعزّاقات.

- **الجرّ الحيواني**، حيث لا يزال الإنسان يُجري التشخيص ويتخذ القرارات، ولكن أداء العمليات الزراعية العملية يتم إجراؤه أو التخفيف منه عن طريق الحيوانات التي تُشغّل الآلات الزراعية، مثل المحاريث.

- **الميكنة الآلية**، حيث يستمر الإنسان في إجراء التشخيص واتخاذ القرارات، ولكن الآلات والمعدات المزودة بمحركات هي التي تقوم بالعمليات. وتمثّل هذه الفئة تحوّلًا في مصدر الطاقة المستخدمة في المزرعة من الداخل (على سبيل المثال، عضلات الإنسان والحيوانات) إلى الخارج (مثل الوقود الأحفوري والكهرباء). غير أن هذا التحوّل يتطلب بنية تحتية محددة لضمان توافر هذه المصادر باستمرار.

- **المعدات الرقمية**، حيث تُساعد مجموعة كبيرة من الأدوات الرقمية الإنسان على تحسين التشخيص و/أو اتخاذ القرارات عن طريق أتمتة العمل الذهني أو عن طريق زيادة دقة الآلات المزودة بمحركات.

- **الروبوتات المزودة بالذكاء الاصطناعي**، حيث يعتمد الإنسان على الروبوتات الزراعية التي تستخدم الذكاء الاصطناعي في جميع وظائف التشخيص واتخاذ القرارات والأداء. ويمكن أن تكون هذه الروبوتات ثابتة (مثل روبوتات الحلب) أو متحركة (مثل روبوتات جني ثمار الفاكهة). ويقوم الإنسان برصد أجهزة الاستشعار وصيانة الروبوتات. وتشمل هذه الفئة تكنولوجيات الأتمتة الأكثر تقدمًا التي لم يتسع نطاق بعضها بعد أو لا يزال قيد التطوير.

وللأسف أن هذا التنوع في الأدوات والتكنولوجيات قد ساهم في تضارب تعاريف الأتمتة الزراعية في المؤلفات، ما أعاق جهود جمع البيانات عن الأتمتة.[11] ومن ذلك على سبيل المثال أن البعض يُعرّف الأتمتة الزراعية بأنها ملاحة ذاتية تجريها الروبوتات من دون تدخل بشري، توفّر معلومات دقيقة للمساعدة على تطوير العمليات الزراعية.[16] ويُعرِّفها آخرون بأنها إنجاز مهام الإنتاج من خلال أجهزة ميكانيكية إلكترونية متنقلة ذاتية التشغيل لاتخاذ القرارات.[17] غير أن هذه التعاريف تقييدية جدًا ولا تستوعب جميع جوانب الأتمتة وأشكالها – ومنها المعدات الثابتة، مثل آلات الحلب الروبوتية. وعلاوة على ذلك، تستبعد التعاريف ليس الآلات المزودة بمحركات التي تستخدم الأتمتة في أداء العمليات الزراعية وحسب، بل تستبعد أيضًا الأدوات الرقمية (على سبيل المثال، أجهزة الاستشعار) التي لا تستخدم الأتمتة إلّا في التشخيص.

ويُبسِّط الشكل 2 (الصفحة 5) الواقع التاريخي لتطور تكنولوجيات الأتمتة؛ ويمكن أن تكون هناك تداخلات ومناطق رمادية بين الفئات. غير أنه يساعد على تحديد محور تركيز هذا التقرير وتعريف الأتمتة الزراعية. ويُطبَّق مفهوم الأتمتة الزراعية على الأُطر الثلاثة المظللة باللون الأزرق والتي تُشكل محور تركيز التقرير. وانطلاقًا من هذه الخلفية، يتضمن التقرير تعريفًا للأتمتة الزراعية بأنها:

> استخدام الآلات والمعدات في العمليات الزراعية لتحسين تشخيصها أو اتخاذ القرارات بشأنها أو أدائها، ما يؤدي إلى تقليل المشقة التي ينطوي عليها العمل الزراعي و/أو تحسين توقيت العمليات الزراعية وربما تحسين دقتها.

وبناءً على هذا التعريف، تشمل الأتمتة الزراعية الزراعة الدقيقة، وهي استراتيجية إدارة تجمع البيانات وتعالجها وتحللها لتحسين قرارات الإدارة (انظر مسرد المصطلحات).

وبدءًا من الإطار الأول المظلل باللون الأزرق في الشكل 2، تشمل الميكنة الآلية آلات يديرها الإنسان لأداء مهام مثل الحرث والري والحلب. ومع ذلك، يُجري الإنسان التشخيص بناءً على ملاحظاته الخاصة أو عن طريق قياس بارامترات بسيطة؛ ويتخذ بعد ذلك القرارات بناءً على الخبرة (الداخلية أو الخارجية) والمعرفة والموارد المتاحة. وتُغطي الفئتان الأخيرتان من الشكل 2 الأتمتة الرقمية. وهما تشملان مجموعة واسعة من الأدوات والمعدات والبرمجيات التي تكون أو يمكن أن تكون متعددة الوظائف ومتعددة الاختصاصات، ما يجعل إدارة الموارد في النظام محسَّنة إلى المستوى الأمثل بدرجة كبيرة، وفردية، وذكية، واستشرافية.[18] وفي ظل تطور تكنولوجيات الأتمتة الرقمية (الروبوتية المزودة بالذكاء الاصطناعي)، يمكن أتمتة جميع المراحل الثلاث – التشخيص واتخاذ القرارات والأداء – مع اقتصار دور الإنسان إلى حد كبير على مراقبة معدات الأتمتة وصيانتها. وينطبق ذلك على سبيل المثال على آلة قطف الثمار. وعندما يتلقى ذراع القطف رسالة من وحدة التحكم، بناءً على معلومات من أجهزة الاستشعار، فإنه يبدأ في قطف الثمار.

ويمكن أن تشمل الأتمتة أي مرحلة واحدة أو مجموعة من المراحل الثلاث المترابطة. وعلى سبيل المثال، يمكن

إجراء التشخيص عن طريق أجهزة الاستشعار، بينما يعتمد صنع القرار والأداء اعتمادًا كليًا على الإنسان. ويمكن بدلًا من ذلك إجراء التشخيص واتخاذ القرارات باستخدام التكنولوجيات الرقمية، بينما يقوم الإنسان بوظيفة الأداء. ومن أمثلة النُظم المؤتمتة بالكامل التي تكون فيها جميع المراحل الثلاث مؤتمتة روبوت الرش الذاتي: يحصل النظام أولًا على بيانات عن خصوبة التربة، ثم يُحدد منطقة التشغيل ومعدل الرش، وأخيرًا يرش السماد بناءً على هذا المعدل المتغيِّر. ■

لمَ الحاجة إلى الاستفادة من الأتمتة الزراعية؟ فهم الدوافع الرئيسية

تُشكل الأتمتة الزراعية جزءًا من تحوّل أوسع في النُظم الزراعية والغذائية. وهي تُساعد المنتجين الزراعيين على الحفاظ على الإنتاج وتوسيعه، في الوقت الذي يترك فيه العمال الزراعة ويتحولون نحو قطاعات الاقتصاد الأعلى أجرًا. وإلى جانب تخفيف الاحتياجات من اليد العاملة في الزراعة، يمكن للأتمتة أن تزيد من تحفيز تحوّل النُظم الزراعية والغذائية عن طريق تهيئة فرص للعمل في مراحل أخرى من النُظم الزراعية والغذائية. وعلى مرّ التاريخ، ومع تطور البلدان، تصرف الوظائف الأكثر جاذبية العمال عن الزراعة، وتزيد الابتكارات الموفِّرة لليد العاملة من الإنتاجية الزراعية عن طريق تقليل متطلبات اليد العاملة لكل وحدة من الناتج.[9,8,7] ونتيجة لهذه المجموعة من اتجاهات العرض من اليد العاملة والطلب عليها، انخفضت مع مرور الوقت حصة السكان الذين يزاولون الزراعة، بما في ذلك في البلدان المنخفضة الدخل والبلدان المتوسطة الدخل من الشريحة الدنيا (انظر الشكل 3 في الصفحة 8).

ويترافق هذا التحوّل مع زيادة في الابتكارات والتغيُّرات التكنولوجية والاستثمارات، وكلها مكونات حاسمة للتنمية الاجتماعية والاقتصادية وتؤثر على النُظم الزراعية والغذائية بما يتجاوز المرحلة الأوّلية. وعلى سبيل المثال، يتطلب توفير الغذاء الكافي والمأمون والمغذي للسكان الذين يتزايد عددهم في المناطق الحضرية والأثرياء باستثمارات ليس في الزراعة وحسب، بل وكذلك في النقل والتخزين وتجهيز الأغذية وغيرها من البنى التحتية. ولذلك فإن الروابط الخلفية والأمامية تربط القطاع الزراعي بالقطاع غير الزراعي.[20] وكجزء من عملية تحوّل النُظم الزراعية والغذائية، يمكن للأتمتة الزراعية أن تُحقق فوائد متعددة ترد مناقشتها أدناه.

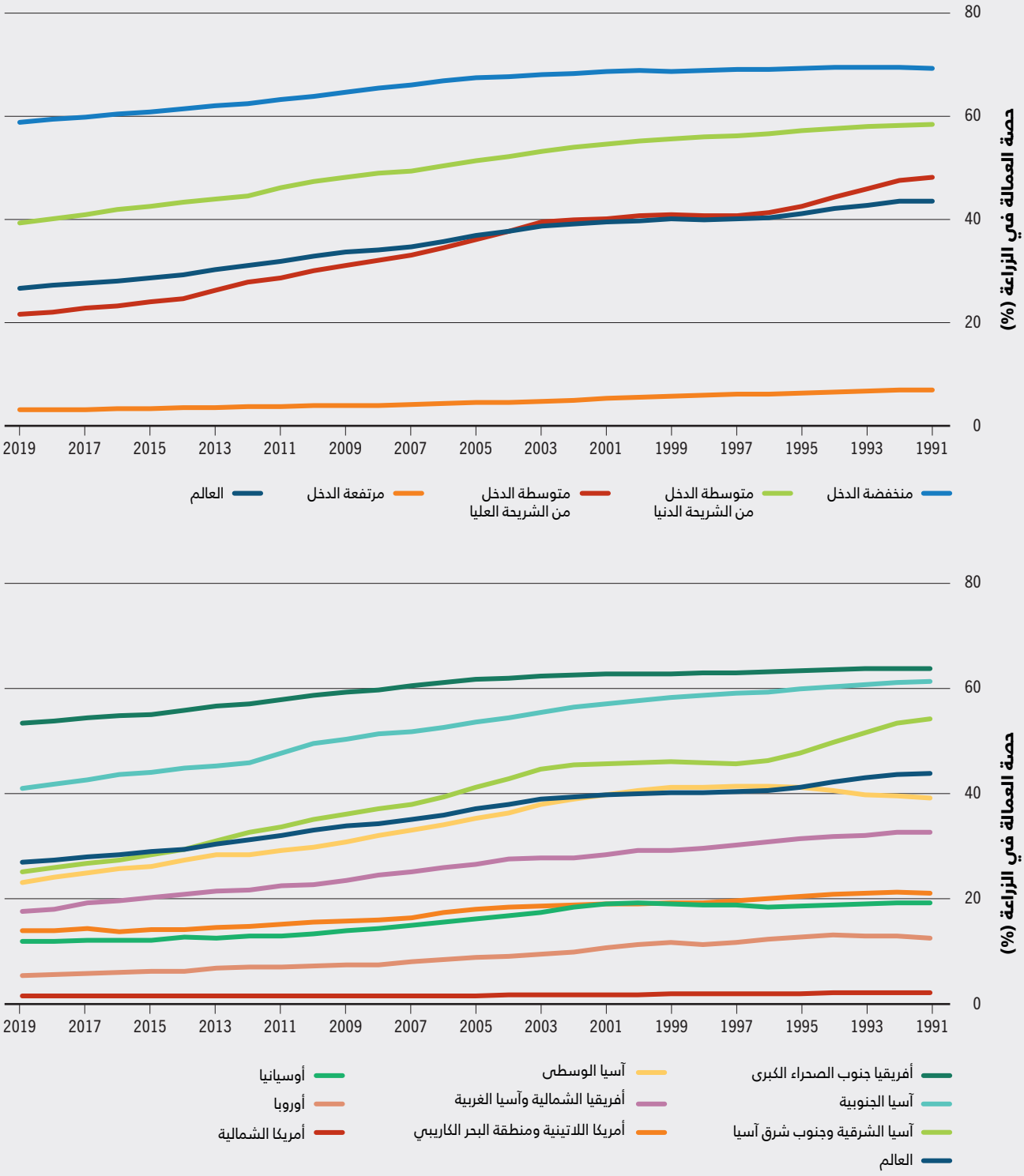
الفرص المتاحة للمنتجين الزراعيين

توفِّر الأتمتة الزراعية فرصًا كثيرة للإنتاج الأوّلي وللنُظم الزراعية والغذائية بوجه أعم. ويمكن أن تساعد على زيادة إنتاجية الأراضي واليد العاملة وربحيتها على سبيل المثال، من خلال إدارة المحاصيل والثروة الحيوانية في الوقت الأنسب وبعناية أكبر.[23,22,21] ويُساهم ذلك بدوره في رفع مستوى الدخل،[24] والحد من المخاطر، وتحسين القدرة على الصمود، وتعزيز الاستدامة البيئية. وفي ظل استمرار مسيرة التقدم في التكنولوجيات الرقمية، يمكن للأتمتة الزراعية أن تصبح محايدة من حيث الحجم، ويعني ذلك بعبارة أخرى أنها تشمل حلولًا على صعيد الأتمتة لجميع الأحجام (المنتجون الزراعيون على النطاقات الكبيرة والمتوسطة والصغيرة)، وتكون بالتالي في متناول صغار المنتجين أيضًا. ويمكن أن يحدث ذلك من خلال تطوير الآلات والمعدات الصغيرة التي تناسب المزارع ووحدات الإنتاج الصغيرة، أو من خلال ترتيبات تقاسم الأصول التي تعتمد على المنصات الرقمية (انظر الفصل الثالث).

ويمكن للأتمتة الزراعية أيضًا أن تعزز العمل اللائق من خلال توفير ظروف عمل أفضل وأكثر أمانًا ودخلًا معيشيًا كافيًا، وعن طريق تخفيف أعباء العمل الزراعي، التي يتحمل الكثير منها أفراد الأُسرة الذين لا يتقاضون أجرًا، بمن فيهم النساء والأطفال.[26,25] ويمكن أن يوفِّر ذلك للأفراد البالغين وقتًا لمزاولة أنشطة إضافية ذات قيمة مضافة أو العمل خارج المزرعة وأداء أنشطة الرعاية أو إعداد الطعام،[27] ووقتًا للأطفال للعب والذهاب إلى المدرسة.[29,28,26] وتُشير الأدلة إلى أن فوائد نمط الحياة التي يحققها الحلب الآلي – توفير الوقت للمنتجين للقيام بوظائف أخرى أو قضاء بعض الوقت مع أسرهم أو الاستمتاع بيوم عمل أكثر مرونة – هي أكثر ما يقدّره من يأخذون بتلك التكنولوجيات.[31,30] ويمكن للآثار الإيجابية المتعلقة بتخفيف المشقة أن توفِّر بصفة خاصة مقومات التمكين للمرأة الريفية التي يتاح لها الوقت لأداء مبادرات إنتاجية جديدة و/أو توسيع الأنشطة القائمة في النُظم الزراعية الغذائية. ويُساعد ذلك أيضًا على اجتذاب الشباب إلى هذا القطاع.

ومن الأبعاد المهمة الأخرى للأتمتة الزراعية قدرتها على توليد الفرص لريادة الأعمال الريفية. من ذلك على سبيل المثال أن «

الشكل 3 حصة العمالة في الزراعة من إجمالي العمالة بحسب فئة الدخل (أعلى) والإقليم (أسفل)، 1991–2019



المصدر: منظمة الأغذية والزراعة. 2022.[19]

» أحد القيود الرئيسية التي يواجهها الإنتاج العضوي هو كلفة اليد العاملة وتوافرها. وعلى الرغم من الطلب الكبير على المنتجات العضوية في كثير من البلدان، يُحجم المستهلكون عن دفع مبالغ أكبر كثيرًا مقابل الحصول على تلك المنتجات. ويمكن لروبوتات إزالة الأعشاب الضارة والحصاد الانتقائي والعمليات الحقلية الأخرى أن تُقلل كثيرًا كلفة الإنتاج العضوي وأن تُهيئ بالتالي فرصًا أمام مزيد من المنتجين.

وكان من الضروري في الماضي، من أجل نجاح الأداء المؤتمت لعمليات معيّنة باستخدام الآلات المزودة بمحركات، تكييف الإنتاج الزراعي. وعلى سبيل المثال، في ظلّ استخدام حصّادات الطماطم في الولايات المتحدة الأمريكية، استُحدث صنف من الطماطم ينضج بشكل متجانس على الكرمة ويتميَّز بقشرة قاسية لا تتمزق بسهولة عند مناولتها بعنف بواسطة آلة.[32] ويمكن أن توفِّر التطورات الجديدة في تكنولوجيات الأتمتة الرقمية حلولًا لعمليات زراعية محسّنة بدرجة أكبر بكثير. ومن ذلك على سبيل المثال أن المهندسين يعكفون حاليًا على إيجاد حلول روبوتية من شأنها أن تسمح بجني ثمار الفراولة بصورة ميكانيكية، وهي من أكثر المحاصيل حساسية وكثافة من حيث اليد العاملة.

ويمكن لتكنولوجيات التجهيز والحفظ والتخزين والنقل خارج المزرعة أن تساعد على الحد من الفاقد والمهدر من الأغذية، وتعزيز سلامة الأغذية والتمكين من إضافة القيمة،[33] وهي كلها ضرورية لكفاءة النُظم الزراعية والغذائية القادرة على توفير أنماط غذائية صحية للجميع على نحو مستدام. ويمكن للأتمتة أن توفِّر أيضًا فرص عمل مأمونة أكثر للعمال، وذلك على سبيل المثال عن طريق الحد من المخاطر المهنية المرتبطة باستخدام مبيدات الآفات.

سدّ الفجوة على صعيد اليد العاملة

في ما يتعلق بفرص العمل، لاقت الأتمتة الزراعية إشادة بوصفها حلًا للنقص الحاد في اليد العاملة الريفية الذي يحدث بصفة خاصة في البلدان المرتفعة الدخل (انظر الشكل 3). وتُشير الإحصاءات إلى أن 2.5 ملايين عامل تركوا الزراعة في الاتحاد الأوروبي في السنوات العشر الأخيرة، مع توقّع انخفاض سنوي آخر بنسبة 2 في المائة حتى عام 2030.[34] والدافع الرئيسي وراء ذلك هو عدم جاذبية الزراعة كمهنة (ظروف العمل القاسية، وانخفاض الأجور، وضيق آفاق المستقبل، وما إلى ذلك). وقد تفاقمت حالات نقص اليد العاملة بسبب عمليات الإغلاق التام والتباعد الاجتماعي نتيجة تفشي جائحة كوفيد-19، كما قيّدت الأحداث السياسية التي أدّت إلى وضع لوائح وسياسات الهجرة إمكانية الوصول إلى اليد العاملة الموسمية المهاجرة.

ويعتمد العديد من المشاريع الزراعية، ولا سيما مشاريع إنتاج الفاكهة والخضار، على اليد العاملة البشرية لأداء مهام مثل القطف والتعبئة ومعالجة الأمراض. ويمكن أن تتطلب القطاعات الأخرى، مثل الإنتاج الحيواني، قوة عاملة كبيرة. ويمكن لحلول الأتمتة سدّ النقص الخطير في اليد العاملة وتمكين المنتجين الزراعيين من التكيُّف مع الصدمات المفاجئة التي تُعطل أسواق العمل، ما يؤدي إلى تحسين القدرة على الصمود. وفي الوقت نفسه، يمكن لهذه الحلول أن تُساهم في توفير فرص العمل اللائق من خلال تهيئة عدد كبير من الوظائف التي تتطلب مهارات وتوفِّر دخلًا معيشيًا وظروف عمل معقولة، وتجتذب العمال الشباب المهرة.[35] وهناك حاجة إلى التدريب وبناء القدرات لضمان سلاسة الانتقال وشموله للجميع (انظر الفصلين الرابع والخامس).

وفي ضوء انخفاض توافر اليد العاملة الريفية في جميع أنحاء العالم في ظل استمرار ما تشهده الاقتصادات من تحوّل (انظر الشكل 3)، من المحتمل أن يتطلب الحفاظ على الإنتاجية الزراعية وتحسينها استخدام الأتمتة – على الأقل لأداء المهام الكثيفة العمالة. وأدّى انخفاض المعروض من اليد العاملة الريفية في أنحاء كثيرة من العالم إلى زيادة الأجور الزراعية، ما شجع على زيادة الأخذ بالتكنولوجيات الموفرة لليد العاملة.[36,3]

التغيُّرات في أنماط الاستهلاك

ساهمت العولمة في تغيير الأنماط الغذائية والتفضيلات الغذائية وطلب المستهلكين، وأدّت أيضًا إلى فرض معايير أكثر صرامة في ما يتعلق بسلامة الأغذية.[37] ويزداد اهتمام المستهلكين، خاصة في البلدان المرتفعة الدخل، بما يتناولونه من طعام وكيفية إنتاج أغذيتهم وتجهيزها ونقلها.[38] ويسود أيضًا قلق بشأن مختلف الأخطار الصحية الناشئة عن الأمراض النباتية والحيوانية أو الاستخدام المفرط لمبيدات الآفات والمواد الكيميائية الأخرى. ويمكن لتكنولوجيات الأتمتة الرقمية المتقدمة أن تُيسّر التعرف على نقاط تفشي الأمراض في الوقت المناسب ويمكن أن تسمح بمعالجتها مبكرًا وبدقة، وبالتالي حماية سلامة المستهلك والحد من الخسائر المالية التي يتكبدها المنتجون. ويكتسب ذلك أهمية خاصة في قطاع الإنتاج الحيواني – ذلك أن حوالي

60 في المائة من الأمراض المعدية الناشئة حيوانية المصدر – ويمكن للنُظم المؤتمتة أن تؤدي دورًا فعالًا في منع الأمراض الحيوانية المنشأ ومكافحتها.[39] ويمكن أن تؤدي تكنولوجيات الأتمتة الرقمية أيضًا إلى التقليل من رش مبيدات الآفات والمواد الكيميائية على المحاصيل، حيث يتم استهداف الآفات والأمراض بمزيد من الدقة، ما يضمن فعالية وقاية النباتات بأقل قدر من المخاطر الصحية. وبالنظر إلى الدقة الفائقة لهذه التكنولوجيات وقدرتها على اتباع إجراءات سلامة الأغذية بطريقة موحدة، فإن بوسعها أن تمنع الآفات والأمراض وتكافحها على نحو أفضل مما يستطيعه البشر، ويؤدي ذلك إلى تحسينات كبيرة في سلامة الأغذية. وهذه التكنولوجيات لا تقضي على مسببات الأمراض وتسد مسارات انتقالها بفعالية أكبر فحسب، بل تُقلل أيضًا من استخدام المواد الكيميائية إلى أقصى حد ممكن.[40]

ويؤدي ازدياد مخاوف المستهلكين بشأن جودة الأغذية ومذاقها وطزاجتها إلى زيادة تحفيز الاستثمار في تكنولوجيات الأتمتة الرقمية (على سبيل المثال، أجهزة الاستشعار ونُظم رسم الخرائط) التي تساعد على رصد ظروف درجة الحرارة والرطوبة. ولذلك تُشكل تفضيلات المستهلكين واحتياجاتهم السريعة التغيُّر دافعًا رئيسيًا لتطبيق الأتمتة في الزراعة.[41]

الاستدامة البيئية ورعاية الحيوان

تتسم الأتمتة الزراعية بأهمية حاسمة لمستقبل النُظم الزراعية والغذائية نظرًا إلى المخاوف البيئية والأخلاقية المتزايدة المحيطة بإنتاج الأغذية واستهلاكها. ويمكن لتكنولوجيات الأتمتة الرقمية، على وجه الخصوص، أن تحقق العديد من الفوائد. ويمكن لأسراب الروبوتات الصغيرة الذاتية التشغيل (انظر مسرد المصطلحات) أن تُقلل من تراص التربة وتلوث الأنهار، ما يوفِّر مقومات التمكين للزراعة الحافظة للموارد، وهو ما يُعزز بدوره الحفاظ على الأراضي والتربة، فضلًا عن التنوع البيولوجي للأغذية والزراعة، ويُحسّن خدمات النُظم الإيكولوجية داخل النُظم الزراعية.[42] ويمكن لتكنولوجيات الأتمتة الرقمية أيضًا أن تحقق المستوى الأمثل لاستخدام الموارد الطبيعية، ومنها المياه، على سبيل المثال، من خلال أتمتة الري. ويمكن للروبوتات الذاتية التشغيل في قطاع الفاكهة الطريّة أن تُقلل استخدام مبيدات الفطريات والطاقة بالإضافة إلى خفض انبعاثات الكربون إذا كانت تعمل بالطاقة الشمسية. ومع ذلك، يجب أيضًا أن تؤخذ في الاعتبار عملية بناء الروبوتات وغيرها من التكنولوجيات المستخدمة في الزراعة الدقيقة التي تتطلب استخدامًا كثيفًا للطاقة، عند قياس البصمة الكربونية.[43]

ويمكن للأتمتة الزراعية أن تساعد على التغلب على بعض التحديات المرتبطة بتغيُّر المناخ، ويمكن بالتالي أن تُيسِّر جهود التكيُّف مع تغيُّر المناخ. وينطبق ذلك بصفة خاصة على تكنولوجيات الأتمتة الرقمية التي يمكن، من خلال تطبيقها (في الزراعة الدقيقة على سبيل المثال) أن تُحسِّن كفاءة استخدام الموارد في الظروف التي تزداد فيها القيود التي يواجهها المنتجون الزراعيون. وعلاوة على ذلك، يمكنها عند استخدامها في الاستشعار والإنذار المبكر، أن تساعد على معالجة عدم اليقين وعدم إمكانية التنبؤ بالظروف الجوية المرتبطة بتسارع تغيُّر المناخ.

وفي ظل ازدياد حجم قطعان الحيوانات وما تؤدي إليه زيادة أعدادها من انخفاض في مستوى رعاية الحيوان، أصبحت إدارة الثروة الحيوانية أكثر صعوبة.[44] وفي هذا السياق، يمكن لتكنولوجيات الأتمتة الجديدة، مثل تربية الماشية الدقيقة، أن تدعم المزارعين من خلال رصد ومراقبة الإنتاجية الحيوانية، والآثار البيئية، وبارامترات الصحة والرعاية باستمرار وفي الوقت الحقيقي وعلى نحو مؤتمت.[45] وهناك مجموعة متنوعة من النُظم التي تستخدم تكنولوجيات مثل أجهزة الاستشعار وأجهزة التصوير أو الميكروفونات أن تكتشف الحالات الشاذة وتنبّه المزارعين مباشرة، ما يتيح لهم التدخل في مرحلة مبكرة. وفي حين أن هذه التكنولوجيات تُبشر بإمكانات واعدة، فإن استخدامها يطرح مخاوف أخلاقية، نظرًا لأثرها المحتمل على العلاقة بين الإنسان والحيوان – وهو أمر بالغ الأهمية نظرًا إلى إمكانية تأثيره على رعاية الحيوان وإنتاجيته – ولا سيما التعامل مع الحيوانات باعتبارها مجرد أشياء، ومفهوم الرعاية وهوية المزارعين كمربين للحيوانات.[46,47] ويجب أن تؤخذ في الاعتبار الفوائد والتحديات الأخلاقية عند تقييم التكنولوجيات المختلفة.

ويعتمد مدى مساهمة الأتمتة الرقمية في زراعة أكثر كفاءة وإنتاجية وشمولًا وقدرة على الصمود واستدامة بدرجة كبيرة على التقدم المحرز في التغلب على الحواجز التي تحول دون الأخذ بالأتمتة. ويتطلب ذلك وجود بيئة تمكينية وحلولًا مناسبة موجهة نحو الاحتياجات والظروف المحلية.■

التحديات التي يفرضها تقدّم الأتمتة الزراعية

يمكن للأتمتة الزراعية، على غرار أي تطور تكنولوجي، أن تنطوي على عواقب اجتماعية وبيئية سلبية. ولذلك، بينما تُبشّر الأتمتة بالفوائد المذكورة أعلاه، فإن هذه الفوائد قد لا تتحقق تلقائيًا، وتعتمد على الإدارة الجيدة. ويمكن للعوامل الهيكلية الزراعية وعلى نطاق الاقتصاد أن تعيق الأخذ بالأتمتة الزراعية على نحو شامل ومستدام. ويُشكل تشتت الأراضي، على سبيل المثال، قيدًا خطيرًا في العديد من الأقاليم ويمكن أن يجعل الأتمتة الزراعية غير مجدية اقتصاديًا. كما أن الافتقار إلى البنى التحتية التمكينية، مثل الطرق وإمكانية الاتصال الإلكتروني والكهرباء، يمكن أن يحدد ملامح الأخذ بالأتمتة وأن يستبعد المنتجين العاملين في المناطق النائية والأكثر معاناة من الحرمان. ويمكن للأتمتة الزراعية، في ظروف معيّنة، أن تحلّ محلّ اليد العاملة الريفية وأن تؤدي إلى عواقب بيئية سلبية، مثل تدهور الأراضي وفقدان التنوع البيولوجي. وتتطرق الأقسام التالية إلى هذه التحديات ويُناقشها بمزيد من التفصيل الفصلان الثاني والرابع.

عدم تكافؤ القدرات

قد لا تتوزّع الفوائد التي تُبشر بها الأتمتة الزراعية على قدم المساواة بين المنتجين وغيرهم من أصحاب المصلحة، ما يؤدي إلى تفاقم أوجه عدم المساواة الاجتماعية وإيجاد أشكال جديدة من عدم المساواة من خلال محاباة الجهات الفاعلة النافذة بالفعل في إنتاج الأغذية.[49,48] وقد يكون هذا هو واقع الحال على وجه الخصوص إذا احتفظت شركات التكنولوجيا – الكبيرة بالفعل وذات القوة السوقية الكبيرة – بالبيانات وإذا استحوذت عليها، وقد تستخدمها بطريقة متنافية مع سياسات حماية البيانات، ما يؤدي إلى توليد احتكارات للبيانات.[50] ويمكن أيضًا أن تتفاقم أوجه عدم المساواة إذا كان المنتجون الأكبر حجمًا والأكثر ثراءً والأكثر تعليمًا يمتلكون قدرات أكبر (مثل الموارد المالية والبنية التحتية الريفية والمهارات) للاستثمار في التكنولوجيات الجديدة أو لإعادة التدريب واكتساب مهارات جديدة. والواقع أن العديد من المزارعين يفتقرون إلى القدرة الأساسية التي تمكّنهم من استخدام تكنولوجيات الأتمتة الرقمية أو فهم كيفية عملها. والممارِس الزراعي الجيد ليس بالضرورة خبيرًا في التكنولوجيات الرقمية، وينطبق الأمر نفسه على موظفي الإرشاد ومقدمي الخدمات. ويمثّل بناء القدرات والتكيُّف الزراعي أمرين أساسيين لاستيعاب المعدات المؤتمتة واستخدامها على النحو الصحيح؛ ولا سبيل أمام المزارعين إلى استغلال كامل إمكانات الأتمتة إلّا من خلال اكتساب القدرات.[15]

وفي هذا الصدد، غالبًا ما تُهمَّش النساء من فرص التعليم أكثر من الرجال،[18] وتقلّ فرص حصولهن على التمويل.[51] ويستحوذ الرجال في العادة على شراء المحاصيل وبيعها، وامتلاك المعدات الجديدة وتشغيلها، ما يحدّ من سيطرة المرأة على الدخل الذي يتم إدراره ويحملها على أداء مهام إزالة الأعشاب الضارة وغرس الشتلات التي تتطلب عمالة كثيفة.[52] وبالمثل، يواجه الشباب الريفيون، ولا سيما النساء، عقبات كبيرة في الحصول على مستوى جيد من التعليم والتدريب، فضلًا عن إمكانية الوصول إلى الأراضي أو الائتمانات أو الأسواق.[53]

الاختلال على صعيد العمالة

تُشير الأدلة الناشئة عن الصناعات الأخرى إلى أن الأتمتة يمكن أن تزيد الطلب على الوظائف الأعلى أجرًا والتي تتطلب تعليمًا ثانويًا، حيث يتمتع الإنسان بميزة نسبية على الآلات (على سبيل المثال، إدارة البيانات وتحليلها)، ولكنها تُقلل الطلب على الوظائف التي تنطوي على أداء مهام روتينية (على سبيل المثال، الزراعة والحصاد).[55,54] ومع تطور البلدان، تنخفض أعداد العمالة الإجمالية في الزراعة؛ ومع ذلك، لا يزال هناك ما يتراوح تقريبًا بين 300 و500 مليون عامل بأجر يعتمدون على وظائف في المزارع.[56] ولا تزال النسبة المئوية للقوة العاملة في الزراعة مرتفعة في كثير من البلدان – على سبيل المثال، في بوروندي (86 في المائة) والصومال (80 في المائة) وملاوي (76 في المائة) وتشاد (75 في المائة) والنيجر (73 في المائة) وأوغندا (72 في المائة) – وغالبًا ما تكون مصحوبة بمعدلات مرتفعة من الأمية والفقر وعدم المساواة بين الجنسين.

وقد يؤدي تخفيض متطلبات اليد العاملة المباشرة لكل وحدة من وحدات الإنتاج في هذه البلدان إلى عدم المساواة أو تعميق أوجه عدم المساواة القائمة. ولهذا السبب، قد تكون الأتمتة الزراعية في بعض السياقات غير جذابة وغير مجدية من ناحية السياسات. وسيتحدّد الأثر على العمل والأجور في نهاية المطاف من خلال سلسلة من

العوامل، بما في ذلك القدرة على توليد وظائف جديدة وأكثر جاذبية، أو خيارات بديلة للعمل اللائق خارج قطاع الزراعة. وسيعتمد أيضًا على ما إذا كانت الآثار الواسعة النطاق – في الحالات التي يُوسِّع فيها المزارعون إنتاجهم ويزيدون فيها دخلهم – تفوق آثار الإحلال عندما تُستبعد اليد العاملة من القطاع.[57] غير أنه في ظل السياسات السليمة والبيئة التشريعية والتنظيمية، يمكن للأتمتة الزراعية أن تهيئ فرصًا اقتصادية، وأن تُشجع العمل اللائق الذي يوفِّر دخلًا معيشيًا وظروف عمل معقولة، وأن تجتذب الشباب مجددًا إلى قطاع الزراعة.

المخاوف البيئية

هناك مخاوف من أن بعض أنواع الأتمتة الزراعية، وخاصة الأنواع التي تعتمد على الآلات الثقيلة والكبيرة، قد تُعرّض للخطر الاستدامة البيئية والقدرة على الصمود من خلال المساهمة في إزالة الغابات، وزراعة المحصول الواحد في الأراضي الزراعية، وفقدان التنوع البيولوجي، وتدهور الأراضي، وتراص التربة وتآكلها، وتراكم الملوحة، واختلال نظام الصرف.[58] وبينما يجب أخذ هذه المخاوف على محمل الجد، يمكن تجنب الكثير منها أو التقليل منه إلى أدنى حد من خلال السياسات والتشريعات الملائمة. وعلاوة على ذلك فإن بعض التطورات الجديدة في آلات الأتمتة ومعداتها – وخاصة المعدات الصغيرة التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي – يمكن في الواقع أن يعكس مسار بعض الآثار البيئية السلبية لآلات الأتمتة القديمة (انظر الفصل الثالث).

وتعتمد الفرص والتحديات والعواقب المحتملة للأتمتة الزراعية على التكنولوجيا المحددة المستخدمة وتصميمها ومدى ملاءمتها للظروف المحلية وتكيّفها مع الواقع المحلي. وبالإضافة إلى ذلك، يُحدد مستوى التنمية الاجتماعية والاقتصادية، فضلًا عن القيود المؤسسية والسياساتية، مزيج التكنولوجيات المناسبة الذي من المرجح الأخذ به. ونتيجة لذلك فإن الآثار – الإيجابية والسلبية – للأتمتة الزراعية تتوقف إلى حد كبير على كل سياق على حدة. ومن المهم تقييم ما إذا كانت الظروف البيئية والاجتماعية والسياسية مناسبة في كل بلد أو إقليم قبل اقتراح حلول أتمتة محددة. ولا تناسب جميع تكنولوجيات الأتمتة جميع السياقات، وقد يتعيّن النظر في إصدارات معدلة.■

تحويل التحديات إلى فرص

لكي يتسنى تحقيق كامل إمكانات تكنولوجيات الأتمتة الزراعية، يجب أن تكون هذه التكنولوجيات في متناول الجميع، ولا سيما صغار المنتجين الزراعيين في البلدان المنخفضة الدخل التي لا يزال يشيع فيها استخدام الأدوات اليدوية والقوة الحيوانية، ما يقوّض الإنتاجية الزراعية ويؤثر سلبًا على سُبل العيش. وبعبارة أخرى، يجب أن تصبح عملية الأتمتة محايدة من حيث الحجم. وفي الظروف المؤاتية، قد يكون من الممكن تجاوز التطور التكنولوجي والانتقال مباشرة من الزراعة البسيطة تكنولوجيًا المعتمدة على العمل اليدوي أو القوة الحيوانية إلى الأتمتة الزراعية. ويمكن تحقيق ذلك من خلال تكنولوجيات محايدة من حيث الحجم بحكم تصميمها، أو من خلال ترتيبات مؤسسية مبتكرة (على سبيل المثال، التعاونيات والرابطات)، أو من خلال آليات السوق التي تُمكِّن صغار المنتجين الزراعيين من التغلب على قيود الحجم. وعلى سبيل المثال، يمكن توفير معدات زراعية باهظة الكلفة ومعقدة للمزارعين المحليين من خلال مقدمي خدمات التأجير، وهم أنفسهم في كثير من الأحيان منتجون يستثمرون في حيوانات الجرّ و/أو الجرارات والمعدات المماثلة.

وتنطوي الأدوات الرقمية أيضًا على آفاق واعدة كثيرة لخدمات التأجير. ويمكنها توفير نماذج أعمال جديدة للأخذ بتكنولوجيات الأتمتة من جانب صغار المنتجين الزراعيين. وأحد هذه المخططات هو خدمة أوبر (Uber) لتأجير الجرارات؛ وعلى غرار تطبيق أوبر لسيارات الأجرة، يسمح هذا التطبيق للمنتجين بالوصول إلى خدمات تأجير الجرارات. وتستند الروبوتات والذكاء الاصطناعي إلى التكنولوجيات الرقمية؛ ولذلك، تحتاج البلدان إلى الضغط من أجل توسيع نطاق الوصول إلى التكنولوجيات الرقمية، وتعزيز البنى التحتية الأساسية، والأُطر القانونية الملائمة، والمعارف والمهارات الضرورية.

ولتحقيق ذلك، يجب على المنتجين الزراعيين والحكومات أولًا الاعتراف بالفوائد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية لنشر التكنولوجيات الرقمية والأخذ بها. ومن الحيوي بعد ذلك ضمان توافر هذه التكنولوجيات وشمولها للجميع وإمكانية الوصول إليها وقدرتها على التكيُّف مع الظروف المحلية، والوصول إلى مجموعة واسعة من المستفيدين المحتملين من أجل تجنب توسيع الفجوات التكنولوجية

التي تضر بالمجموعات الضعيفة (مثل النساء) والمناطق النائية. وفي عام 2018، أطلقت منظمة الأغذية والزراعة ومفوضية الاتحاد الأفريقي إطار الميكنة الزراعية المستدامة في أفريقيا الذي يوفّر قائمة تشمل العناصر ذات الأولوية التي يتعيّن على البلدان أن تأخذها في الاعتبار عند وضع استراتيجياتها بشأن الميكنة الزراعية المستدامة.[59] ووفقًا لهذا الإطار، يجب بناء الميكنة على طول سلسلة القيمة الزراعية بأكملها، ويجب أن تكون مدفوعة بالقطاع الخاص، وأن تكون متوافقة بيئيًا وذكية مناخيًا وقادرة على الاستمرار اقتصاديًا وميسورة الكلفة – ولا سيما بالنسبة إلى صغار المزارعين الذين يُشكلون غالبية المزارعين في أفريقيا. ومن الحيوي أيضًا أن تستهدف النساء والشباب، وتحديدًا لجعل الزراعة خيارًا أكثر جاذبية للعمل اللائق وريادة الأعمال.

ولذلك من المهم عند التشجيع على الأخذ بالأتمتة التركيز على التكنولوجيات المصممة خصيصًا للظروف المحلية والاحتياجات المحددة للمنتجين؛ وقد لا تحل التكنولوجيا التي تؤخذ ببساطة من سياق ما المشاكل الملموسة في سياق جديد. وفي هذا الصدد، تُظهر الدراسات أن المزارعين أنفسهم يمكنهم الإمساك بزمام قيادة الابتكار. ومن ذلك على سبيل المثال أن الأخذ بتكنولوجيات الطباعة الثلاثية الأبعاد في ميانمار يؤدي إلى تحقيق تحسينات في كفاءة الزراعة ومنح قوة للعمال في المناطق الريفية الأكثر فقرًا من خلال تمكينهم من المشاركة الفردية والإبداعية في إنتاج المواد الزراعية وأجزاء الآلات الزراعية والأدوات.[60] وفي ظل تزايد الاعتراف بالمنتجين الزراعيين كقادة للابتكار في تطوير التكنولوجيا، تطورت المصطلحات والنُهج ذات الصلة لتشمل التفكير القائم على النُظم، مع التركيز على إشراك أصحاب المصلحة على مختلف المستويات، بمن فيهم المزارعون والمستشارون الزراعيون. وينبغي التركيز على تشاطر المعرفة وتبادلها، والتعاون والمشاركة، والإنتاج المشترك للأفكار والحلول بين الجهات الفاعلة العامة والخاصة.[61]

ويجب أن تراعي حلول الأتمتة نُظم الابتكار الزراعي الخاصة بكل دولة وبكل إقليم؛ ولن ينجح الأخذ بنهج واحد يُناسب جميع السياقات في جميع أنحاء العالم. ويجب توخي الحذر عند السعي إلى تنفيذ حلّ تمّت تجربته واختباره في بيئات جديدة أو في أوضاع مختلفة. ويتسم سياق التنفيذ بأهمية حيوية. ■

ما هو محور تركيز التقرير؟

يُناقش هذا التقرير دور الأتمتة في الإنتاج الزراعي الأوّلي (المحاصيل والثروة الحيوانية والغابات ومصايد الأسماك وتربية الأحياء المائية). وفي ما يتعلق بالنُظم الزراعية والغذائية الأوسع، يتطرق التقرير أيضًا إلى الأتمتة في المراحل النهائية من سلسلة القيمة بالقرب من الإنتاج الأوّلي، مثل المناولة والتجهيز في مرحلة ما بعد الحصاد في المزرعة؛ غير أن التركيز ينصبّ على المرحلة الأوّلية. ويقتصر النطاق على الإنتاج الأوّلي والمراحل الأوّلية من سلسلة القيمة بناءً على اعتبارين. أولًا، تتسم أتمتة الإنتاج الأوّلي والأنشطة الأخرى في المزرعة بأهمية بالغة لتحقيق أهداف التنمية المستدامة المتعلقة بتحسين الأمن الغذائي والتغذية، والتخفيف من حدة الفقر (الريفي)، وتعزيز الاستدامة البيئية. وفي مواجهة الصدمات والضغوط المتزايدة، يمكن للأتمتة الزراعية أن تُساهم أيضًا في بناء سُبل عيش ريفية قادرة على الصمود. وعلاوة على ذلك، يمكن أن تساعد على ضمان ظروف عمل أكثر أمانًا للمنتجين والعمال الزراعيين. وثانيًا، مع أن التقرير يعترف بأن الأتمتة الزراعية لا تحدث بمعزل عن عمليات تحويلية مماثلة في سائر مكونات النُظم الزراعية والغذائية، فإن أي تحليل متعمق للدوافع الكامنة وراء الأتمتة وآثارها بما يتجاوز الإنتاج الأوّلي سيكون بالغ التعقيد والصعوبة بالنسبة إلى إصدار واحد من هذا التقرير.

ويُركز التقرير بالتالي على بحث كيفية دعم الأتمتة في الزراعة والمراحل المبكرة من سلسلة الإمدادات الغذائية زيادة الإنتاجية المستدامة والشاملة للجميع في الزراعة والنُظم الزراعية والغذائية بشكل عام، والمساهمة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة. ويتناول التقرير بصفة خاصة كيفية معالجة الحواجز التي تحول دون الأخذ بالأتمتة وجعل التغييرات التي تحققها أكثر شمولًا وتوافقًا مع أهداف الحد من الفقر وتحسين الأمن الغذائي والتغذية والاستدامة البيئية.

ويتناول التقرير المسائل التالية:

- ما هي الدوافع الكامنة وراء الأتمتة الزراعية وما هي الحواجز التي تحول دون الأخذ بها، ولا سيما في البلدان المنخفضة الدخل والبلدان المتوسطة الدخل من الشريحة الدنيا؟

- ما هي مكاسب الكفاءة التي تساعد على تحديد الجدوى التجارية للأتمتة؟
- كيف يمكن تكييف الأتمتة مع احتياجات مختلف صغار المنتجين، ولا سيما النساء والشباب؟
- ما هي الآثار المحتملة للأتمتة على اليد العاملة والعمل اللائق والشمول؟
- كيف يمكن للأتمتة أن تُيسر الاستدامة البيئية والقدرة على الصمود في وجه الصدمات والضغوط؟

يستند التقرير إلى الأدلة المستمدة من 27 دراسة حالة تغطي التكنولوجيات عبر طيف الأتمتة الوارد في الشكل 2 (الصفحة 5)، على مختلف مستويات الإنتاج (الصغيرة والمتوسطة والكبيرة)، ولمختلف القطاعات (المحاصيل والثروة الحيوانية وتربية الأحياء المائية والحراجة الزراعية). وتستهدف دراسات الحالة مقدمي الخدمات بمختلف أنواعهم، بما يشمل الشركات الخاصة والمنظمات التي لا تتوخى الربح ورابطات المنتجين من جميع أقاليم العالم. ويلخص الجدول 1 نطاق دراسات الحالة من حيث أنواع التكنولوجيات المستخدمة وحجم المنتجين المستهدفين ونظام إنتاجهم. ويتضمن الملحق 1 وصفًا موجزًا لكل دراسة حالة، ويرد في الدراستين التقنيتين اللتين صدر تكليف بإجرائهما وصف أكثر تفصيلًا.[63,62] ويعتمد التقرير أيضًا على أربع وثائق معلومات أساسية أخرى تُلخص الأدلة المستمدة من المؤلفات والبيانات الأخرى.[66,65,64,20] وفي ما يتعلق بالمجالات التي لا تغطيها الوثائق ودراسات الحالة التي صدر تكليف بإجرائها، مثل الغابات أو الميكنة على النطاق الصغير، يعتمد التقرير على حالات واردة في المؤلفات، وكذلك البيانات المستمدة من الدراسات الاستقصائية، وهي قاعدة بيانات نظام المعلومات عن سُبل العيش في الريف التابع لمنظمة الأغذية والزراعة، ودراسة البنك الدولي لقياس مستويات المعيشة.

ويُعبّر توزيع دراسات الحالة عن التحديات الرئيسية والفرص والعواقب المحتملة للأخذ بالأتمتة في السياقات المختلفة. ويتعلق ذلك بجملة أمور تشمل ما يلي: (1) كلفة التنفيذ (سعر الشراء أو كلفة التشغيل)، التي يمكن أن تجعل الأتمتة غير مربحة للبعض؛ (2) والمعرفة والإمكانات والقدرات التي يتمتع بها، على سبيل المثال، المنتجون (الذين قد لا يكون لديهم إلمام بالتكنولوجيا الرقمية أو لا يعرفون كيفية تشغيل بعض الأجهزة المؤتمتة) أو الشباب وغيرهم من أصحاب المصلحة؛ (3) وتوافر البنية التحتية لإدارة البيانات وتكنولوجيات المعلومات اللازمة للحصول على البيانات ومعالجتها وتقاسمها؛ (4) وإمكانية الوصول إلى الصيانة التقنية والخدمات اللازمة لإصلاح المعدات وتوفير الدعم للصيانة؛ (5) والصحة والسلامة (نظرًا لأن الأتمتة يمكن أن تحد كثيرًا من المشقة ولكنها تزيد أيضًا من التهديدات التي يتعرض لها الأمن السيبراني وتزيد من مخاطر حوادث العمل)؛ (6) والتحسينات والتحديات المحتملة للاستدامة والبيئة، بما في ذلك التحسينات والتحديات المتعلقة باستخدام الطاقة؛ (7) ودور الثقافة والتقاليد في تمكين الاستيعاب أو عرقلته.

أما الجزء المتبقي من التقرير فيتألف من الفصول التالية. يُقدّم الفصل الثاني لمحة عامة عن تكنولوجيات الأتمتة الزراعية، ويناقش اتجاهات الأخذ بها والدوافع الكامنة وراءها وكيفية اختلافها باختلاف الأقاليم. ويحلل الطريقة التي تُكمّل بها تكنولوجيات الأتمتة الرقمية أو تحل محل الآلات الأقدم المزودة بمحركات، كما يتناول إمكانات الحلول الرقمية للزراعة غير المميكنة. ويناقش الفصل الثالث الجدوى التجارية لتكنولوجيات الأتمتة الزراعية، ويسلط الضوء على التحديات التي يواجهها المنتجون ومقدمو الخدمات. ويناقش دور السياسات والتشريعات والاستثمارات في تشكيل الحوافز الخاصة، ويستكشف سُبل التغلب على الحواجز التي تحول دون الأخذ بها، وتكييف حلول الأتمتة مع الاحتياجات المحلية، وتسخير المعدات الرقمية لتحسين الاستدامة البيئية. ويركز الفصل الرابع على الآثار – الإيجابية والسلبية – للأتمتة الزراعية على العمل اللائق والطلب على اليد العاملة، مع إيلاء عناية خاصة للمجموعات الضعيفة، مثل النساء والشباب. ويختتم الفصل الخامس التقرير بخارطة طريق للسياسات والتشريعات والاستثمارات المطلوبة لمعالجة الحواجز التي تحول دون الأخذ بالأتمتة الزراعية وضمان مساهمتها في نُظم زراعية وغذائية متسمة بالكفاءة ومنتجة ومستدامة وقادرة على الصمود وشاملة للجميع. ويتناول الفصل أيضًا المفاضلات المحتملة التي قد تنشأ بين هذه الأهداف المختلفة، ويقيّم الطريقة التي ينبغي أن تُحدد من خلالها البلدان أولويات إجراءاتها استنادًا إلى مستوى تنميتها الاقتصادية ومؤسساتها وأهداف صانعي السياسات فيها. ■

الجدول 1 عدد دراسات الحالة بحسب حجم المنتِج ومستوى الأتمتة والقطاع

سلسلة الأتمتة المترابطة	حجم العملية الزراعية		
	صغيرة النطاق	متوسطة النطاق	كبيرة النطاق
الميكنة الآلية	(3) (1)	(2) (1)	(1) (1)
المعدات الرقمية	(1) (2) (11) (4)	(2) (9) (3)	(12) (2)
االروبوتات المزوّدة بالذكاء الاصطناعي	(1) (1)	(1) (4) (2)	(5) (2)

الحراجة الزراعية | تربية الأحياء المائية | المحاصيل | الثروة الحيوانية

ملاحظات: تشير الأرقام الواردة بين قوسين إلى عدد دراسات الحالة التي تغطي قطاعًا معينًا وحجم الإنتاج. ويمكن أن تغطي دراسة حالة واحدة أكثر من بعد واحد، وهذا هو السبب في أن مجموع الأرقام الواردة بين قوسين يزيد على 27. ولم تُحدد أي حالات يستخدم فيها صغار المزارعين روبوتات مزودة بذكاء اصطناعي؛ غير أن وثيقة معلومات أساسية مخصصة لهذا الموضوع تتناول إمكانات التكنولوجيا بالنسبة إلى صغار المزارعين.[65]

المصدر: أعدته منظمة الأغذية والزراعة لهذا التقرير.

الاتحاد الروسي
الروبوتات تغذي الأبقار.
©ANDREY–SHA74/
Shutterstock.com

الفصل 2
فهم ماضي الأتمتة الزراعية واستشراف مستقبلها

الرسائل الرئيسية

- تُشكل الميكنة الآلية شكلًا هامًا من أشكال الأتمتة الزراعية ومكونًا أساسيًا للتحوّل الزراعي في جميع أنحاء العالم، على الرغم من أن الأخذ بها متفاوت ومحدود بصفة خاصة في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى.
- يتطلب تحسين إمكانية وصول صغار المنتجين الزراعيين – بمن فيهم النساء والشباب وسائر الفئات المهمَّشة – إلى خيارات الميكنة المستدامة ابتكارات تكنولوجية ومؤسسية، مثل أسواق خدمات الميكنة التي تيسّرها منصات رقمية.
- يمكن لزيادة استخدام التكنولوجيات الرقمية وتنوعها إحداث تحوّل في الزراعة، حتى في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل، ولا سيما مع زيادة إمكانية الوصول إلى هذه التكنولوجيات.
- تختلف دوافع الأخذ بالأتمتة بحسب التكنولوجيا والسياق. ومن ذلك على سبيل المثال أن الأخذ بروبوتات الحلب تُحرّكه في معظمه زيادة مرونة جداول العمل ونوعية الحياة الأفضل؛ وبالنسبة لتكنولوجيات أتمتة زراعة المحاصيل فإن الأخذ بها تحرّكه في الغالب الربحية الأعلى؛ أما بالنسبة إلى الغابات فإن لظروف العمل الأكثر أمانًا دورًا مهمًا.
- هناك مجموعة من الحلول التكنولوجية المتاحة بالفعل للبلدان التي تمرّ بمراحل تطور مختلفة – وهناك المزيد في طور الإعداد. ومن خلال السياسات والتشريعات المناسبة، يمكن للحكومات تعزيز الحلول المناسبة للسياق والاحتياجات المحددة لمختلف المنتجين.
- يحتاج صغار المنتجين الزراعيين بصفة خاصة إلى الوصول إلى تكنولوجيات الأتمتة الرقمية الميسورة الكلفة والمناسبة للسماح لهم بالأخذ بها وجني فوائدها.

كانت العضلات البشرية والحيوانات على مدى عدة قرون في الماضي المصدر الرئيسي للطاقة في الزراعة. وكانت الأتمتة في الزراعة حتى عهد قريب تعني في جانب كبير منها استبدال حيوانات الجرّ واليد العاملة البشرية بمعدات آلية في العديد من العمليات الزراعية، بما في ذلك تسوية الأرض، وإزالة الأعشاب الضارة، والحصاد، والري، وحلب الحيوانات وتغذيتها، وعمليات المناولة في المزرعة، مثل الدرس والطحن.

وفي الآونة الأخيرة، شقّت تكنولوجيات الأتمتة الرقمية (انظر الشكل 2 في الصفحة 5) طريقها إلى الزراعة من خلال تطبيقات مختلفة – مدمجة أحيانًا في الآلات الزراعية القائمة، ومنفصلة عنها في أحيان أخرى. وفي كلتا الحالتين، يمكن لهذه التكنولوجيات تحسين عمليات التشخيص واتخاذ القرارات التي يقوم بها المنتجون الزراعيون. وعندما تكون مدمجة في آلات زراعية يمكن إجراء العمليات الزراعية بدقة أكبر، ما يؤدي إلى مزيد من التحسينات في الكفاءة والإنتاجية.

ولذلك، تتميَّز هذه التكنولوجيات بقدرتها على تحويل سُبل العيش الريفية والمناظر الطبيعية الزراعية المرتبطة بها، بما في ذلك إنتاج المحاصيل والإنتاج الحيواني، وتربية الأحياء المائية، والغابات. وفي مجال إنتاج المحاصيل، يمكنها تعزيز إنتاجية مدخلات مثل البذور والأسمدة والمياه. وفي مجال الإنتاج الحيواني وتربية الأحياء المائية يمكنها تقليل المشقة وزيادة دقة توقيت العمليات، وتعزيز كفاءة مدخلات مثل الأعلاف. وفي جميع قطاعات الزراعة، وخاصة في قطاع الغابات، يمكن للآلات أن تُحسّن ظروف العمل وتوفّر بيئة أكثر أمانًا للعمال.

ويستعرض هذا الفصل اتجاهات تكنولوجيات الأتمتة في جميع أنحاء العالم، ويُحلل كيفية اختلافها بين البلدان والمناطق والدوافع الكامنة وراء هذه الاختلافات. ونظرًا لندرة البيانات، يعتمد السرد اعتمادًا كبيرًا على دراسات الحالة المستمدة من المؤلفات، وعلى وثيقتي معلومات أساسية تم إعدادهما لهذا التقرير.[1,2] (انظر وصفًا شاملًا لدراسات الحالة السبع والعشرين التي صدر تكليف بإجرائها في الملحق 1). ويتتبّع الفصل الأتمتة من منظور تاريخي، بدءًا بإدخال الميكنة الآلية ونشرها بين البلدان المرتفعة الدخل، إلى نقلها لاحقًا إلى بعض البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل، ويُناقش دوافع الأخذ بالأتمتة والحواجز التي تحول دون ذلك، وكيفية تفسيرها هذه الاختلافات في الإقبال عليها عبر المناطق. ويُلقي الضوء أيضًا على بعض المفاضلات الناتجة من الأتمتة، بما في ذلك الآثار البيئية السلبية المحتملة الناشئة عن الآلات المزوّدة بمحركات. ويُحلل دور التكنولوجيات الرقمية في تحويل استخدام الآلات الزراعية، وينظر في إمكانات الحلول الرقمية في الزراعة غير المميكنة. وأخيرًا، يتناول الفصل بالوصف حالة تكنولوجيات الأتمتة الرقمية في جميع أنحاء العالم وقدرتها على أن تحل محل الميكنة الآلية التقليدية وعلى أن تعكس مسار بعض آثارها السلبية.■

اتجاهات الميكنة الآلية ودوافعها في جميع أنحاء العالم

معدلات الأخذ بالأتمتة متفاوتة كثيرًا بين المناطق

ازدادت الميكنة الآلية بصورة كبيرة في جميع أنحاء العالم. وتُبين الأدلة أن الأخذ بالأتمتة على نطاق واسع بدأ في الولايات المتحدة الأمريكية التي باتت تُشكل فيها الجرّارات المصدر الرئيسي للطاقة في المزرعة، لتحل بذلك محل نحو 24 مليونًا من حيوانات الجرّ في ما بين عامي 1910 و1960.[3] وباستثناء المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وآيرلندا الشمالية التي بدأ فيها استخدام الجرّارات لأول مرة في ثلاثينات القرن الماضي فإن تحوّل الزراعة في اليابان وفي بعض البلدان الأوروبية (الدانمرك وفرنسا وألمانيا وإسبانيا ويوغسلافيا السابقة) تأخر حتى حوالي عام 1955، وبعد ذلك حدثت الميكنة الآلية بسرعة كبيرة لتحل تمامًا محل الجرّ الحيواني.[4] وأصبح استخدام الجرّارات كمصدر للقوى في المزرعة واحدًا من أكثر عمليات التحديث تأثيرًا في القرن العشرين لأنه أتاح، بل وأدى إلى، ابتكارات في الآلات والمعدات الزراعية الأخرى، مثل آلات الدرس، والحصّادات، ومجموعة واسعة من الأدوات المرتبطة بها.[5] وخفف ذلك إلى حد كبير من المشقة المرتبطة بالزراعة، وأتاح للمزارعين أداء المهام في الوقت المناسب. وفي مرحلة لاحقة، شهد العديد من بلدان آسيا وأمريكا اللاتينية تقدمًا كبيرًا في الأخذ بالآلات المزوّدة بمحركات.[6] وتُمثّل أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، من ناحية أخرى، الإقليم الوحيد الذي سار فيه التقدم نحو الميكنة الآلية بوتيرة متعثرة خلال العقود الفائتة،[7] على الرغم من الأخذ بها بسرعة أكبر في بعض البلدان الأفريقية.

ومن المسلّم به تمامًا أن قلّة البيانات تُشكل أحد القيود عند تحليل الاتجاهات في الأخذ بالآلات الزراعية. ويُشكل التنوع الكبير في الآلات وما يرتبط بها من معدات مستخدمة في الميكنة الزراعية تحديًا مهمًا من حيث جمع البيانات (انظر الإطار 1 للتعرّف على الطريقة التي تُخطط بها منظمة الأغذية والزراعة للتغلب على هذا التحدي). ويمكن تصنيف الآلات عمومًا إلى مجموعتين، هما: (1) الآلات التي تعمل بمحركات، مثل الجرّارات ومضخات المياه والحصّادات؛ (2) وملحقات الآلات غير المزوّدة بمحركات، ولكنها مرتبطة بآلة تعمل بمحرك (على سبيل المثال، أدوات الجرّارات، مثل المحاريث وآلات البذر، وشبكات الري). وتُجمع البيانات عمومًا عن الآلات المعتمدة على المحركات، رغم ندرتها حتى بالنسبة إلى هذه الفئة بسبب التفاوت الكبير في الظروف الزراعية والإيكولوجية وظروف الزراعة بين البلدان. وتتطلب المناطق المناخية الزراعية، وظروف التربة، والطبيعة، واتجاهات الإنتاج المختلفة استخدام أنواع مختلفة من الآلات والمعدات. ومن ذلك على سبيل المثال أن الجرّارات يمكن أن تختلف من حيث أحجامها وخصائصها (على سبيل المثال، ذات العجلات الأربع مقابل ذات العجلتين). كما أن نُظم الإنتاج الحيواني وتربية الأحياء المائية المختلفة يمكن أن تتطلب أنواعًا مختلفة جدًا من الآلات، على سبيل المثال، من نُظم التغذية إلى آلات الحلب في حالة الإنتاج الحيواني.

واستنادًا إلى أحدث البيانات المتاحة، واعترافًا بأنها غير مكتملة ولم تعد مواكبة لآخر التطورات، يوضح الشكل 4 (الصفحة 20) التقدم الذي تحقق في الميكنة في مناطق العالم في ما بين عامي 1961 و2009. وينبغي ملاحظة أن المؤشر (عدد الجرّارات المستخدمة لكل 000 1 هكتار من

الإطار 1 التغلّب على التحديات المتصلة بالبيانات في الإبلاغ عن استخدام الآلات الزراعية

حتى عام 2009، كانت قاعدة البيانات الإحصائية الموضوعية في منظمة الأغذية والزراعة تُصدر تقارير منتظمة عن استخدام الآلات والمعدات الزراعية وتداولها في التجارة (من حيث أحجامها وقيمها). ونُشرت سلاسل إحصائية، اعتبارًا من عام 1961، عن عدد صغير نسبيًا من البنود، بما فيها مجموع عدد الجرّارات الزراعية والحصّادات وآلات الدرس وآلات الحلب وآلات التربة والآلات الزراعية.

والمصدر الرئيسي لمجموعة البيانات هو استبيان سنوي أُرسل للنظراء الوطنيين ويغطي الاستخدام والتجارة. وتم الحصول على بعض البيانات التي تمّ جمعها من خلال الاستبيانات من التعدادات الزراعية الوطنية – التي تجري في العادة كل عشر سنوات – وتم تحديثها، حيثما أمكن، بالحوليات وغيرها من المصادر الوزارية وبوابات البيانات الإلكترونية في الفترة الفاصلة بين التعدادات. وأبلغت معظم البلدان عن بيانات التجارة من دون تحديد وحدات الآلات المستخدمة؛ وطرح ذلك شواغل بشأن البيانات والحاجة إلى تحسين جودة مجموعة البيانات ومستوى تفصيلها.

وفي مطلع العقد الأول من هذا القرن، نقّحت منظمة الأغذية والزراعة الاستبيان بحيث يشمل طلبًا موجهًا إلى البلدان للحصول على مزيد من التفاصيل، خاصة عن نوع الآلات. واستُكمل ذلك بالكميات والقيم المتداولة في التجارة التي تم الحصول عليها من قاعدة بيانات الأمم المتحدة لإحصاءات التجارة الدولية؛ واستُكملت أي ثغرات متبقية في البيانات باستخدام مجموعة من المصادر الثانوية، بما في ذلك دراسات الحالة القطرية.

ومع ذلك، لم يُسفر الاستبيان المنقح عن معدل الردود المتوقع. ولم يتمكن سوى عدد قليل من البلدان من تقديم تفاصيل إضافية، وتبيّن أن موثوقية المعلومات الخارجية العامة كانت محدودة. ونتيجة لذلك، توقف إصدار الاستبيان المنقح ولا تتاح البيانات المبلَّغ عنها حاليًا إلّا حتى عام 2009 (جُمعت في عام 2011). والنتيجة هي أنه لا يُعرف سوى القليل جدًا عن تطور الأخذ بالآلات والمعدات الزراعية في السنوات العشر الأخيرة. ويمثّل ذلك فجوة كبيرة في فهمنا لكيفية تطور النُظم الزراعية.

وبدأت شُعبة الإحصاءات في منظمة الأغذية والزراعة عملية تحديث قاعدة البيانات المتعلقة بالآلات عن طريق الجمع بين مختلف مصادر البيانات. ولا تزال المنهجية قيد التطوير وهي أكثر اعتمادًا على بيانات الدراسات الاستقصائية إلى جانب التعدادات الزراعية مقارنة بما كانت عليه في الماضي. وفي السنوات المقبلة، من المرجح أن تُجمع البيانات الاستقصائية في إطار مجموعة من المشاريع التي تشارك فيها المنظمة، بما في ذلك برنامج عمليات المسح الزراعي المتكامل ومبادرة 50 × 2030 لسدّ فجوة البيانات الزراعية. وتهدف هذه المشاريع إلى توفير المساعدة التقنية وتعزيز جمع البيانات في الزراعة بشأن مجموعة من المواضيع التي تتناول المتغيّرات الاجتماعية والاقتصادية والبيئية، باتباع نهج نموذجي مصغّر يغطي الفترات الواقعة بين التعدادات. ومن بين الوحدات النموذجية المقترحة بيانات عن توافر الآلات واستخدامها.

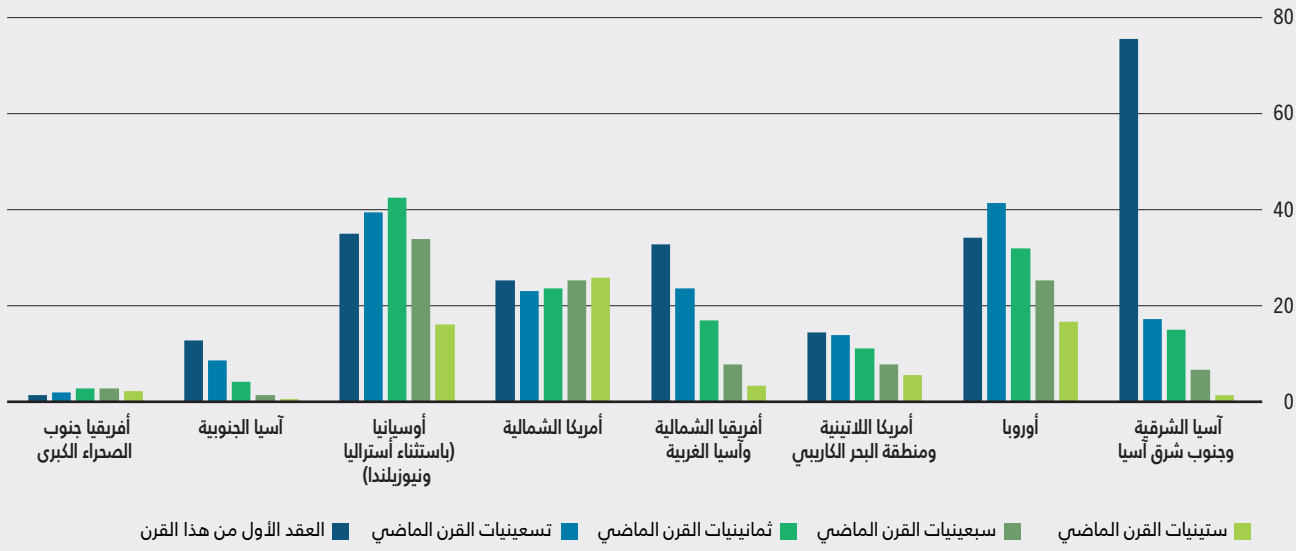
وعلاوة على ذلك، يزداد نشر البيانات الجزئية المستمدة من التعدادات الزراعية بصورة منهجية أكثر. وفي ما يتعلق بالفترات الواقعة بين التعدادات، تتوافر بيانات عن استخدام الآلات والأرصدة من عدد من الدراسات الاستقصائية، مثل الدراسة الاستقصائية للأسر المعيشية التي يروّج لها البنك الدولي – دراسة قياس مستويات المعيشة – والدراسات الاستقصائية الوطنية المماثلة. وتُجمع مجموعة من المؤشرات المنسقة والبيانات الجزئية من هذه الدراسات الاستقصائية في قاعدة بيانات نظام منظمة الأغذية والزراعة للمعلومات عن سُبل العيش في الريف، ما يوفّر مصدرًا آخر للبيانات المتعلقة باستخدام الآلات.

وستشمل مجموعة البيانات المحدّثة عدد الآلات والمعدات المستخدمة والمنتجة، وحجم الآلات المستورَدة والمصدَّرة (وقيم التجارة النسبية).

وتعتزم منظمة الأغذية والزراعة تقييم جميع المصادر الموثوقة المحتملة من خلال جمع مجموعة بيانات موحّدة ومعالجتها وتطويرها بحلول عام 2023. وعلى المدى الأبعد، سيجري تحديث مجال بيانات الآلات بالبيانات المجمّعة من الاستبيان المنقح لتوزيعها على البلدان.

الأراضي الصالحة للزراعة) لا يأخذ في الاعتبار حجم الجرّار ولا الأنواع الأخرى من المعدات. ومع ذلك، يمكن تبرير استخدام هذا المؤشر كبديل للميكنة الشاملة في جانب منه بسبب عدم توافر بيانات أخرى، وكذلك لكون الجرّارات تُشكل حاليًا المصدر الرئيسي للطاقة في العديد من العمليات الزراعية، مثل تسوية الأرض، والبذر، والتسميد، ورش المواد الكيميائية. وبالإضافة إلى النقل، يمكن للجرّارات أن توفّر أيضًا الطاقة اللازمة لضخ المياه للري، وكذلك لآلات الحلب.

الشكل 4 الجرّارات المستخدمة لكل 1 000 هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة



ملاحظات: تُشير الجرّارات إلى الجرّارات الكاملة العجلات والزاحفة والمجنزرة المستخدمة في الزراعة. وثمة نوع رابع من الجرارات (جرارات المشاة) أخذ في الحسبان بالنسبة إلى مجموعة فرعية من البلدان اعتبارًا من عام 2000. ولم تتناول الدراسة سوى البلدان التي قدّمت بيانات متسقة في ما بين عامي 1961 و2009 (ما مجموعه 108 بلدان). وحُذفت آسيا الوسطى بسبب نقص البيانات. ويمكن الرجوع إلى المجموعة الكاملة من البلدان في الملحق 2، بما في ذلك 33 بلدان التي أخذت فيها النوع الرابع (جرارات المشاة) في الحسبان اعتبارًا من عام 2000.
المصدر: منظمة الأغذية والزراعة، 2021.[9]

وتؤكد الإحصاءات المتاحة عن عدد الجرّارات لكل 1 000 هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة (انظر الشكل 4) التقدم الإقليمي غير المتكافئ نحو الميكنة. وفي حين أن البلدان المرتفعة الدخل (أمريكا الشمالية وأوروبا وأوسيانيا) شهدت بالفعل مستويات عالية من الميكنة في ستينيات القرن الماضي، كانت المناطق التي تُهيمن عليها البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل أقلّ من حيث معدلات الميكنة. وشهدت أوروبا تراجعًا في استخدام الجرّارات في ما بين تسعينيات القرن الماضي والعقد الأول من هذا القرن، وشهد الاتحاد الروسي أكبر انخفاض (أكثر من 50 في المائة)، ربما بسبب الانتقال السياسي والاقتصادي في البلاد خلال تلك الفترة. ومع ذلك، شهدت بلدان أخرى – على سبيل المثال، ألبانيا والدانمرك وألمانيا وآيرلندا وهولندا – تراجعًا كبيرًا، وإن كانت أسباب ذلك قد بقيت غامضة. وربما، في ظل تطور الجرّارات وازدياد تركيز المزارع والأراضي الزراعية، يرتفع عدد الهكتارات التي تخدمها آلة واحدة.

وشهدت آسيا وأفريقيا الشمالية ميكنة سريعة بعد ستينيات القرن الماضي. ومن ذلك على سبيل المثال أن عدد الجرّارات لكل 1 000 هكتار ازداد في آسيا الشرقية وجنوب شرق آسيا وآسيا الجنوبية بمقدار 56 و36 مرة، على التوالي – من الإجمالي المجمَّع لعدد الجرّارات الذي بلغ 2.7 ملايين جرّار في ستينيات القرن الماضي إلى 20.3 ملايين وحدة في العقد الأول من هذا القرن. ولكنّ جزءًا من الزيادة المطردة الملاحظة في آسيا الشرقية والجنوبية الشرقية خلال العقد الأول من هذا القرن يمكن تفسيرها بسبب إضافة نوع رابع من الجرارات (جرارات المشاة) إلى تحليل القياس؛ وقد زاد هذا النوع من الجرارات إلى حد كبير العدد الإجمالي للجرارات في بلدان مثل الصين وميانمار والفلبين. وفي أفريقيا الشمالية وآسيا الغربية خلال الفترة نفسها، بلغت الزيادة عشرة أضعاف (من 3 إلى 33 وحدة لكل 1 000 هكتار). وشهدت أيضًا أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي نموًا كبيرًا، حيث تضاعف عدد الجرّارات لكل 1 000 هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة بمقدار ثلاثة أضعاف تقريبًا،

من 5 في ستينيات القرن الماضي إلى 14 في العقد الأول من هذا القرن. وكانت أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى الإقليم الوحيد الذي لم يشهد تقدمًا ملحوظًا في الميكنة الزراعية. وفي هذه المنطقة، ازداد عدد الجرّارات المستخدمة ببطء شديد، إذ وصل إلى 2.1 مليون فقط في ثمانينيات القرن الماضي (أي 2.8 من الجرارات لكل 1 000 هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة)، قبل أن ينخفض إلى 700 000 (أي 1.3 لكل 1 000 هكتار) في العقد الأول من هذا القرن. وأكدت دراسة حديثة للميكنة الزراعية في 11 بلدًا انخفاض مستوى الميكنة في الإقليم وخلصت إلى أن الأدوات الخفيفة المحمولة باليد هي النوع الرئيسي من المعدات المستخدمة. وتُظهر الدراسة أن 18 في المائة فقط من الأسر المعيشية التي شملتها العيّنة يمكنها الوصول إلى الآلات التي تُشغّلها الجرّارات، في حين تستخدم الأُسر المعيشية المتبقية أدوات بسيطة محمولة باليد (48 في المائة) أو معدات تُشغّلها الحيوانات (33 في المائة).[8]

وبالنسبة لآسيا وشمال أفريقيا، تُشير الأدلة إلى أن استخدام الجرّ الحيواني بالفعل على نطاق واسع في ستينيات القرن الماضي قد يسَّر التقدم لاحقًا نحو الميكنة الآلية. وتعززت هذه العملية بصورة أكبر من خلال التكثيف الزراعي الذي نادت به الثورة الخضراء، ثم بعد ذلك من خلال ارتفاع الأجور الريفية بسبب التصنيع والتحوّل الهيكلي.[6] وظهرت أنماط مماثلة في أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي التي تولّت فيها جهات فاعلة خاصة إلى حد كبير قيادة الميكنة الزراعية. غير أن الحكومات قامت أيضًا بدور رئيسي، حيث هيئت بيئة مؤاتية للميكنة، على سبيل المثال، من خلال البرامج العامة في الأرجنتين وكوستاريكا وإكوادور وبيرو التي أتاحت الحصول على الائتمان بأسعار فائدة منخفضة وقدمت إعفاءات ضريبية.[11,10] وعلاوة على ذلك، منحت عدة بلدان إعفاءات للآلات الزراعية من رسوم الاستيراد (على سبيل المثال، بيرو).[10]

وأدى ظهور قطاعات قوية في مجال تصنيع الآلات الزراعية في بعض بلدان آسيا (الصين والهند) وأمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي (البرازيل والمكسيك، وإلى حد ما، الأرجنتين) إلى تنويع الآلات المصدَّرة عالميًا.[11] وأدى ذلك إلى خفض كلفة شراء المعدات الصغيرة، مثل الجرّارات ذات العجلتين (وخاصة في آسيا) والجرّارات ذات العجلات الأربع، وغيرها من الآلات، مثل مضخات الآبار الأنبوبية الضحلة وآلات الدراس ومطاحن الحبوب.[14,13,12] وهناك أيضًا أدلة على أن صعود أسواق تأجير الآلات قد ساعد على نشر الميكنة الزراعية من خلال تمكين صغار المنتجين الزراعيين من الوصول إلى الآلات الزراعية بكلفة معقولة.[6]

وبُذلت في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى خلال حقبتي الستينيات والسبعينيات من القرن الماضي جهود كثيرة لتعزيز الميكنة عن طريق توفير الآلات المدعومة للمزارعين، وإدارة المزارع التابعة للدولة وتجمعات المزارع، وإنشاء مراكز تأجير عامة، مدعومة في كثير من الأحيان بجهات مانحة.[16,15] وأثبتت هذه الجهود أنها مكلفة وأخفقت في معظمها بسبب البنية التحتية السيئة، وعدم كفاية الاستثمارات في المعرفة وتنمية المهارات، وضعف قدرات الصيانة، والافتقار إلى سُبل الوصول إلى الوقود وقطع الغيار، وعدم وجود طلب حقيقي على الميكنة، وتحديات الحوكمة، مثل السعي وراء الريع والفساد.[16,6] وفي أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى وفي غيرها من المناطق التي لا تزال الميكنة فيها محدودة، يبدو أن هناك نقص في دعم القطاع العام لتهيئة بيئة مؤاتية من خلال تعزيز جملة أمور تشمل المعرفة وتنمية المهارات، والوصول إلى التمويل، والبنية التحتية الريفية.[11] وينبغي أن يُشكل إنشاء خدمات تأجير مستدامة تجاريًا أولوية رئيسية في أي استراتيجية للميكنة الزراعية المستدامة في الإقليم (انظر الإطار 2 في الصفحة 22).

أما البيانات المتعلقة بالميكنة التي لا تعمل بالجرّارات فهي محدودة أكثر، ولكن الأدلة تُشير إلى أنه حتى في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى أصبحت بعض الأنشطة الثابتة مميكنة منذ فترة طويلة، مثل المطاحن الميكانيكية لعمليات الطحن الكثيفة في استهلاك القوى.[16] وفي جميع أنحاء العالم، لا تزال الميكنة محدودة في مجموعة من العمليات، بما في ذلك الحصاد وإزالة الأعشاب الضارة. وعلاوة على ذلك، على الرغم من أن آلات الضم والدرس وآلات الدرس الثابتة تشق طريقها على نطاق أوسع في مختلف البلدان، لا يمكن استخدامها إلّا لحصاد الحبوب. ومع استثناءات قليلة جدًا، قلما تُستخدم الميكنة في إنتاج الفاكهة والخضار في جميع أنحاء العالم.[6]

المتوسطات الإقليمية تُخفي اختلافات مهمة بين الأقاليم وحتى على المستوى الوطني

مع أن متوسط الإقبال على الجرّارات كان أعلى في بعض الأقاليم منه في أقاليم أخرى، قد تكون هناك أيضًا اختلافات »

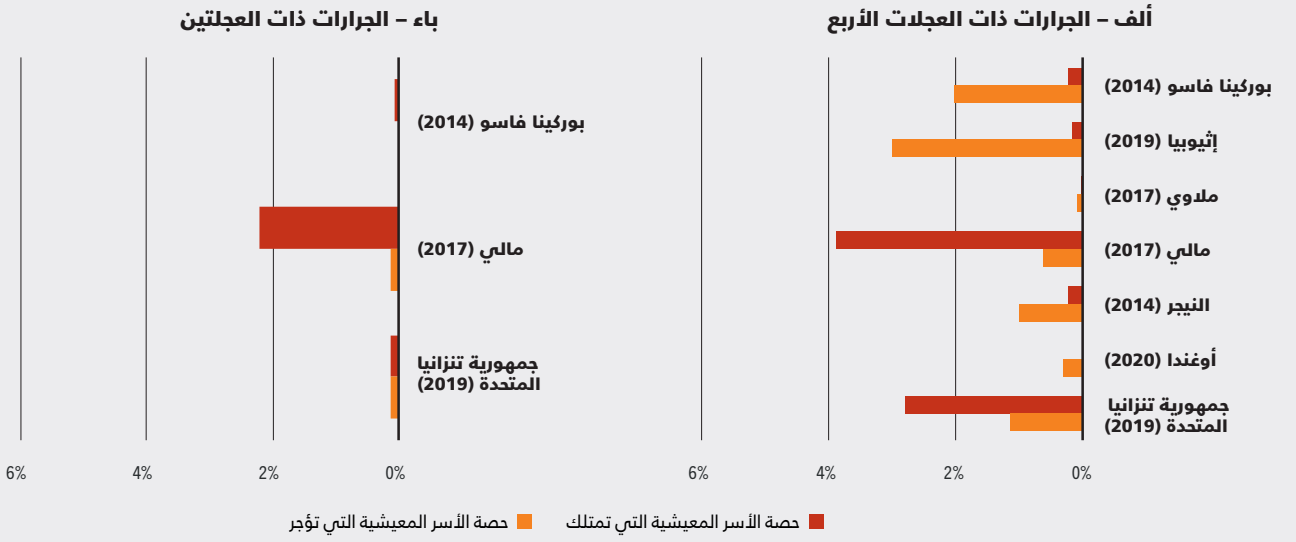
الإطار 2 فهم الميكنة في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى

لا تزال الزراعة التي تعتمد على القوى البشرية والحيوانية تُهيمن على أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، ما يحدّ من الإنتاجية. ويمثّل الجرّار أحد أكثر أنواع الآلات الزراعية انتشارًا (بدرجات متفاوتة من النجاح) في العقود السبعة الماضية.[15] ومع ذلك، لا تزال كلفة الجرّارات باهظة ولا يمكن لمعظم المزارعين تحمّلها. ولذلك، تُمثّل آليات التأجير المستدامة السبيل الذي يُمكّن المزارعين – وخاصة صغار المنتجين – من الوصول إلى الميكنة. وتعمل خدمات تأجير الجرّارات في الإقليم، وتشمل الجرّارات التقليدية (ذات العجلات الأربع) ومنذ عهد أقرب وبدرجة أقل – العزّاقة الآلية (أي الجرّار ذو العجلتين). وعلى النقيض من الصورة السلبية لخدمات تأجير الجرّارات التي تُشغّلها الحكومات، هناك الآلاف من الأفراد في جميع أنحاء الإقليم الذين يملكون جرّارات ويمكنهم تقديم خدمات تأجير الجرّارات للمزارعين. ومن الأمثلة على ذلك شركة TROTRO Tractor في غانا (انظر الإطار 3 في الصفحة 25).

ويعرض الشكل لمحة سريعة عن الاستخدام الحالي – من خلال الملكية أو التأجير – للجرّارات ذات العجلات الأربع (إلى اليمين) وذات العجلتين (إلى اليسار) في مجموعة مختارة من بلدان أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى التي تتاح بيانات عنها من دراسة قياس مستويات المعيشة – مشروع المسوح الزراعية المتكاملة.

ولا تزال ملكية الجرّارات على مستوى الأسرة المعيشية منخفضة جدًا حتى بالنسبة إلى الجرّارات ذات العجلتين التي تكون في العادة أقلّ كلفة. ولا يؤدي توافر خدمات تأجير الجرّارات إلى زيادة إمكانية الوصول إلى الجرّارات ذات العجلات الأربع إلّا بنسبة قليلة. ويُسلط الإقبال المنخفض على الجرّارات ذات العجلتين، إلى جانب سوق التأجير التي ليس لها وجود تقريبًا، الضوء على أن المورّدين لم يقوموا بعد بتأسيس امتيازات مستدامة وتعمل بكامل طاقتها في سلاسل إمدادات هذه الآلات وقطع غيارها.[15] ويُعد إنشاء خدمات تأجير مستدامة تجاريًا (من خلال الملكية الخاصة أو التعاونية) أولوية عليا في أي استراتيجية للميكنة الزراعية المستدامة في الإقليم.

الشكل حصة الأسر المعيشية الزراعية التي يمكنها الوصول إلى الجرّارات في بلدان مختارة



المصدر: البنك الدولي، 2022.[17]

» كبيرة داخل الإقليم نفسه بسبب التفاوتات في التحوّل الهيكلي والزراعي والتغيُّر التكنولوجي. ومن ذلك على سبيل المثال، على الرغم من أن الأخذ بالجرّارات في اليابان كان سريعًا في ستينيات القرن الماضي، لم تشهد بلدان أخرى في الإقليم (على سبيل المثال، تايلند) تطورًا مماثلًا حتى حقبة تسعينيات القرن الماضي والعقد الأول من هذا القرن.[9] وفي الصين، من الناحية الأخرى، بدأ استخدام الجرّارات في سبعينيات وثمانينيات القرن الماضي بينما أشارت التقارير مؤخرًا إلى أن ما يصل إلى 90 في المائة من الأراضي الزراعية (المستخدمة في معظمها لإنتاج الأرزّ) تُمهّد باستخدام الآلات المزوّدة بمحركات في بنغلاديش والهند وميانمار وسري لانكا.[21,20,19,18] وأدّت الظروف الطبوغرافية أيضًا إلى الحد من الميكنة أو جعلت الأخذ بها متفاوتًا في بعض البلدان الآسيوية.[14,6] وعلى سبيل المثال، يستخدم 23 في المائة فقط من المنتجين الزراعيين في نيبال الجرّارات والعزاقات الآلية في الأنحاء الجبلية من البلد، بينما تصل هذه النسبة إلى 46 في المائة في منطقة تيراي الأكثر استواءً. وفي أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي، هناك اختلافات كبيرة بين المزارع الكبيرة والصغيرة وتعتمد المزارع الكبيرة بصورة أكبر على الميكنة مقارنة بالمزارع الصغيرة بسبب وجود هذه الأخيرة، جزئيًا على الأقل، في المناطق النائية والجبلية.[23,22,11,10]

وحتى في الأقاليم الفرعية الأقل ميكنة في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، تتفاوت مستويات الأخذ بالأتمتة بين البلدان وداخلها. من ذلك على سبيل المثال أن عدد الجرّارات لكل 1 000 هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة في بوتسوانا وجنوب أفريقيا في عام 2000 بلغ 8 و5 على التوالي، بينما لم يتجاوز عددها في بلدان مثل السنغال ومالي ومدغشقر 0.4 جرارات. وفي غانا، تشير التقديرات إلى أن ثلث الأسر المعيشية الزراعية تستخدم الجرّارات في المتوسط (بشكل أساسي للحرث)، ولكن هذه النسبة تتراوح بين 2 في المائة فقط في مناطق الغابات و88 في المائة في مناطق السافانا.[6] وفي جمهورية تنزانيا المتحدة، تبلغ مستويات الميكنة أعلى معدلاتها في مناطق الزراعة التجارية.[24] وفي نيجيريا، بينما يستخدم 7 في المائة من المنتجين الجرّارات، تستخدم نسبة أخرى تبلغ 25 في المائة الجرّ الحيواني الخاص بها أو المستأجر لتسوية الأرض.[25] وفي إثيوبيا، تُستخدم الميكنة بنحو 1 في المائة فقط من قطع الأراضي الزراعية اعتمادًا على الجرّارات، وخاصة في نُظم زراعة القمح والشعير السهلة الميكنة، التي يُهيمن عليها أيضًا كبار المنتجين وشهدت ظهور أسواق خدمات ضم القمح.

ماذا تُخبرنا البيانات المتاحة (المحدودة) عن ميكنة الإنتاج الحيواني وتربية الأحياء المائية

البيانات المتعلقة بالأخذ بالآلات في الإنتاج الحيواني وتربية الأحياء المائية قليلة جدًا أو غير مكتملة تمامًا أو غير موجودة. وينطبق ذلك أيضًا على البيانات الخاصة بالغابات. ويبيّن تحليل البيانات المحدودة أن آلات الإنتاج الحيواني (على سبيل المثال، آلات الحلب) تتركز في البلدان المرتفعة الدخل. ومن ناحية أخرى، فإن هذه المعدات، بالرغم من وجودها في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل، فإنها تُستخدم على الأرجح في وحدات الإنتاج الواسعة النطاق. ولكن، نظرًا لقلة البيانات وعدم اتساقها، من الصعب تقدير السيناريو الدقيق في السياقات المختلفة. وعلاوة على ذلك، لا يُعرف بوضوح ما يُشكل بالضبط آلة الحلب، ولا عدد الأبقار التي تخدمها كل آلة. ومع تطور التكنولوجيا، يزداد عدد الأبقار التي تحلبها الآلة، وبالتالي قد ينخفض عدد الآلات. وتمثّل الدانمرك أحد أمثلة ذلك، فهي بلد رئيسي منتج للألبان تتراجع فيه معدلات الإقبال على آلات الحلب، ولكنها ربما شهدت استبدال التكنولوجيا بأساليب أكثر تقدمًا لا تغطيها الإحصاءات.[9] ومع ذلك، تُشير الأدلة المتواترة من إحدى دراسات الحالة (Lely) إلى توحيد مزارع الألبان في شمال أوروبا كسبب أساسي لانخفاض أعداد آلات الحلب بسبب استبدال التكنولوجيا وزيادة وفورات الحجم.[2] ■

الثورة الرقمية وقدرتها على تحويل استخدام الميكنة الآلية والممارسات الزراعية

يُفترض في كثير من الأحيان أن ثورة زراعية رابعة قد بدأت وستؤدي فيها التكنولوجيات الرقمية دورًا حاسمًا في تحويل الإنتاج الزراعي – بما في ذلك المحاصيل والثروة الحيوانية وتربية الأحياء المائية والغابات – في خطوة نحو زيادة الكفاءة والاستدامة. وتشمل هذه التكنولوجيات الذكاء الاصطناعي، والطائرات المسيَّرة، والروبوتات، وأجهزة الاستشعار، والنظام العالمي لسواتل الملاحة، وكذلك الآلات الرقمية الأخرى التي تساعد على أتمتة التشخيص واتخاذ القرارات والأداء في مختلف الأنشطة الزراعية، ما يتيح زيادة الدقة والكفاءة.[2] ويتاح بعض هذه التكنولوجيات على المستوى التجاري، بينما تقترب تكنولوجيات أخرى من مراحل الجاهزية.[26]

وتُشير مختلف سيناريوهات الزراعة في السنوات والعقود المقبلة إلى زيادة محتملة في استخدام مختلف التكنولوجيات الرقمية وتكنولوجيات الأتمتة.[28,27] وأصبح الانتشار الواسع للأجهزة المحمولة باليد (على سبيل المثال الهواتف المحمولة والهواتف الذكية وأجهزة الاستشعار وأجهزة إنترنت الأشياء) في السنوات الأخيرة واضحًا للعيان، وهو ناشئ في جانب كبير منه عن تحسن إمكانية الوصول إلى شبكات الهاتف المحمول واتساع نطاق تغطية الإنترنت، حتى في أبعد المناطق النائية في العالم. وعلى سبيل المثال، في عام 2020، حصل 69 في المائة من السكان في أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي، و64 في المائة في آسيا والمحيط الهادئ، و45 في المائة في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، على هاتف ذكي، ومن المتوقع أن ترتفع هذه الأرقام إلى 81 في المائة أو 79 في المائة أو 67 في المائة على التوالي بحلول عام 2025.[9] ويرجع ذلك إلى الاستثمارات الهائلة في البنية التحتية من جانب الحكومات والقطاع الخاص على حد سواء. وعلى سبيل المثال، تستثمر شركة Google في أول كابل بحري للإنترنت في أفريقيا من خلال برنامج Equiano.[30]

وفي ما يلي عرض وتحليل لإمكانات هذه التكنولوجيات في تحويل مشهد الميكنة الآلية والعمليات الزراعية بصفة عامة.

التكنولوجيات الرقمية تُحوّل الآلات الزراعية التقليدية

ينظر صانعو السياسات والمنظمات الدولية على نحو متزايد إلى الرقمنة باعتبارها تغيّر قواعد اللعبة في قطاع الزراعة. ومن المحوري لمعظم التكنولوجيات الرقمية إمكانية جمع البيانات وتبادلها لدعم عملية صنع القرار من جانب المنتجين الزراعيين أو غيرهم من أصحاب المصلحة، وفي نهاية المطاف، لتعزيز الفعالية والكفاءة.[32,31] وفي السنوات الأخيرة، لاقت هذه التكنولوجيات والخدمات الرقمية اهتمامًا كبيرًا من جانب المانحين ومراكز البحوث ووكالات التنمية.[35,34,33,29] ويتزايد إدماجها في الآلات المزوّدة بمحرّكات، ويمكن أن تُحدث تحوّلًا في استخدامها: تحقيق مزيد من الكفاءة والدقة في أداء العمليات الزراعية، وزيادة إمكانية الوصول إلى الآلات الزراعية ليشمل مناطق جديدة أو مجموعات اجتماعية واقتصادية جديدة، مثل صغار المنتجين.

ويعتمد كثير من هذه التكنولوجيات على تطبيقات تُشغّلها الهواتف الذكية، أو تعمل من خلال خدمة الاتصالات الهاتفية أو الرسائل. وتُمثّل خدمات الوصول المشتركة فئة فرعية من الخدمات الرقمية تتميَّز بإمكاناتها الكبيرة في توسيع الوصول إلى الميكنة الآلية، وتربط مالكي المعدّات (على سبيل المثال، الجرّارات أو الطائرات المسيَّرة) وأحيانًا أيضًا المشغّلين، بالمنتجين الزراعيين الذين يحتاجون إلى هذه المعدّات. ويدفع المنتجون الزراعيون لمالكي المعدات رسوم استخدام معداتهم عن كل ساعة أو لكل منطقة تخدمها المعدات، وتوجه نسبة مئوية أو رسوم ثابتة إلى الوسطاء. وأفضل مثال معروف على خدمة الأصول المشتركة هو شركة Hello Tractor (التي تعمل في سبعة بلدان أفريقية وكذلك في بنغلاديش والهند وباكستان).[1] انظر في الإطار 3 حالتين ناجحتين في بعض البلدان الأفريقية وفي ميانمار.

وتتمثل الفائدة الرئيسية لخدمات الأصول المشتركة في تحسّن نسبة الكلفة إلى العائد، إذ يحصل المزارعون على المعدات التي يحتاجون إليها من دون الحاجة إلى شرائها، في حين أن الرسوم التي يدفعونها تجعل المعدات أكثر فعالية من حيث الكلفة بالنسبة إلى المالك. وتتسم هذه الخدمات بأهمية خاصة في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، حيث الملكية محدودة للغاية (انظر الإطار 2 في الصفحة 22).

وهناك مجموعة أخرى من الخدمات الرقمية، وهي حلول رصد المعدات، أي التطبيقات البسيطة التي تعمل على أتمتة تشغيل معدات مثل مضخات الري،[37,36] أو أجهزة النظام العالمي لسواتل الملاحة لتتبّع تحرّكات المعدات أو الحيوانات على سبيل المثال. وتُعدّ هذه الأنواع من الخدمات أول حلول زراعية ذكية تظهر في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل.[38] وتشمل الخدمات الأكثر تقدمًا حلول إنترنت الأشياء المستخدمة، على سبيل المثال، لرصد القرارات المتعلقة بالعناية بالمحاصيل أو الثروة الحيوانية أو الأسماك وأتمتتها (جزئيًا) في بعض الأحيان من أجل تحسين التشخيص واتخاذ القرارات والأداء. ويؤدي ذلك بدوره إلى تعزيز الدقة وتحسين الكفاءة وزيادة الإنتاجية، ويُقلل في الوقت نفسه من مشقة العمل. ويوجد أحد الأمثلة الملموسة على استخدام إنترنت الأشياء في الزراعة الدقيقة في الصين التي تدعم نظامًا متكاملًا للاستشعار التلقائي عن بُعد، والإنذار المبكر والري بالرش الدقيق في إنتاج الشاي؛ وتُكتشف التغييرات في الظروف البيئية، وتُقدّم التحذيرات في الوقت المناسب، ويبدأ الري تلقائيًا، عند الاقتضاء، ويؤدي ذلك بالتالي إلى تجنب الأضرار الناجمة عن الحرارة أو البرودة أو الجفاف.[39]

الإطار 3 الأدوات الرقمية لتحسين الوصول إلى خدمات الميكنة

تشهد الأدوات الرقمية القائمة على نموذج أوبر (Uber) لسيارات الأجرة اتجاهًا تصاعديًا وتُبشّر بخفض كلفة معاملات خدمات الجرّارات. وتؤجر شركة TROTRO Tractor في غانا وشركة Tun Yat في ميانمار الآلات وخدمات التشارك من خلال منصة رقمية وخدمات الهاتف المحمول. وتُظهر هذه الأدوات الإمكانات الحقيقية للميكنة الزراعية الشاملة للجميع.

وتوّفق شركة TROTRO Tractor بين صغار المنتجين والآلات الزراعية التي يحتاجون إليها، وهي الجرّارات في المقام الأول، ومالكي الآلات، من خلال منصة رقمية يمكن الوصول إليها من خلال تطبيقات الهواتف الذكية، وكذلك من خلال بيانات الخدمات التكميلية غير المهيكلة للمستخدمين الذين لا يمتلكون هاتفًا ذكيًا. ويوجد حاليًا لدى شركة TROTRO Tractor 75 000 مزارع مسجّل من جميع أنحاء بنن وغانا ونيجيريا وتوغو وزامبيا وزمبابوي. وتعتمد الشركة على العلاقات بين الشركات والعملاء والعلاقات بين الشركات، مع الاحتفاظ بنسبة عمولة على كلفة الخدمة.

وبالإضافة إلى الجرّارات (التي تُقدّم أي نوع من الخدمات التي تتراوح بين الحرث إلى التمشيط ومن الغرس والبذر إلى الرش) وآلات الضم والدرس، تربط أيضًا منصة TROTRO Tractor المنتجين بمالكي الطائرات المسيَّرة الذين يقدّمون خدماتهم لرسم الخرائط ورش مبيدات الأعشاب الضارة. ويزداد الطلب على رسم الخرائط باستخدام الطائرات المسيّرة، إذ يُقدِّر المزارعون أهمية حيازة الأراضي ويدركون أن دقة بيانات الأراضي يمكن أن تكون حاسمة عند طلب الخدمات المالية من المصارف أو شركات التأمين.

وتُقدّم شركة Tun Yat خدمات جرّارات مماثلة من خلال تطبيق على الهاتف الذكي، وتستهدف من خلال هذه الخدمات على وجه التحديد المزارعين الصغار والمتوسطين، مع التركيز على النساء (اللواتي يمثّلن 30 في المائة من العملاء) والشباب (حيث تقلّ أعمار ما نسبته بين 25 و30 في المائة من العملاء عن 30 عامًا). وتملك شركة Tun Yat خمسة جرّارات وخمس آلات ضم ودرس، وتُقدّم مجموعة من خدمات الميكنة والوساطة إلى أكثر من 20 000 عميل. وتشمل خدمات الحرث، وتسوية الأرض، والبذر، والضم والدرس، بأسماء مختلفة للأنواع المختلفة من الحصاد (على سبيل المثال، فاصولياء مونغو الذهبية أو الذرة)، والالتقاط (على سبيل المثال، السمسم أو الفول السوداني). وينتمي معظم العملاء إلى فئة صغار المنتجين الذين تقل حيازاتهم من الأراضي عن هكتارين ويحتاجون بصفة خاصة إلى خدمات ميكنة موثوقة وميسورة الكلفة.

ويشمل نموذج أعمال شركة Tun Yat التنويع من خلال خدمات تشمل إعادة بيع المدخلات (مثل الأسمدة)، والوساطة الائتمانية، وتسوية الأرض بالليزر لمساعدة المزارعين في المناطق المعرّضة للفيضانات الذين يحتاجون إلى تسوية قطع الأراضي وتطوير الصرف. وتُقدّم الشركة أيضًا خدمات الشراء المباشر من مجموعات المزارعين الذين ينتجون المواد الخام التي يتم بعد ذلك تجهيزها في شكل وجبات خفيفة وبيعها في متاجر البقالة السريعة.

وإجمالًا فإن نموذج الأعمال الشبيه بخدمة أوبر لسيارات الأجرة مفيد سواءً للمزارعين الذين لا يمتلكون جرّارات ولمالكي المعدات؛ ويمكن لمالكي المعدات زيادة استخدام الآلات واستهلاك الوقود إلى أقصى حد ورصدهما عن كثب وتخطيطهما، ما يوفّر أسعارًا تنافسية لقاعدة من العملاء على نطاق أوسع.

المصدر: Ceccarelli وآخرون، 2022.[2]

ولا يزال التحوّل الذي تحققه التكنولوجيات الرقمية في استخدام الآلات المزوَّدة بمحركات، مثل الجرّارات ومعدات الحصاد، محدودًا نوعًا ما، خاصة في البلدان المنخفضة الدخل والبلدان المتوسطة الدخل من الشريحة الدنيا.[1,2] ومن ناحية أخرى، تشهد النماذج التنظيمية لاستخدام الآلات المزوّدة بمحركات تغييرات كبيرة. ويزداد التركيز على الملكية المشتركة للآلات بدلًا من ملكيتها الفردية من جانب المنتجين في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل. وكان التشارك في الأصول موجودًا منذ فترة طويلة، ولكنّ نجاحه كان محدودًا، وذلك على سبيل المثال بسبب انعدام الثقة بين المزارعين والمشغلين ومالكي الآلات، والمسائل المتعلقة بصيانتها. وفي الآونة الأخيرة، يستخدم مقدمو الخدمات على نطاق واسع حلول تكنولوجيا الأشياء والنظام العالمي لسواتل الملاحة مع أنها لا تزال محدودة جدًا بين صغار المنتجين (بما فيها الحلول المشار إليها في الإطار 3). وهي تُعزز الشفافية والثقة بين مقدمي الخدمات والمستخدمين

الإطار 4 الأدوات الرقمية غير المرتبطة بالميكنة – الحلول غير المدمجة

لا ترتبط الحلول الرقمية غير المدمجة (انظر مسرد المصطلحات) بالميكنة. وهي بشكل أساسي حلول قائمة على البرمجيات التي لا تعتمد على استخدام الآلات الزراعية. وتتطلب عوضًا عن ذلك موارد حاسوبية محدودة، وتكون عمومًا في شكل هاتف ذكي أو حاسوب لوحي أو أداة برمجية (مثل تطبيقات المعلومات التحذيرية)، أو برمجية لإدارة المزرعة، أو منصة على الإنترنت. ويميزها ذلك عن الحلول الرقمية المدمجة التي تقترن فيها الأدوات الرقمية بالآلات للتفاعل مع البيئة.

ويمكن أن تشمل الحلول غير المدمجة الاستشعار عن بُعد، ولكنها تقتصر على البيانات اللازمة لدعم اتخاذ القرار والاستكشاف. ويزداد استخدام هذه الحلول في جميع أنحاء العالم، كما هو موضح في الأمثلة الواردة أدناه من جميع أنحاء العالم. وتعمل شركة Aerobotics في 18 بلدًا، وتُقدّم حلولًا غير مدمجة من خلال منظومة جوية غير مأهولة، والاستشعار عن بُعد لدعم مزارعي الفاكهة والجوزيات في اتخاذ القرارات. وتسمح التكنولوجيات بالكشف المبكر عن الآفات والأمراض، وتُمكّن من رصد المياه والأسمدة ومتطلبات المغذّيات في الوقت المناسب، وتُيسّر إدارة الغلات.

وفي المغرب، تُقدّم شركة SOWIT حلولًا غير مدمجة باستخدام الاستشعار عن بُعد، ومنظومات جوية غير مأهولة لجمع الصور، وتعلّم الآلة استنادًا إلى البيانات المستمدة من قواعد بيانات الحقول أو الأحوال الجوية. ويمكن تطبيق التكنولوجيات على أشجار الفاكهة والحبوب وبذور اللفت وهي تبلّغ المزارعين بمتطلبات الري والتسميد، وتقدير الغلات، ورصد محتوى المادة الجافة في الأعلاف، وإجراء عمليات التفتيش على قطع الأراضي.

وفي نيبال، تُقدّم شركة Seed Innovations تطبيقًا باستخدام نظام Android للمزارعين من أجل استخدام التحليلات الساتلية والنظام العالمي لسواتل الملاحة والذكاء الاصطناعي لرصد أداء المحاصيل – بما في ذلك تحديد نقص المياه والمغذّيات أو فوائضها، والتهديدات الناشئة عن الآفات والأمراض – والوصول إلى المعلومات الزراعية وتبادلها.

ويتعامل بالفعل مع شركة TraSeable Solutions التي يقع مقرها في فيجي، 2 000 عميل في جميع أنحاء الدول الجزرية الصغيرة النامية السبع في المحيط الهادئ. وتُقدّم الشركة حلين رئيسيين. الحل الأول هو تطبيق هاتفي يُطلع المزارعين بمعلومات عن قطاع الزراعة، ويُسجل بيانات المزرعة ويديرها، ويحتفظ بسجل للموارد

من خلال تحسين رصد الآلات. ولعل أهم تغيير هو ربط معدات الميكنة التقليدية بأجهزة إنترنت الأشياء (على سبيل المثال، الجمع بين معدات الحصاد الآلية من خدمات التأجير، والبيانات المستمدة من النظام العالمي لسواتل الملاحة، والمشغلين المدربين على قيادة الجرّارات)، وهو ما يمكن أن يؤدي إلى مزيد من الفعالية في استخدام الآلات، فضلًا عن زيادة الغلات.[1]

إمكانات التكنولوجيات الرقمية في الزراعة الدقيقة غير المميكنة

تناول القسم السابق بالوصف الطريقة التي يمكن من خلالها للتكنولوجيات الرقمية تحويل مشهد الآلات الزراعية، ما يجعل الميكنة أكثر دقة وأكثر سهولة. ومع ذلك، لا يزال الأخذ بالميكنة الزراعية الآلية محدودًا في العديد من البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل، خاصة في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى. وهناك بحوث متزايدة بشأن الإنتاج غير المميكن في مجال الزراعة الدقيقة ويزداد الأخذ بها.[42,41,40] ووُضعت منهجيات للمعالجة بالأسمدة يدويًا في مواقع محددة منذ فترة طويلة – على سبيل المثال، تكنولوجيا المعدل المتغيِّر للأسمدة في زراعة الأرز[43] – في حين أن ماسحة التربة AgroCares المحمولة باليد، متاحة في العديد من البلدان المنخفضة في أفريقيا وآسيا.[44] وتستخدم المزارع غير المميكنة في أفريقيا وآسيا خدمات المركبات الجوية غير المأهولة (المعروفة أيضًا باسم الطائرات المسيَّرة)، بينما يمكن استخدام النظام العالمي لسواتل الملاحة في المزارع غير المميكنة لرسم خرائط حدود الحقول وتحديد حيازات الأراضي.[45]

غير أن هناك نقصًا في المعلومات المتعلقة بمستويات الأخذ بالأتمتة؛ ولا يُعرف بوضوح عدد المنتجين الزراعيين الذين يستخدمون التكنولوجيات الرقمية بالفعل.[46] وتُشير نتائج دراستين فنيتين – صدر تكليف بإجرائهما لهذا التقرير[2,1] –

الإطار 4 (تتمة)

والمخزونات والمبيعات والنفقات. ويُساعد التطبيق أيضًا على إنشاء روابط سوقية بين أصحاب المصلحة في سلسلة القيمة الزراعية. ويُركز الحل الثاني على مصايد الأسماك، وتحديدًا مصايد أسماك التونة. ويشمل هذا الحل وسم أسماك التونة الفردية وتتبّعها على طول سلسلة القيمة من مرحلة الإنزال وصولًا إلى التوزيع. ويساعد هذا الحل أيضًا على إدارة الأساطيل من خلال توفير معلومات عن الأطقم وكلفة التشغيل والصيانة. وبالإضافة إلى ذلك، فإنه يوفّر تفاصيل عن محصول التونة، بما في ذلك معلومات عن رحلة الصيد، وسجلات المصيد، وتحليلات مناطق الصيد، وخدمات الإبلاغ.

وفي بيرو، تُقدّم شركة Coopecan خدمات رقمية على طول سلسلة قيمة ألياف الألبكة بأكملها. وتوفّر مجموعة من التكنولوجيات حلولًا رقمية لجملة أمور تشمل إدارة المراعي (الصور الساتلية)، وصحة الحيوان (بطاقات وسم الحيوان)، ومعالجة الألياف ومبيعات التصدير (تكنولوجيا قواعد البيانات التسلسلية). وبالإضافة إلى ذلك، تتوافر المساعدة الفنية للمربين الذين يحتاجون إلى الدعم في إدارة قطعان الماشية (على سبيل المثال، بشأن صحة الحيوان) أو في إدارة المراعي الطبيعية (التي يزداد تدهورها بسبب الرعي المفرط). وتُستكمل هذه الخدمات ببناء القدرة على كيفية استخدام الحلول ونظام للتتبّع لاعتماد الإنتاج من حيث رعاية الحيوان، وجودة الألياف، والمسؤولية البيئية والاجتماعية، ما يؤدي إلى ظروف عمل أفضل، وأجور عادلة، وتحسّن في رعاية الحيوان.

وأخيرًا، تُمثّل شركة Agrinapsis، التي تعمل في دولة بوليفيا المتعددة القوميات وكوستاريكا وإكوادور وغواتيمالا والمكسيك، منصة وسائط اجتماعية متخصصة في الزراعة. وتُيسّر هذه المنصة التي يديرها معهد البلدان الأمريكية للتعاون في مجال الزراعة، تبادل المعارف المشتركة بين صغار المنتجين. ويتم التحقق من المعلومات التي تُجمع من خلال الاستعانة بمصادر خارجية من الجمهور ويقيّمها جميع العملاء، وإذا اعتُبرت مشكوكًا فيها أو ذات جودة رديئة، يقوم فريق فني بفحصها وتحسينها. وتُمكّن شركة Agrinapsis التجارة الإلكترونية التي تستهدف صغار المنتجين الذين يمكنهم بيع منتجاتهم أو شراء المدخلات التي تستجيب للشواغل البيئية.

المصادر: McCampbell، 2022.[1]؛ Ceccarelli وآخرون، 2022.[2]

إلى أن صغار المنتجين الزراعيين والرعاة في جميع أنحاء العالم يستخدمون بصورة متزايدة مجموعة متنوعة من الأدوات الرقمية وتكنولوجيات الاستشعار عن بُعد وتكنولوجيات رسم الخرائط على المستوى الميداني (انظر الإطار 4). وتُمثّل الهواتف الذكية المزوَّدة بأجهزة استشعار متنوعة وآلات تصوير مدمجة عالية الدقة، أكثر الأجهزة التي يمكن للجميع الوصول إليها في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل اليوم. وبالاقتران مع التطبيقات المدمجة في الهواتف الذكية والبرمجيات المناسبة، يمكنها بالفعل إتاحة ابتكارات مفيدة للغاية تُناسب سياقات البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل والزراعة على النطاق الصغير، ويمكنها إحداث فرق حقيقي. ومن الأمثلة على ذلك جهاز GoMicro الذي يعمل من خلال عدسة مجهرية مثبتة على آلة التصوير في الهاتف، بالاقتران مع الذكاء الاصطناعي، لدعم التشخيص السريع للآفات والأمراض،[47] والمساعدة على مراقبة الجودة وتصنيف المنتجات الزراعية بكفاءة وبدقة، مثل البذور الغذائية والحبوب والأسماك والفاكهة والخضار.[1] وهناك حلول رقمية أخرى تشمل البيانات المستمدة من السواتل أو الطائرات المسيَّرة (على سبيل المثال، البيانات المتعلقة بالغلات وظروف التربة وصحة النبات) يتم تحليلها باستخدام خوارزميات؛ ويمكن استخدام النتائج للتحقق من صحة البيانات التي يقدّمها المنتجون الزراعيون (استنادًا إلى الملاحظة والخبرة) أو لإسداء المشورة للمنتجين.[1]

وتستحق الحلول الرقمية اهتمام صانعي السياسات والمنظمات الدولية. وهناك حاجة إلى تكييف مزيد البحوث مع احتياجات صغار المنتجين في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل، وخاصة في البلدان التي تنخفض فيها معدلات الميكنة إلى أدنى مستوياتها، مثل أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى.[1] وتُشير البحوث والخبرة إلى أنها تُمكّن من إدارة المحاصيل تبعًا لكل موقع، وهو ما يمكن بدوره أن يُحسّن الغلات ويُقلل المدخلات في المزارع غير المميكنة. ولكن، هناك قيدان لا بدّ من الإشارة إليهما. أولًا، قد تكون التكنولوجيات الرقمية باهظة الكلفة أكثر من اللازم

بالنسبة إلى صغار المنتجين نظرًا للكلفة الحالية للمعدات. وعلى سبيل المثال، يتراوح سعر أجهزة استشعار النيتروجين المحمولة باليد بين 300 و600 دولار أمريكي، وهو سعر كبير بالنسبة إلى صغار المزارعين الذين لا يرغبون في استخدام أجهزة الاستشعار سوى عدة مرات في السنة،[48] في حين أن الماسحة AgroCares الأكثر تطورًا، التي توفِّر معلومات عن مجموعة واسعة من مغذيات التربة، تُباع بأكثر من 3 000 دولار أمريكي. وثانيًا يحتاج المنتجون إلى تعلّم كيفية استخدام التكنولوجيات؛ ومن دون الدراية الفنية، يمكن أن يؤدي التنفيذ غير الصحيح إلى نتائج غير مرغوب فيها، مثل زيادة استخدام المدخلات.

ولا تزال الهواتف الذكية بعيدة عن متناول صغار المنتجين والسكان الريفيين في بعض الأماكن، ولا سيما في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى.[2,1] وتكشف بيانات عام 2020 أيضًا عن وجود فجوة كبيرة بين المناطق الريفية والحضرية من حيث الوصول إلى الإنترنت في البلدان النامية؛ حيث تتاح إمكانية الوصول إلى الإنترنت لنسبة 65 في المائة من السكان في المناطق الحضرية مقابل 28 في المائة فقط في المناطق الريفية.[49] وتُشير الأدلة إلى ارتفاع الكلفة كعامل أساسي يعوق الأخذ بهذه التكنولوجيات من جانب صغار المنتجين، على الرغم من إمكاناتها الكبيرة في تحسين الإنتاجية. ويُشير ذلك إلى أن وصول المنتجين إلى التكنولوجيات الرقمية التي يدعمها المانحون والمنخفضة الكلفة قد يكون غير ممكن عمليًا.

ولذلك، هناك حاجة إلى جهود أكبر – وأكثر تنوعًا – لإتاحة هذه الأدوات على نطاق أوسع. ويمثّل مقدمو خدمات الأصول المشتركة الذين سبقت الإشارة إليهم أعلاه، أحد الحلول، ويقدّمون بالفعل مجموعة من الآلات المناسبة للمزارع الصغيرة والكبيرة على حد سواء. ومع ذلك، يمكن أن يُشكل أيضًا انخفاض مستوى الإلمام بالتكنولوجيا الرقمية بين المنتجين الزراعيين عاملًا مهمًا في بطء وتيرة الأخذ بالأدوات الرقمية. ولهذا السبب، تُستخدم الرسائل النصية القصيرة وخدمات الرد الصوتي التفاعلي، وخدمات بيانات الخدمات التكميلية غير المهيكلة للتواصل مع صغار المنتجين في كثير من البلدان الأفريقية. وعلى سبيل المثال، تبنّت شركة ICT4BXW وشركة Justdiggit – وكلتاهما تعملان في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى – في البداية تكنولوجيات متقدمة، مثل الهواتف الذكية، ولكنهما قررتا بعد ذلك استخدام وسائل أبسط (الرسائل النصية القصيرة، وبيانات الخدمات التكميلية غير المهيكلة، وخدمات الرد الصوتي التفاعلي) بسبب انخفاض انتشار الهواتف الذكية وتدني مستوى الإلمام بالتكنولوجيا الرقمية في الإقليم.[1]

وما دام المزارعون يعانون من انخفاض مستوى الإلمام بالتكنولوجيا الرقمية، يجب توفير دعم فني مكثف ومستمر ومعلومات عن التكنولوجيات الرقمية. ومع أن الهواتف المحمولة الأساسية متاحة الآن للجميع تقريبًا، لا تزال الهواتف الذكية محدودة في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى. ولذلك، هناك حاجة إلى استخدام الهواتف بالاقتران مع الخدمات الاستشارية المستندة إلى المعلومات الساتلية التي تُناسب احتياجات المنتجين (المتعلقة على سبيل المثال بمصادر المياه وأراضي الرعي للرعاة الذين يزاولون تربية الماشية، وبحالات تفشي الأمراض لمزارعي الموز).[1] ■

حالة تكنولوجيات الأتمتة الرقمية والروبوتية في الزراعة

قدّمت الأقسام السابقة في هذا الفصل اتجاهات الميكنة الزراعية الآلية ودوافعها، وناقشت دور التكنولوجيات الرقمية في تحويل الزراعة من حيث إمكاناتها في تعزيز الزراعة المحكمة وتوسيع سُبل وصول الجميع إلى الآلات الزراعية. ويبحث هذا القسم عن كثب في الحالة الراهنة لتكنولوجيات الأتمتة الرقمية في الزراعة والدوافع الرئيسية وراء الأخذ بها، استنادًا إلى الأدلة المتاحة.

ويمثّل الاستخدام المستمر للتكنولوجيا أفضل مؤشر على فائدة التكنولوجيا لبعض المنتجين الزراعيين والأعمال الزراعية على الأقل.[48] وتوفِّر المؤلفات التي تتناول تطور الأتمتة الرقمية في الزراعة أفكارًا تغوص في فوائد الأتمتة وتحدياتها واتجاهات الأخذ بها. وباختصار، كان الأخذ بتكنولوجيا الأتمتة الرقمية في الزراعة مدفوعًا بقوتين رئيسيتين: ارتفاع الطلب على الأغذية في وجه تناقص الموارد الطبيعية؛ والتطورات في قطاعات الاقتصاد الأخرى، التي تدفع الابتكار في قطاع الزراعة.[48]

ولفهم الاتجاهات في تكنولوجيات الأتمتة الرقمية في الزراعة، يجب جمع المعلومات من مجموعة متنوعة من المصادر، لأن البيانات قليلة (خاصة في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل) وبالإضافة إلى ذلك، لا يجمع أي بلد ولا أي منظمة بيانات بطريقة منهجية عن استخدام تكنولوجيات الأتمتة الرقمية. ولا يُحقق التحليل الفردي سوى قيمة محدودة بسبب خصوصية التكنولوجيا والبلد المعني. ولا تتكون

الجدول 2 المعالم الرئيسية المختارة في الأتمتة الرقمية في الزراعة

السنة	التكنولوجيا أو النشاط	الشركة أو المنظمة	البلد	المرجع
1974	تحديد الهوية إلكترونيًا للثروة الحيوانية	جامعة ولاية مونتانا	الولايات المتحدة الأمريكية	Hanton and Leach, 1974[50]
1983	أمر تنفيذي يسمح باستخدام النظام العالمي لتحديد المواقع في الأغراض المدنية	حكومة الولايات المتحدة	الولايات المتحدة الأمريكية	Brustein, 2014[51] Rip and Hasik, 2002[52]
	المعالجة بالأسمدة ومبيدات الآفات باستخدام الطائرات المسيّرة	شركة ياماها	اليابان	Sheets, 2018[53]
1987	سمَّادات قائمة على تكنولوجيا المعدل المتغيِّر يتم التحكم فيها بواسطة الحاسوب	شركة Soil Teq	الولايات المتحدة الأمريكية	Mulla and Khosla, 2016[54]
1992	روبوت الحلب	شركة Lely	هولندا	Lely, 2022[55] Sharipov *et al.*, 2021[56]
1997	توجيه المعدات الزراعية باستخدام النظام العالمي لسواتل الملاحة	شركة Beeline	أستراليا	Rural Retailer, 2002[57]
	جهاز استشعار النيتروجين	شركة Yara	النرويج	Reusch, 1997[58]
2006	أجهزة التحكم في فوهة الرشاشات المؤتمتة	شركة Trimble	الولايات المتحدة الأمريكية	Trimble, 2006[59]
2009	آلات إغلاق صفوف الزراعة	شركة Ag Leader	الولايات المتحدة الأمريكية	Ag Leader, 2022[60]
2011	روبوت إزالة الأعشاب الضارة	شركة Ecorobotix شركة Naïo Technologies	سويسرا فرنسا	Ecorobotix, 2022[61] Naïo, 2022[62]
2013	نظام مساعدة مشغِّل آلة الضم والدراس	شركة Claas	ألمانيا	Claas, 2022[63]
2017	أول إنتاج للمحاصيل الحقلية بالتشغيل الذاتي الكامل	جامعة هاربر آدمز	المملكة المتحدة	Hands Free Hectare, 2018[64]
2018	قادوس غلال ذاتي التشغيل	شركة Smart Ag	الولايات المتحدة الأمريكية	Smart Ag, 2018[65]
2022	جرّار كبير ذاتي التشغيل	شركة John Deere	الولايات المتحدة الأمريكية	John Deere, 2022[66]

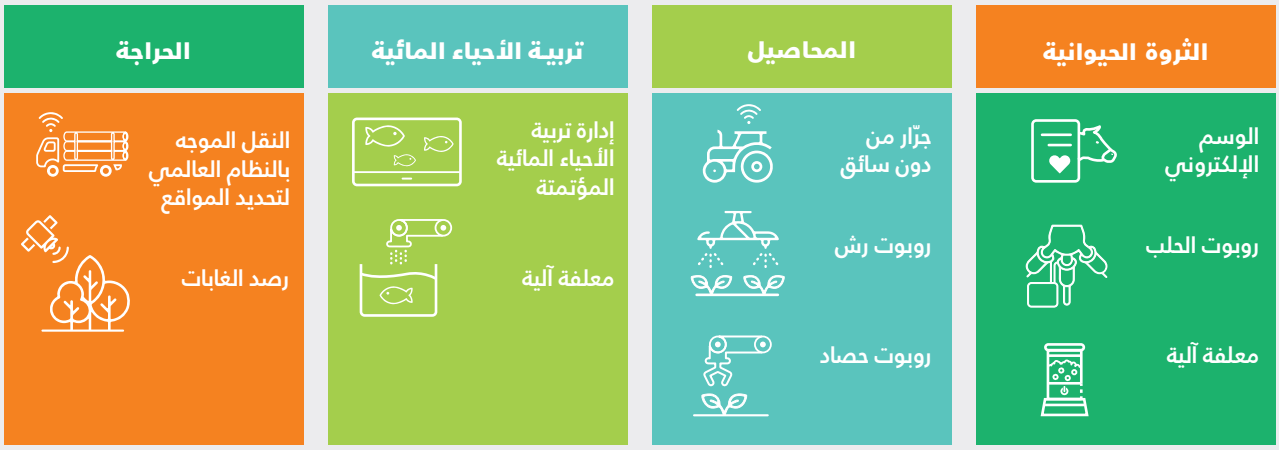
المصدر: Lowenberg–DeBoer، 2022.[48]

الأنماط إلّا عند النظر في المعلومات ككل. ويعرض الجدول 2 مجموعة مختارة من المعالم الرئيسية في الأتمتة الرقمية في الزراعة، مع الإشارة إلى القوة المحرِّكة الأولى لكل تكنولوجيا. وليس من السهل تحديد تاريخ إدخال كل تكنولوجيا على مستوى المنتجين، ولذلك فإن التواريخ والبلدان والتكنولوجيات الواردة في الجدول لا تدل إلّا على الأنماط العامة للأخذ بالتكنولوجيا؛ والواقع أن التكنولوجيا لا تظهر مكتملة التطور من المختبر أو استوديو التصميم قبل الانتقال إلى المزرعة. وعلى العكس من ذلك، فإن الأخذ بالتكنولوجيا عملية متكررة، وهي تبدأ بالبحث الأساسي لإظهار التطبيق المحتمل، ثم تحويل الأفكار العلمية إلى منتجات تجارية قابلة للاستخدام. واستنادًا إلى الشكل 2 (الصفحة 5)، يعرض الشكل 5 (الصفحة 30) أمثلة أخرى على التكنولوجيات التي يغطيها هذا الفصل مرتّبة تبعًا لنظام الإنتاج الزراعي. وهذه الأمثلة لا تعكس صورة التكنولوجيات الواردة في الجدول 2، بل تكملها.

تطورات الأتمتة في قطاع الإنتاج الحيواني

كما هو موضح في الجدول 2، ظهرت بعض تكنولوجيات الأتمتة الرقمية الأولى في قطاع الثروة الحيوانية. وأصبحت التربية الدقيقة للماشية ممكنة من خلال ربط أجهزة استشعار بالحيوانات أو بمعدات الحظائر لتشغيل التحكّم المناخي ورصد حالة صحة الحيوانات وتحركاتها واحتياجاتها، بما في ذلك ما يتعلق منها باستيلادها.[67] واستُحدثت عدة

الشكل 5 تكنولوجيات رقمية وروبوتات مختارة مزودة بالذكاء الصناعي بحسب نظام الإنتاج الزراعي



المصدر: أعدته منظمة الأغذية والزراعة لهذا التقرير.

تكنولوجيات للتربية الدقيقة للماشية، وهي تُيسِّر إدارة الحيوانات الفردية على أساس بطاقات التعرّف على الهوية إلكترونيًا، الأكثر شيوعًا في روبوتات الحلب، ما يتيح حلب الأبقار من دون تدخّل مباشر من الإنسان. وتستخدم آلة الحلب التقليدية تكنولوجيا التفريغ ولكنها لا تزال تتطلب مشغلًا بشريًا لتوصيلها بالحيوان ولإزالتها منه. ومن ناحية أخرى، يُستخدم التعرّف على الهوية إلكترونيًا لأتمتة العملية من خلال السماح لروبوت الحلب بالوصول إلى قاعدة بيانات لإحداثيات ضُروع أبقار محددة.[68] ويفتح هذا النظام المؤتمت بالكامل والمتكيِّف مع الإنتاج الحيواني آفاقًا كبيرة من حيث توفير الكلفة وزيادة الإنتاجية.[69] ومع ذلك، تتباين الأدلة على الفوائد المالية لروبوتات الحلب: فقد أشارت بعض الدراسات إلى أثر إيجابي،[72,71,70] بينما خلصت دراسات أخرى إلى أنها لا تحقق أي مكاسب مالية مقارنة بنُظم آلات الحلب التقليدية.[71] ولذلك، يبدو أن الأخذ بهذه التكنولوجيا مدفوع ليس فقط باعتبارات مالية، بل وكذلك باعتبارات اجتماعية، مثل زيادة المرونة في الجداول الزمنية للعمل والنوعية الأفضل للحياة – وهي عوامل مهمة بصفة خاصة للمزارع الصغيرة والمتوسطة الحجم. غير أنه منذ عهد أقرب، انضمت مزارع الألبان الأكبر حجمًا (التي تضم أكثر من 1 000 رأس من الأبقار) إلى المزارع المتوسطة الحجم في الأخذ بنُظم الحلب الروبوتية بسبب نقص العمالة. ولذلك، يمكن أن يستند قرار استخدام الحلب الآلي إلى اعتبارات مختلفة تمامًا في مزارع الألبان الأكبر حجمًا.[48] ويعرض الإطار 5 أمثلة على الأتمتة الرقمية للإنتاج الحيواني في أفريقيا وأوروبا وأمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي.

واتسعت المبيعات العالمية من نُظم الحلب المؤتمتة من 1.2 مليار دولار أمريكي في عام 2016 إلى 1.6 مليارات دولار أمريكي في عام 2019، ما يشير إلى تزايد الطلب، وإن كان متركزًا في البلدان المرتفعة الدخل، وكانت بلدان مثل ألمانيا وهولندا والمملكة المتحدة في طليعة البلدان التي أخذت بهذه النُظم.[74,73] والواقع أنه بينما لا تتوافر إحصاءات عن الأخذ بهذه النُظم في مختلف الأقاليم والبلدان، تُشير الأدلة إلى أن الأخذ بها ينحصر في البلدان المرتفعة الدخل، ومعظمها في شمال أوروبا.[75] ومما يدفع الطلب نقص اليد العاملة الريفية بالاقتران مع تحوّل بين الأجيال. ويُظهر الجدول 2 (الصفحة 29) أن أول نظام تجاري مؤتمت للحلب استُخدم في هولندا في عام 1992؛ وانتشر منذ ذلك الحين إلى بلدان أخرى.[69] ويُشير عدم وجود بيانات عن البلدان

الإطار 5 الأتمتة الرقمية للإنتاج الحيواني: أمثلة من أمريكا اللاتينية وأفريقيا وأوروبا

نشأت شركة Cattler في الأرجنتين في عام 2019، ولكنها وسّعت أعمالها منذ ذلك الحين ووصلت إلى بلدان أخرى، بما فيها باراغواي وأورغواي ثم منذ عهد أقرب البرازيل والولايات المتحدة الأمريكية. وتُقدّم الشركة نظامًا مؤتمتًا لإدارة مزارع الأبقار بالاستناد إلى المعلومات الساتلية، وتوفّر تعقيبات وأفكارًا لتحسين إدارتها. وتستهدف الشركة المزارع المتوسطة الحجم بدلًا من المزارع الأكبر حجمًا. ووفقًا للشركة فإن الدافع الرئيسي الكامن وراء الأخذ بالأتمتة الرقمية هو الحاجة إلى تبسيط العمليات وتحقيق عائد على الاستثمار.

وفي بوركينا فاسو ومالي، وقريبًا في النيجر، وبدعم من منظمة التنمية الهولندية، توفّر شركة GARBAL معلومات تحذيرية عن الإنتاج الحيواني وإنتاج المحاصيل بما يناسب إلى حدّ كبير كل سياق على حدة، وكذلك معلومات عن أسواق الأعلاف والألبان والحبوب. وساعدت الحلول الرقمية التي تُركز بشكل خاص على النساء والشباب، صغار المنتجين والرعاة المتضررين من تغيُّر المناخ في منطقة الساحل على اتخاذ القرارات المتعلقة بأراضي المراعي، وهجرة القطعان، والطقس، ومختلف ممارسات الزراعة. وتعتمد الحلول على الصور الساتلية، والرسائل النصية القصيرة عبر الهاتف المحمول، وبيانات الخدمة التكميلية غير المهيكلة، ومركز اتصالات يعمل فيه مشغّلون محليون يتكلمون اللغات المحلية. ويجعل استخدام الهواتف المحمولة هذا الحل سهل المنال إلى حد كبير. وكان الدافع وراء ذلك، في جملة أمور، الشراكات بين القطاعين العام والخاص، والإعانات، والعمل مع منظمات المزارعين والرعاة المحلية، وسدّ الفجوة بين المعارف التقليدية والعلمية. وتمثلت التحديات الرئيسية في الحاجة إلى حلول خاصة بكل سياق إلى حد كبير، والحالة الأمنية في بعض البلدان، والمتطلبات الكبيرة في مجال بناء القدرات، ومشاكل التوصيل الإلكتروني واستقبال الشبكات، ومسائل جودة البيانات.

وتُقدّم شركة Lely، وهي شركة عائلية في هولندا، الروبوتات بالإضافة إلى حلول برمجيات الإدارة لمزارع إنتاج الألبان، مستهدفة المنتجين على المستويين المتوسط والكبير، الذين لديهم أكثر من 100 بقرة، ولكنها لا تستهدف حتى الآن المزارع الكبرى. والتكنولوجيات الرئيسية التي تستخدمها الشركة هي روبوتات الحلب الثابتة، وتليها روبوتات التسميد وروبوتات التغذية. وتُحسِّن حصّادات العشب الروبوتية إنتاج العشب، بينما تُركز المنتجات المقبلة على الحد من الانبعاثات. ويُستكمل ذلك ببرمجيات لإدارة جميع عمليات المزارع، بما في ذلك المعلومات المتعلقة برعاية الحيوان. ويمكن للتكنولوجيا المقترحة أن تُعالج مسائل محدودية توافر اليد العاملة، ولوائح تنظيم الانبعاثات، ورعاية الحيوان. وتتمثل الدوافع الرئيسية الكامنة وراء الأخذ بهذه التكنولوجيا في كفاءة استخدام الطاقة، والحد من استخدام المواد الكيميائية، ونقص اليد العاملة.

المصدر: Ceccarelli وآخرون، 2022.[2]

المنخفضة والمتوسطة الدخل إلى أن التكنولوجيا تكاد تكون غائبة هناك.[76,48]

وبالإضافة إلى آلات الحلب، هناك أيضًا تكنولوجيات للتغذية المؤتمتة بمقادير متباينة من المركزات للأبقار استنادًا إلى إنتاجها من الحليب.[77] وينطبق الأمر نفسه على الدواجن التي تستند نُظم تغذيتها إلى وزن الطيور وأعداد البيض، ويستند التحكم المحوسب في التهوية إلى درجة الحرارة والرطوبة.[78] ولكنّ البيانات والأدلة المتعلقة باتجاهات ودوافع الأخذ بهذه التكنولوجيات أكثر ندرة.

تطورات الأتمتة في قطاع إنتاج المحاصيل

تنطوي أتمتة إنتاج المحاصيل على استخدام كثير من تكنولوجيات الزراعة الدقيقة، وهي تكنولوجيا المعدل المتغيِّر، والنظام العالمي لسواتل الملاحة، والروبوتات، والطائرات المسيَّرة، والذكاء الاصطناعي. وتتطلب هذه التكنولوجيات جمع بيانات مكانية استنادًا إلى نظام للمعلومات الجغرافية، باستخدام معلومات مستمدة من نماذج محاكاة المحاصيل لتحديد كمية المدخلات اللازمة لتحقيق أقصى قدر من الغلة والربح.[67] وتستند هذه التطبيقات إلى أجهزة الاستشعار، بما في ذلك الاستشعار عن قرب (على سبيل المثال، قياس النيتروجين في التربة) والاستشعار عن بُعد (على سبيل المثال، التصوير الساتلي). وتبعًا لإمكانية الاتصال الإلكتروني، يمكن للمشغلين تبادل هذه البيانات مع أصحاب المصلحة من خلال الهواتف

الذكية والتطبيقات السهلة الاستخدام التي تعرض البيانات بطريقة بسيطة.[35]

ويتفاوت الأخذ بالأتمتة تبعًا للسلعة الزراعية والكلفة الرأسمالية ومعدل الأجور وغير ذلك من العوامل الاقتصادية. وعلى أي حال، فإن الأخذ بالأتمتة من جانب صغار المنتجين الزراعيين يكاد لا يُذكر؛ ويرجع السبب وراء ذلك إلى عدم وجود أي بحوث تقريبًا بشأن تكييفها مع الزراعة صغيرة النطاق، وليس من السهل نقل التكنولوجيا من العمليات المميكنة إلى العمليات غير المميكنة.

وأكثر ما يُستخدم على نطاق واسع في إنتاج المحاصيل هو الأجهزة العالمية لسواتل الملاحة وتكنولوجيات المعدل المتغيِّر المتوافقة مع الآلات المزوَّدة بمحركات، للتمكين من التوجيه الآلي واستخدام المدخلات أثناء الحركة. ومن الدوافع الرئيسية للأخذ بالتكنولوجيات القائمة على الأجهزة العالمية لسواتل الملاحة قدرتها أثناء استخدام المدخلات (على سبيل المثال، الأسمدة) للقضاء على التخطي العرضي والتداخل بين النباتات، وهو ما يتجسد في شكل وفورات في المدخلات. وتشمل الدوافع الأخرى تقليل إجهاد المشغّلين، وقدرة أفراد الأسرة على العمل لساعات أطول، والمرونة في تأجير السائقين (لأنهم لا يحتاجون إلى مهارات عالية أو خبرة كبيرة)، والفوائد البيئية (نظرًا إلى وجود عدد أقل من التطبيقات المتداخلة)، بالإضافة إلى المزايا الأخرى التي يصعب تحديدها كميًا والمرتبطة أكثر بالآثار الجانبية للأخذ بالتكنولوجيا. وساعدت أيضًا فوائد التوجيه باستخدام الأجهزة العالمية لسواتل الملاحة التي يمكن أن تكون ملموسة بصورة سريعة (على سبيل المثال، يمكن أن تكون وفورات المدخلات الناشئة عن الحد من التداخل شبه فورية) وملحوظة للمُزارع وجيرانه (على سبيل المثال، شرائط الأعشاب الضارة التي تنشأ عن حالات تخطي مبيدات الأعشاب تكون مستهجنة داخل المجتمع الزراعي) على الأخذ بالتكنولوجيا.[48]

وتحدّ تكنولوجيات العائد المتغيِّر من استخدام المدخلات وتحقق المستوى الأمثل لغلات المحاصيل، ما يعود بفوائد بيئية، وخاصة إذا كانت تُقلل من الاستخدام المفرط. وهناك أدلة متباينة بشأن زيادة الربحية الناشئة عن السمّادات التي تستخدم تكنولوجيا العائد المتغيِّر،[80,79] ويُفسر ذلك تواضع معدلات الأخذ بسمّادات تكنولوجيا العائد المتغيِّر القائمة على الخرائط في جميع أنحاء العالم – ثم غالبًا الحالات التي يكون فيها مستوى الربحية متسقًا (على سبيل المثال، معالجة الشمندر السكري بالنيتروجين).

وفي فئة الأتمتة الأكثر تقدمًا، دخلت روبوتات المحاصيل الذاتية التشغيل طور الاستخدام التجاري في الآونة الأخيرة فقط. وتظهر في الغالب في البلدان المرتفعة الدخل (مثل فرنسا) لإزالة الأعشاب الضارة من الخضار العضوي والشمندر السكري.[81] وتزامن مشروع Hands Free Hectare – وهو مشروع أنشئ في المملكة المتحدة في عام 2016 لتطوير وعرض الأتمتة الزراعية – مع أول تجربة إيضاحية عامة لآلات المحاصيل الذاتية التشغيل التي تُشارك في إنتاج محصول تجاري وحصاده.[64] ومنذ ذلك الحين، أعلن المصنعون عن إنتاج آلات ذاتية التشغيل (انظر الجدول 2 في الصفحة 29)، ويعكف حاليًا أكثر من 40 شركة ناشئة على تطوير تلك الآلات. وترتبط الروبوتات الذاتية التشغيل المستخدمة في إنتاج المحاصيل بوفورات اليد العاملة، وتحسين توقيت العمليات، وزيادة دقة استخدام المدخلات، والحد من تراص التربة، وخاصة أسراب الروبوتات الأصغر حجمًا. وتبيّن من استعراض شمل 18 حالة أن روبوتات المحاصيل الذاتية التشغيل المستخدمة في الحصاد والبذر وإزالة الأعشاب الضارة كانت مجدية اقتصاديًا في ظروف معيّنة.[82]

وفي بعض البلدان، تتطلب آلات المحاصيل الذاتية التشغيل إشرافًا من الإنسان داخل الموقع في جميع الأوقات، وفي هذه الحالة، قد يكون من الأفضل للمُزارع استخدام المعدات التقليدية.[83] ووجدت دراسة واحدة أن الإشراف عن بُعد (على سبيل المثال، من مكتب المزرعة) هو الأمثل فقط إذا كانت العملية الذاتية التشغيل خالية نسبيًا من المتاعب.[84] وأكدت الدراسة الحاجة إلى قدرة أكبر في مجال الذكاء الاصطناعي لتمكين الآلة الذاتية التشغيل من حل مسائل أكثر من دون تدخل من الإنسان. وبالمثل، يمكن أن تؤدي قيود السرعة المفروضة على آلات المحاصيل الذاتية التشغيل، مثلما في الولايات المتحدة الأمريكية، إلى جعلها غير مجزية.[85]

وهناك مقترحات لتطوير آلات محاصيل ذاتية التشغيل صغيرة ومنخفضة الكلفة للمزارع الصغيرة والمتوسطة الحجم كجزء من الحل لنقص اليد العاملة الزراعية في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل، ويمكن أن يعود ذلك بفوائد، وخاصة على الشباب الريفيين.[89,88,87,86] ومما يؤسف عدم إجراء تحليلات جدوى في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل. ومع ذلك تُشير المؤلفات المتاحة إلى أن الأخذ بالروبوتات الذاتية التشغيل في هذه البلدان ينطوي على الفوائد المحتملة التالية: (1) تقليل المتطلبات من اليد العاملة البشرية في حالات ندرة العمالة؛ (2) وخفض الكلفة وتقليل وفورات الحجم، وضمان إمكانية وصول التكنولوجيات إلى المزارع الصغيرة التي تستخدم المميكنة

الإطار 6 التكنولوجيات الجديدة في مجال تربية الأحياء المائية: أمثلة من الهند والمكسيك

أثبتت تربية الأحياء المائية بالفعل دورها الحاسم في الأمن الغذائي العالمي والتغذية، وتُشكل أحد أكبر مصادر البروتينات الحيوانية في العالم، ويزداد إنتاجها بنسبة 7.5 في المائة سنويًا منذ عام 1970.[95] وبالنظر إلى قدرة تربية الأحياء المائية على تحقيق مزيد من النمو، وبالنظر أيضًا إلى ضخامة التحديات البيئية التي يواجهها القطاع أثناء تكثيف الإنتاج، من الضروري وضع استراتيجيات جديدة للتطوير المستدام لتربية الأحياء المائية. وتحتاج هذه الاستراتيجيات إلى تسخير التطورات التقنية في مجالات مثل الأعلاف، والانتقاء الجيني، والأمن البيولوجي، ومكافحة الأمراض، والابتكار الرقمي. وهذا بدوره يمكن أن يعزز الدقة، ويُحسّن اتخاذ القرارات، ويُيسّر الرصد المستقل والمستمر للأسماك، ويُقلل من الاعتماد على العمل اليدوي، ويمكن بالتالي أن يُحسّن سلامة الموظفين وصحة الأسماك ورعايتها، ويمكن أن يزيد في الوقت نفسه أيضًا الإنتاجية والغلة والاستدامة البيئية.[96]

ومن الأمثلة على ذلك شركة Aquaconnect في الهند. ومع أن الهند واحدة من أكبر منتجي تربية الأحياء المائية في العالم، حيث بلغ حصاد مصيدها 7 ملايين طن في عام 2018،[95] تفتقر الصناعة إلى الشفافية وتتميَّز بعدم كفاءة سلاسل القيمة. وتستخدم شركة Aquaconnect تقنيات الذكاء الاصطناعي وتكنولوجيات الاستشعار الساتلي لمراقبة أداء مزارع تربية الأحياء المائية وتزويد مستزرعي الإربيان والأسماك (ومعظمهم من صغار أو متوسطي المستزرعين) بالمشورة لزيادة الإنتاجية. ويقترن هذا الحل بمنصة متعددة القنوات تبيع مدخلات المزارع بأسعار ميسورة الكلفة. وهي تسدّ أيضًا الفجوة بين المزارعين والمؤسسات المالية وتُحسّن الروابط مع الأسواق. وتُساعد هذه الحلول حاليًا أكثر من 60 000 من مستزرعي الأسماك والإربيان في جميع أنحاء الهند لزيادة الإنتاجية وتعزيز الروابط مع الأسواق وتحسين الوصول إلى خدمات الائتمان والتأمين الرسمية.[1] وبالتوازي مع ذلك، خصّصت حكومة الهند نحو 3 مليارات دولار أمريكي لتحديث الزراعة، بما في ذلك سلاسل قيمة تربية الأحياء المائية ومصايد الأسماك، وأعربت عن اهتمامها بدعم المبادرات (على سبيل المثال، الشركات الناشئة) التي تُنفذ التكنولوجيات وتُعزز الابتكار.

ومن المشاريع الطموحة الأخرى التي تُبشِّر بإحداث تحوّل في قطاع تربية الأحياء المائية مشروع Shrimpbox، وهو أول مزرعة روبوتية للإربيان في العالم تم تطويرها في Oaxaca بالمكسيك (انظر دراسة حالة شركة Atarraya في الملحق 1). وتوفِّر التكنولوجيا نُظمًا مؤتمتة يمكن رصدها عن بُعد باستخدام برمجيات قادرة على التعلّم واتخاذ القرارات. وتُشكل النُظم جزءًا لا يتجزأ من المكافحة البيولوجية القائمة على الأساليب الميكروبية للحد من تراكم النترات، والوقاية من الأمراض، وتوفير المياه في إنتاج الإربيان، ما يؤدي إلى تحقيق تخفيضات كبيرة في استهلاك المياه، ومتطلبات اليد العاملة، ومخاطر الأمراض، والخسائر.[2] ووفقًا لمستنبطي هذه التكنولوجيا، يمكن للمزرعة الروبوتية إنتاج ما تنتجه مزرعة تقليدية تبلغ مساحتها 100 هكتار في مساحة تبلغ 0.5 هكتارات مستخدمة فقط 5 في المائة من المياه، مع بقائها خالية من المضادات الحيوية.[97] ويمكن لشركة Shrimpbox استزراع الإربيان في المناخات الأكثر برودة ومن دون الوصول إلى المحيطات. ويعني ذلك بدوره أنه يمكن توصيل الإربيان الطازج العالي الجودة إلى الأقاليم التي تعتمد اليوم على واردات المنتجات المجمَّدة.

وتُمثّل شركة Aquaconnect وشركة Shrimpbox مجرد مثالين على التكنولوجيات الجديدة التي تهدف إلى جعل عملية تربية الأحياء المائية أكثر استدامة وشمولًا وكفاءة. ولكن ينبغي إعطاء الأولوية لزيادة تطوير تربية الأحياء المائية في أفريقيا وفي سائر الأقاليم التي لا يزال فيها التطور التكنولوجي متخلفًا، وتزداد فيها حدة انعدام الأمن الغذائي وسوء التغذية.

التقليدية؛ (3) والقدرة على استخدام التكنولوجيات في الحقول ذات الأشكال غير المنتظمة بطريقة فعالة من حيث الكلفة، وتجنب إعادة تشكيل المناظر الطبيعية الريفية إلى حقول مستطيلة كبيرة (حيث الميكنة التقليدية أكثر كفاءة)، وهي عملية تؤدي إلى حدوث اختلالات في المجتمعات المحلية.

وتُستخدم الطائرات المسيَّرة لجمع المعلومات ولأتمتة المعالجة بالمدخلات، على غرار تكنولوجيات العائد المتغيِّر القائمة على الخرائط. غير أن استخدامها مرهون في كثير من الأحيان بضوابط صارمة بسبب المخاوف بشأن الاستخدام المفرط للمدخلات وانجراف مبيدات الآفات وأخطار الطيران.[91,90] وعلى سبيل المثال، لا يُسمح باستخدام الطائرات المسيَّرة في المملكة المتحدة إلّا للمعالجة بمبيدات الأعشاب في المواقع التي يتعذر الوصول إليها في ظروف مقيَّدة. وفي المقابل، تسمح سويسرا باستخدام الطائرات المسيَّرة في المعالجة بالمدخلات، ما قد يُشجع الدول الأوروبية الأخرى على أن تحذو حذوها.[92,83] «

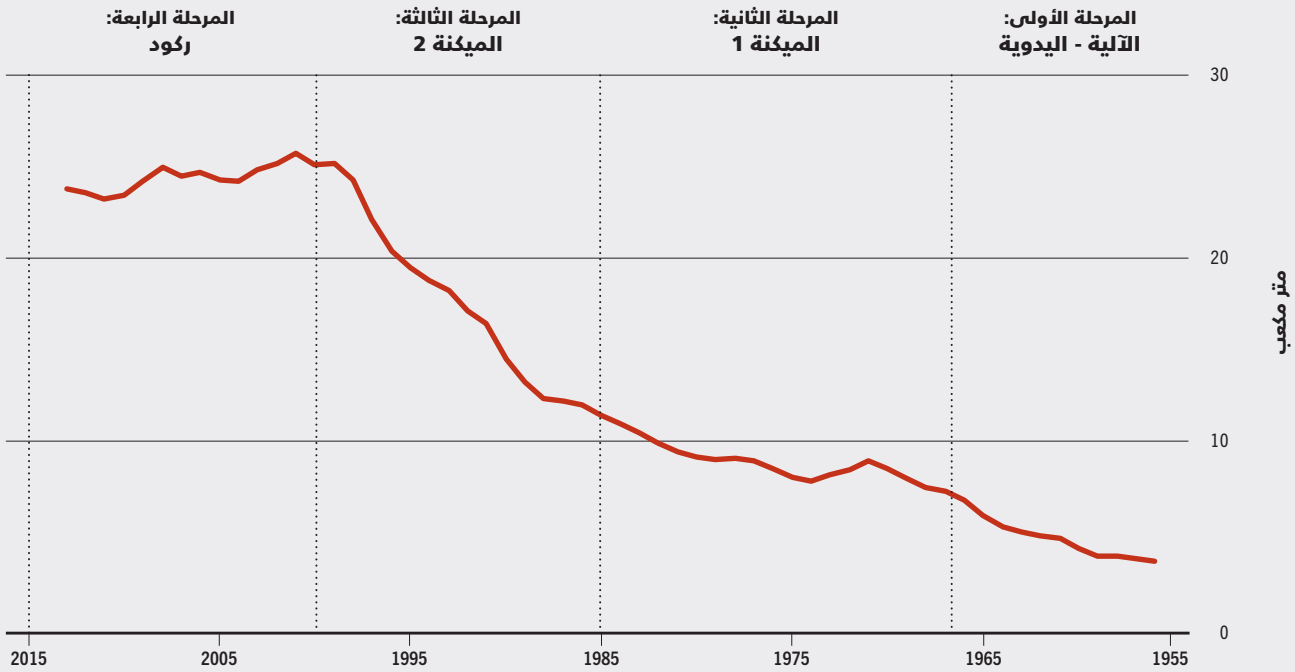
الإطار 7 تطور قطاع الغابات: الميكنة والأتمتة الرقمية

كان العمل في قطاع الغابات على مرّ التاريخ محفوفًا بمشقة مادية وأخطار محتملة، وخاصة في مرحلة حصاد الأخشاب. وتتطلب النُظم ذات المدخلات التكنولوجية المنخفضة طاقمًا خاصًا لقطع الأشجار يتألف من حطّاب ومعاون حطّاب، مع مجموعة إضافية من العمال لتقليم الفروع. وحالما تُقلّم الفروع، يقوم فريق متخصص آخر مؤلف من واضع علامات، وعامل تقطيع وما يتراوح بين اثنين وثلاثة من عمال الجرّ، بقطع جذوع الأشجار.[100] ونظرًا لمتطلبات العمل الصعبة والخطر الذي يتعرّض له العمال، أصبحت الأساليب اليدوية لقطع الأشجار أقل شيوعًا الآن.

وفي خمسينات القرن الماضي، بدأت عملية للارتقاء بقطاع قطع الأخشاب للتحوّل من الاعتماد بشكل أساسي على العمل اليدوي إلى الميكنة والأتمتة الجزئية. ويمكن تقسيم حصاد الغابات إلى أربع مراحل مميَّزة: القطل، والاستخلاص من الغابة، والفرز والتحميل في موقع الإنزال، والنقل إلى السوق. وتستطيع حاليًا آلات الحصاد إجراء عمليات متعددة (القطل والاستخلاص والتقطيع العرضي والفرز). وأدّت هذه الآلات إلى زيادة كبيرة في الكفاءة وتحسين ظروف العمل. وتشمل مزايا الميكنة والأتمتة الرقمية سلامة مشغّلي الحصّادات وراحتهم. وفي هذه العملية، ازدادت إنتاجية اليد العاملة بصورة كبيرة. وفي السويد، ازدادت إنتاجية كل عامل بمقدار ستة أضعاف في الفترة من عام 1960 إلى عام 2010 (انظر الشكل).

حتى في نُظم قطع الأشجار الأكثر اعتمادًا على الميكنة، تُمثّل اليد العاملة في العادة ما يتراوح بين 30 و40 في المائة تقريبًا من كلفة التشغيل في البلدان الأوروبية.[102] وتتميَّز بيئة العمل بأنها مرهقة لأن المشغّلين يحتاجون إلى اتخاذ العديد من القرارات بسرعة، والمناورة بالآلات المعقَّدة وتحديد الاختلافات في جودة الأخشاب، ما يحد بالتالي من عدد الساعات التي يمكنهم العمل فيها. ولذلك فإن إحدى طرق زيادة الإنتاجية تتمثل في رفع مستوى الأتمتة. ويعتمد الأخذ بالمعدات الذاتية التشغيل على الإنتاجية والكلفة التشغيلية. ومع أن الآلة الذاتية التشغيل أبطأ بصفة عامة من المعدات التي يتعامل

الشكل حجم الأخشاب القائم لكل يوم عمل في قطاع الحراجة السويدي، المتوسط المتحرّك لثلاث سنوات



المصدر: SkogForsk، على النحو الوارد في McKinsey وشركائه، 2020.[101]

الإطار 7 (تتمة)

معها المشغِّل، لا يزال من الممكن أن تحقق فعالية أكبر من حيث الكلفة؛ ويمكن أن تسمح الآلات شبه الآلية للمشغِّل بتشغيل آلات متعددة في آن واحد.

ويمكن بسهولة تحويل معظم آلات الغابات الحديثة بحيث يمكن التحكم فيها عن بُعد بكلفة منخفضة نسبيًا، وتتاح بالفعل العديد من الخيارات العملية. وكما لوحظ، عادة ما يكون تشغيل الآلة أبطأ – ويكون أبطأ كثيرًا إذا كانت المهمة معقدة – ولن يُستخدم في عمليات الغابات استنادًا فقط إلى تحسين الإنتاجية. ومع ذلك، يمكن النظر في الأخذ بها لأسباب أخرى: حماية سلامة المشغِّل، أو عندما يكون المشغِّل المتفرغ في الموقع عاطل عن العمل.

ولا توجد حاليًا نُظم ذاتية التشغيل تمامًا في مجال حصاد الأخشاب. ومع ذلك، فإن استخلاص السيقان والجذوع ونقلها لاحقًا باستخدام نُظم موجهة بالنظام العالمي لتحديد المواقع حُددت على أنها أول عمليات روبوتية محتملة، ويمكن تحقيقها قريبًا باستثمارات متواضعة في البحث والتطوير. وقد يصبح قطع الأشجار مجديًا من الناحية الاقتصادية على المدى الأطول، ولكن ذلك سيتطلب استثمارات كبيرة في البحث والتطوير.[103] وأخيرًا، يُمثّل النقل البري لجذوع الأشجار المحصودة جانبًا من جوانب عمليات الغابات التي تحتاج إلى تحسين الإنتاجية في سلسلة إمدادات الأخشاب. وهناك تطورات سريعة في تكنولوجيا الشاحنات التي تعمل من دون سائق، ما يُقلل من متطلبات العمالة وبالتالي كلفة النقل بالشاحنات الذاتية التشغيل. وفي ما يتعلق بحركة الشاحنات على الطرق العامة الوعرة، بدأ بالفعل استخدام مركبات ذاتية التشغيل في عمليات التعدين، ما يجعل التوسّع في قطاع الغابات إمكانية حقيقية.

ويجري أيضًا تطوير نُظم حصاد جديدة أكثر مراعاة للبيئة. ويمكن لحصّادة المشي أن تتغلّب حاليًا على تحدي الحصاد على طبيعة الغابات الشديدة الانحدار أو الحساسة أو غير المستوية. ويتمثل أحد الأهداف في الحد من الأثر السلبي على تربة الغابات من خلال التلامس المباشر مع الأرض من دون ترك المسار المستمر للحصّادات ذات العجلات أو المجنزرة.[103] وفي حين أن هذه النُظم لا تزال بعيدة عن المرحلة التجارية فإن حصادة الغابات المتأرجحة في نيوزيلندا تعمل من دون ملامسة تربة الغابة. وهي تعمل بصورة مستقلة عن ظروف الطبيعة (الانحدار والخشونة وما إلى ذلك) من خلال البقاء فوق الأرض والانتقال من شجرة إلى أخرى باستخدام الأشجار نفسها كدعامة، وبالتالي الحد من اختلال التربة.[104]

ويمكن أن تكون هذه التطورات المراعية للبيئة ذات قيمة في الغابات التي يمكن أن يتسبب فيها استخدام الميكنة الآلية في عمليات الحصاد في تراص التربة وتآكلها، فضلًا عن فقدان التنوع البيولوجي. وأخيرًا، إذا اعتُبرت الفوائد التي توفرها الغابات أكبر بكثير من إنتاج الأخشاب – فهي تشمل تخزين الكربون والمنتجات الحرجية غير الخشبية، ومنع تآكل التربة، وتنقية المياه، والاستجمام – فمن المهم تقييم الدور الذي يمكن أن تقوم به أيضًا الأتمتة الرقمية التي تستخدم أجهزة الاستشعار في زيادة قيمة هذه الفوائد. ومن الأمثلة المهمة على ذلك رصد إزالة الغابات، وتحديدًا العمليات غير القانونية، باستخدام البيانات الساتلية. وازدادت إلى حد كبير القدرة على رصد إزالة الغابات من حيث دقة البيانات، وهي متاحة حاليًا على المستوى العالمي بدقة تبلغ 5 أمتار على أساس شهري. ومن الأمثلة الملموسة في حوض الأمازون الكشف عن فقدان الغابات بسبب مزارع نخيل الزيت الآخذة في التوسّع إلى مناطق أراضي السكان الأصليين في إكوادور.[105] ويمثّل توافر هذه البيانات مجانًا، مع تغطيتها النطاق العالمي، مثالًا رائعًا على الطريقة التي يمكن بها استخدام الحلول الرقمية في تشخيص المشاكل.

» وقدّم حوالي 14 في المائة من تجار التجزئة الزراعيين في الولايات المتحدة الأمريكية خدمات المعالجة بالمدخلات باستخدام الطائرات المسيَّرة في عام 2021، ومن المتوقع أن يزداد هذا العدد إلى 29 في المائة بحلول عام 2024.[92] ويشيع أيضًا استخدام الطائرات المسيَّرة في المعالجة بالمدخلات في بعض البلدان المتوسطة الدخل، مثل البرازيل والصين.[93]

بعض التطورات الأقل شيوعًا في مجال الأتمتة: تربية الأحياء المائية والغابات وإنتاج المحاصيل في بيئة يتم التحكم فيها

تزداد الأتمتة الرقمية في قطاع تربية الأحياء المائية استجابة لندرة اليد العاملة وارتفاع الأجور. وتُستخدم على نطاق واسع ابتكارات أتمتة التغذية والرصد رغم ارتفاع كلفة الاستثمارات، لأنها تقلل إلى أدنى حد من اليد العاملة

وغيرها من كلفة الإنتاج المتغيِّرة وتُخفض متطلبات العمالة لتقتصر على عدد من المشغلين ذوي المهارة العالية.[94] ويعرض الإطار 6 الابتكارات الحديثة في مجال تربية الأحياء المائية في الهند والمكسيك.

وفي قطاع الغابات، ترتفع بالفعل معدلات الأتمتة في كثير من عمليات الحصاد، حيث تُستخدم آلات مزوّدة بمحركات يتم تطويرها تدريجيًا بأدوات رقمية. ومنذ عهد أقرب، تُمهِّد تكنولوجيات الأجهزة المحمولة، بالاقتران مع تقنيات الواقع الافتراضي والاستشعار عن بُعد، الطريق أمام الآلات المؤتمتة المتقدمة في قطاع الغابات. وتُشكل آلات حصاد الأشجار وحملها – وهي آلات متقدمة تستخدم في قطع الأخشاب ونقلها – حاليًا هدفًا رئيسيًا لجهود الأتمتة.[98] ويزداد انتشار التكنولوجيات الرقمية الجديدة. وكشف استعراض أُجري مؤخرًا عن تركيز قوي على الابتكارات القائمة على الاستشعار عن بُعد في رصد الغابات وتخطيطها وإدارتها، حيث تؤدي تقنيات تعلّم الآلة أيضًا دورًا مهمًا في جمع البيانات ومعالجتها وتحليلها. ومن المرجّح أن يطرح استمرار الأخذ بالأدوات الرقمية أسئلة جديدة حول النُظم الإيكولوجية للغابات بوصفها مناظر طبيعية اجتماعية وإيكولوجية وتكنولوجية. وينبغي للبحوث المقبلة أن تبحث على نحو أوثق كيفية توقّع الباحثين والمديرين وأصحاب المصلحة في مجال الغابات عدم اليقين البيئي والتكنولوجي في النظام الإيكولوجي للغابات والتكيُّف معه.[99] ويُلخص الإطار 7 تطور قطاع الغابات من حيث الميكنة وإمكانات الأتمتة الرقمية.

ومن المجالات الأخرى التي تنطوي فيها الأتمتة الرقمية على إمكانات، الزراعة في البيئة التي يتم التحكم فيها والتي تشمل الزراعة في الدفيئات والزراعة العمودية. وتُمثّل الدفيئات أكثر الأشكال شيوعًا في مجال الزراعة في البيئة التي يتم التحكم فيها. وهي بطبيعتها قابلة للرصد البيئي ويمكن التحكم فيها والوصول بها إلى المستوى الأمثل. وأدّت الابتكارات في أجهزة الاستشعار والأدوات المنخفضة من حيث الكلفة واستهلاك الطاقة، وأجهزة الاتصالات وعمليات معالجة البيانات وتطبيقات الهواتف المحمولة، إلى جانب التطورات التكنولوجية في التصميم، ونماذج المحاكاة، والهندسة في مجال الزراعة البستانية، إلى تحوّل من الدفيئات التقليدية إلى البيئات الذكية التي يتم التحكم فيها.[106] وتُشير الشركات الناشئة المتخصصة في زراعة البيئات التي يتم التحكم فيها، مثل شركة Food Autonomy في هنغاريا وشركة ioCrops في جمهورية كوريا وشركة UrbanaGrow في شيلي، إلى إمكانات حقيقية في هذا المجال.[2]

وقبل الشروع في تطوير تجاري واسع النطاق، يتعين إجراء تحليل اقتصادي دقيق، نظرًا إلى ارتفاع الكلفة الاستهلالية التي تتطلبها أتمتة الدفيئات الزراعية والزراعة العمودية.[106] وعلى غرار جميع التكنولوجيات التي يعرضها هذا الفصل، فإن كلفة زيادة الأتمتة مقارنة بزيادة الربحية تُمثّل عنصرًا رئيسيًا وينبغي مراعاتها في الدراسات المقبلة لتبرير زيادة مستويات الأتمتة. ■

الاستنتاجات

عرض هذا الفصل اتجاهات الميكنة الآلية في نُظم الإنتاج الزراعي وناقش الدوافع الكامنة وراءها، وكذلك أحدث تكنولوجيات الأتمتة الرقمية. وسلط الضوء على التفاوتات الواسعة في الميكنة في العالم: فقد أظهرت آسيا وأمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي تقدمًا كبيرًا في ما يتعلق بالميكنة، وهو تقدم مدفوع بتطور نظام الزراعة، والتحوّل الهيكلي، والتوسع الحضري، بينما كان التقدم محدودًا في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى. وناقش هذا الفصل أيضًا الطريقة التي استُخدمت بها الأتمتة الرقمية والحالات التي استُخدمت فيها بنجاح في الزراعة وإمكاناتها في إحداث تحوّل في استخدام الآلات الزراعية.

وتبدأ أي مناقشة لفوائد الميكنة والأتمتة الرقمية في الزراعة في العادة بوفورات اليد العاملة، ولكنها سرعان ما تنتقل إلى ميزات أخرى. وفي حالة الميكنة الآلية فإن أبرز فائدة هي تقليل المشقة، بالإضافة إلى دقة تحسين توقيت العمليات في مواجهة اليد العاملة الزراعية الشحيحة والموسمية. وفي حين ترتبط الميكنة بآثار إيجابية متعلقة بإنتاجية اليد العاملة، والحد من الفقر، والأمن الغذائي، وتحسّن التغذية والصحة والرفاه، فإنها تطرح أيضًا مخاوف بشأن البطالة،[107] وفقدان التنوع البيولوجي،[109،108] وتدهور الأراضي،[110،15] وتزايد التفاوتات بين المزارع الصغيرة والكبيرة.[112،111] ويبدو أن هذه المخاوف نابعة بشكل أساسي من هيمنة الآلات الكبيرة المزوّدة بمحركات التي تشغلها الجرّارات الكبيرة ذات العجلات الأربع.[114،113،7]

وتدّعي المؤلفات المتعلقة بالأتمتة الرقمية أن بوسعها أن تعكس مسار بعض ما سبقت الإشارة إليه من تحديات اجتماعية وبيئية تنطوي عليها الميكنة الآلية.[48] وتشمل أمثلة الفوائد: العمليات الحقلية المحايدة من حيث الحجم (نتيجة لصغر حجم المعدات)؛ ودقة المعالجة بالمدخلات؛ والحدّ من تراص التربة (بفضل أسراب الروبوتات الصغيرة)؛ والقدرة على

إجراء العمليات الحقلية في المناطق التي يتعذَّر فيها استخدام التكنولوجيات اليدوية أو الميكانيكية (على سبيل المثال، التربة الرطبة، وسفوح التلال الشديدة الانحدار)؛ والزراعة المجزية في الحقول غير المنتظمة الشكل؛ وأتمتة جمع البيانات عن المحاصيل والثروة الحيوانية.[115,82,54]

وكشف هذا الفصل عن أن مجموعة من الحلول التكنولوجية متاحة بالفعل لاستخدامها المحتمل في البلدان التي تمرّ بمراحل مختلفة من التنمية. ويكمن التحدي الذي تواجهه الحكومات في تحقيق شمولية الأخذ بهذه الحلول عن طريق تيسير وصول الجميع إليها، بمن فيهم صغار المنتجين والنساء والشباب والفئات الضعيفة، وضمان تكييف حلول التكنولوجيا المتاحة مع السياقات والاحتياجات المحددة لمختلف المنتجين.

وسيسمح ضمان شمول الأخذ بهذه الحلول، مع كل ما ينطوي عليه ذلك من تحديات، للبلدان بالاستفادة من تكنولوجيات الأتمتة الرقمية والمساعدة على دفع تحويل النُظم الزراعية والغذائية على نحو منصف ومستدام.

وتوضح الحالات الواردة في هذا الفصل إمكانية استفادة صغار المنتجين من خدمات الميكنة والأتمتة الرقمية والحد في الوقت نفسه من بصمتها البيئية. لكن ثمة أدلة متزايدة على أن خيارات السياسات المتاحة للحكومات ستؤثر على اتجاه هذه التكنولوجيات والأخذ بها في مختلف البلدان ومن جانب مختلف المنتجين. وتُحدّد خيارات السياسات إمكانية الوصول إلى الائتمانات وبناء القدرات والمعلومات. وفي الحالات المثالية، تحاول البلدان تهيئة ظروف متكافئة أمام التكنولوجيات المبتكرة ذات الصلة بالنُظم الزراعية والغذائية المحلية. وسيتيح ذلك للقطاع الخاص التوفيق بين العرض والطلب في مجال الميكنة الآلية والأتمتة الرقمية والروبوتات. وسيعرض الفصل التالي الجدوى التجارية لاستخدام هذه التكنولوجيات وإمكاناتها في تحويل الزراعة. وسيُناقش الفصل بصفة خاصة الدور المهم الذي لا يزال من الممكن للميكنة الآلية، بالاقتران في كثير من الأحيان مع الحلول الرقمية، القيام به، وخاصة لصغار المزارعين في البلدان المنخفضة الدخل والبلدان المتوسطة الدخل من الشريحة الدنيا التي كانت الأتمتة فيها بطيئة.■

صربيا
حاصدة ذاتية التشغيل
في حقل.
©Scharfsinn/
Shutterstock.com

الفصل 3
الجدوى التجارية للاستثمار في الأتمتة الزراعية

الرسائل الرئيسية

- تعتمد الجدوى التجارية للميكنة الآلية على قدرتها على خفض كلفة الإنتاج، وتوسيع الإنتاج وتكثيفه، وتحسين الإنتاجية. وتشمل الحواجز الرئيسية أمام الأخذ بالميكنة الآلية عدم كفاية سُبل الوصول إلى الخدمات الضرورية (على سبيل المثال، التمويل والإرشاد) – خاصة للمجموعات الضعيفة والمستبعدة والمهمشة، بما في ذلك صغار المنتجين والنساء – وغياب بيئة أعمال مؤاتية، والافتقار إلى التكنولوجيا المكيّفة مع الزراعة على النطاق الصغير، والبنية التحتية السيئة.

- يمكن للميكنة الآلية أن توفّر فوائد لكثير من البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل التي ظلت فيها معدلات الأخذ بالميكنة الآلية بطيئة. وينبغي أن تستفيد هذه البلدان من المجموعة الواسعة من الآلات المتاحة واستخداماتها المتعددة الممكنة، وتكييف الآلات مع الاحتياجات المحلية، وخاصة احتياجات صغار المنتجين الذين يعملون في كثير من الأحيان في مناطق صغيرة المساحة أو طبيعة غير مستوية.

- يمكن للتكنولوجيات الرقمية تعزيز دقة العمليات الزراعية وتوقيتها، وجعل الخدمات الاستشارية الزراعية أكثر فعالية، والتصدي للتحديات البيئية الناشئة عن الميكنة في الماضي (مثل تآكل التربة)، وفي الوقت نفسه بناء القدرة على الصمود في وجه الصدمات والضغوط.

- توفّر التكنولوجيات الرقمية مقومات التمكين لخدمات تأجير الآلات، بما في ذلك في البلدان المنخفضة الدخل، ما يتيح سُبل الوصول للتكنولوجيات أمام المجموعات المستبعدة في كثير من الأحيان، مثل صغار المنتجين والمنتجات. ويُشكل المزارعون الشباب، على وجه الخصوص، دوافع رئيسية لتحويل الزراعة الأُسرية نحو الأتمتة الزراعية.

- لا تزال الجدوى التجارية لتكنولوجيات الأتمتة الرقمية ضعيفة، خاصة في البلدان المنخفضة الدخل والبلدان المتوسطة الدخل من الشريحة الدنيا، بسبب ضعف إمكانية الاتصال الإلكتروني وإمدادات الكهرباء، ومحدودية فرص الحصول على الخدمات (مثل التمويل والتأمين والتعليم). وينطبق ذلك بصفة خاصة على الروبوتات المزودة بالذكاء الاصطناعي، حيث من المتوقع أن يتسارع معدل الأخذ بها في معظم الأحيان بالنسبة إلى كبار المنتجين في البلدان المرتفعة الدخل.

- يتطلب تسخير إمكانات تكنولوجيات الأتمتة الرقمية معالجة العوامل التي تعيق الأخذ بها – البنية التحتية السيئة، والأمية الرقمية، وارتفاع كلفة التكنولوجيات، والافتقار إلى البيئة التمكينية – مع الاستثمار في البحث والاختبار في جميع أنحاء العالم لتطوير تكنولوجيات ملائمة للسياق.

ناقش الفصل الثاني اتجاهات الأتمتة الزراعية ودوافعها، بما في ذلك الميكنة الآلية ثم منذ عهد أقرب تكنولوجيات الأتمتة الرقمية المرتبطة بالزراعة الدقيقة. وتُستخدم الميكنة الآلية على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم، ولكن بدرجات متفاوتة عبر البلدان وداخلها. ولا تزال معظم بلدان أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى متخلفة عن الركب. وشهدت أقاليم أخرى تفاوتًا في فرص الحصول على الميكنة، وتقلّ هذه الفرص عمومًا بالنسبة إلى المجموعات الضعيفة، مثل صغار المنتجين والنساء. والعالم الآن في المراحل المبكرة من موجة أتمتة رقمية في الزراعة تشمل أجهزة الاستشعار والروبوتات، والذكاء الاصطناعي، وسائر الأدوات الرقمية لأتمتة واحد أو أكثر من مكونات العمليات الزراعية – التشخيص، واتخاذ القرارات، والأداء. وفي حين أن الكثير من البلدان أخذت بالميكنة الآلية على نطاق واسع، لا يزال المنتجون الزراعيون وقطاع الأعمال الزراعية في طور تحديد تكنولوجيات الأتمتة الرقمية الجديرة بالاهتمام والمناسبة لهم، مع مراعاة

الظروف المحلية والتكنولوجيات التي يستخدمونها حاليًا. ومن الحواجز الرئيسية التي تحول دون الأخذ بالأتمتة عدم وجود فوائد متصورة من هذا الاستثمار بسبب ارتفاع كلفة الشراء أو التشغيل مقارنة بكلفة اليد العاملة في النُظم الحالية. وتتمثل المعوّقات الأخرى بالافتقار إلى التكنولوجيات المناسبة للإنتاج على النطاق الصغير، وعدم كفاية فرص الصيانة وخدمات الإصلاح، وانخفاض مستوى الإلمام بالتكنولوجيا الرقمية، وضعف إمكانية الاتصال الإلكتروني، والتشكيك في الابتكارات. ويُناقش هذا الفصل كيفية تأثير هذه العوامل على الجدوى التجارية للأتمتة الزراعية وكيفية تحسين هذه الجدوى.

وتعتمد الجدوى التجارية للاستثمار في التكنولوجيا الزراعية على المكاسب المحتملة للمنتجين الزراعيين، وكذلك من يشاركون في إنتاج التكنولوجيا المذكورة وتقديمها وصيانتها وإصلاحها. ويُفترض أن الجهات الفاعلة ذات الصلة – المنتجون والتجار ومقدمو خدمات الصيانة – تتخذ قرارات عقلانية لتحقيق أقصى قدر من الأرباح والرفاه. وينطوي الاستثمار في تكنولوجيات الأتمتة على كلفة تزداد في العادة إذا لم تكن التكنولوجيات متاحة على نطاق واسع محليًا. ولن يعتنق المنتجون ومورّدو التكنولوجيا الأتمتة ما لم تكن الفوائد تفوق هذه الكلفة.

وقد تتجاوز كلفة الاستثمار فوائده المحتملة، على الأقل في الأجل القصير، بالنسبة إلى بعض التكنولوجيات وفي بعض الظروف؛ وقد يكون ذلك سببًا في تثبيط الاستثمارات على الرغم من آفاقها المؤاتية للمجتمع الأوسع. ولذلك يلزم إجراء تدخلات عامة لمواءمة الفوائد الخاصة مع مصالح المجتمع ككل وبالتالي تحفيز الجدوى. ويتناول هذا الفصل أيضًا المسائل (البيئية في معظمها) المتعلقة بالميكنة الآلية، وينظر في الطريقة التي يمكن بها معالجتها (على الأقل جزئيًا) من خلال تكنولوجيات الأتمتة الرقمية الجديدة، بما فيها التكنولوجيات التي لا تزال قيد التطوير. ويتسم ذلك بأهميته الخاصة لبعض البلدان المنخفضة الدخل والبلدان المتوسطة الدخل من الشريحة الدنيا التي لا يزال الأخذ بالميكنة الآلية فيها يمضي بوتيرة بطيئة، ولكن يمكن الآن تنفيذها بطريقة من المحتمل أن تكون مستدامة وفعالة وشاملة للجميع.

وانطلاقًا من دراسات الحالة التي صدر تكليف بإجرائها لهذا التقرير، والمؤلفات على النطاق الأوسع، يُقدّم هذا الفصل الأدلة على الجدوى التجارية للميكنة الآلية وتكنولوجيات الأتمتة الرقمية ويُلخصها. وتلي ذلك مناقشة لكيفية تأثير السياسات والاستثمارات على الجدوى وتشكيل حوافز للأخذ بتكنولوجيات الأتمتة. وأخيرًا، يتناول الفصل بالتحليل المسارات المقبلة لمجموعة واسعة من التكنولوجيات، ويبحث إمكاناتها في تحويل الزراعة وجعلها مستدامة، في ضوء مختلف التحديات المحلية التي يواجهها المنتجون.■

الجدوى التجارية للأتمتة الآلية تؤكد إمكاناتها المتسقة في كثير من السياقات

هناك مؤلفات كثيرة ووافرة حول الفوائد التي حققتها الميكنة، والتي لا يزال بإمكانها تحقيقها للتنمية الزراعية والريفية. ومن خلال تمكين المنتجين من أداء العمليات الزراعية بشكل أسرع وأكثر فعالية، يمكن أن يؤدي ذلك إلى تعزيز الإنتاجية الزراعية، وزيادة الدخل، وتحقيق وفورات في اليد العاملة والكلفة، وتقليل المشقة، إلى جانب أمور أخرى. وعلى سبيل المثال، أدّى التحوّل من المحاريث التي تجرّها الحيوانات إلى المحاريث الكهربائية في نُظم إنتاج الأرزّ المكثّف في الأراضي الرطبة في آسيا إلى تحقيق وفورات كبيرة في تكاليف اليد العاملة المستخدمة في تسوية الأرض. وازدادت أيضًا كثافة زراعة الأرزّ وإنتاجيته بسبب الميكنة المشتركة في تسوية الأرض والدّرس.[1] وأدى أيضًا استخدام المطاحن الميكانيكية الصغيرة لأداء المهام الشاقة والكثيفة للغاية في استخدام اليد العاملة، مثل إزالة قشر الأرزّ أو طحن الحبوب لتحويلها إلى دقيق، إلى تحقيق زيادات كبيرة في أوقات الفراغ، وخاصة بالنسبة إلى النساء.[1] وساهمت الميكنة في الحد من تلف المحاصيل وفقدانها، كما لوحظ في الهند، حيث خفّضت آلات الضم والدرس الفاقد من الأرزّ وحققت زيادات في الغلة بنسبة 24 في المائة.[2] واستنادًا إلى دراستَي حالة تم إجراؤهما مؤخرًا، يُقدّم الإطار 8 أدلة على الجدوى التجارية للاستثمار في الميكنة الآلية في إثيوبيا ونيبال.

وحتى في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى التي لا تُستخدم فيها الميكنة على نطاق واسع (انظر الفصل الثاني)، تُشير الأدلة إلى أنها قد حققت فوائد كبيرة. وفي كوت ديفوار، شجّع استخدام الجرارات على المعالجة بالمدخلات الحديثة وتحسين إدارة المحاصيل، ما زاد من إنتاجية الأراضي واليد العاملة. وتبيّن من دراسة أُجريت في 11 بلدًا أفريقيًا

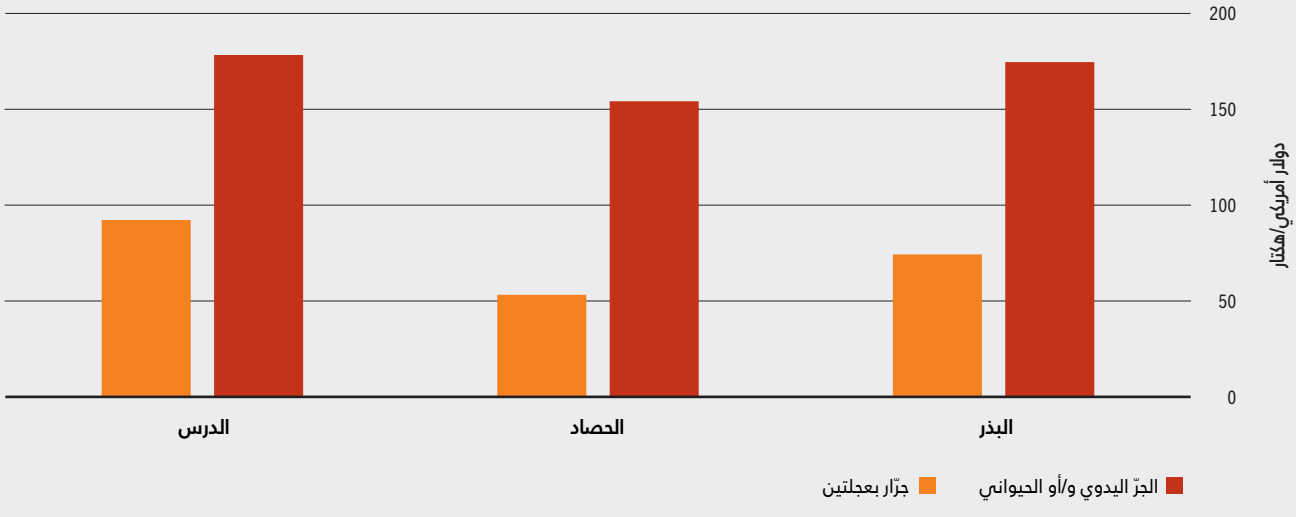
الإطار 8 تحليل مقارن لكلفة الجرّ الآلي وفوائده مقابل الجرّ اليدوي و/أو الجرّ الحيواني في إنتاج القمح: أدلة من إثيوبيا ونيبال

في إثيوبيا، خفّض المزارعون الذين يستخدمون الجرارات ذات العجلتين في إنتاج القمح كلفة العمليات الأساسية للبذر والحصاد والدرس بنسبة 46 و65 و48 في المائة على التوالي، مقارنة بالتكنولوجيات التقليدية التي تستخدم الأدوات اليدوية أو الجرّ الحيواني (انظر الشكل). وانخفضت أيضًا كلفة النقل. وارتفع متوسط إجمالي الإيرادات من 964 1 دولارًا أمريكيًا في حالة الممارسات التقليدية إلى 567 2 دولارًا أمريكيًا في حالة العمليات المميكنة. وبلغ متوسط الكلفة المتغيرة الإجمالية لنُظم الزراعة المميكنة والتقليدية 526 دولارًا أمريكيًا و818 دولارًا أمريكيًا على التوالي.

ونتيجة لذلك، كان الهامش الإجمالي للعمليات المميكنة أعلى بنسبة 78 في المائة، ليصل إلى 041 2 دولارًا أمريكيًا. وتدل هذه النتائج على أن الإنتاج المميكن للقمح يحقق إنتاجية وربحية أكبر بكثير من الإنتاج غير المميكن.

بالمثل، أدى إنتاج القمح في نيبال باستخدام الميكنة الآلية – بما في ذلك حفّارة التسميد، وحصّادة الحبوب، وآلة الدرس التي يُشغلها جرار – إلى خفض إجمالي كلفة تشغيل المزرعة بمقدار النصف تقريبًا وزيادة الهامش الإجمالي بنحو 81 في المائة، لتصل الكلفة إلى 514 دولارًا أمريكيًا (انظر الجدول في الصفحة 42).

الشكل كلفة العمليات الزراعية في إنتاج القمح باستخدام المعدات الآلية مقابل المعدات غير الآلية – حالة إثيوبيا



المصدر: Yahaya، سيصدر قريبًا.[15]

الإطار 8 (تتمة)

الجدول كلفة العمليات الزراعية في إنتاج القمح باستخدام المعدات المميكنة مقابل المعدات غير المميكنة – حالة نيبال

العناصر	الممارسة اليدوية الكلفة (دولار أمريكي/ هكتار)	الممارسة المميكنة الكلفة (دولار أمريكي/ هكتار)
السماد العضوي	68	34
البذور	71	71
الأسمدة	87	87
مجموع كلفة المدخلات	**226**	**192**
تسوية الأرض والبذر والتسميد	85	25
الري	36	11
الحصاد	102	48
الدرس	174	116
مجموع كلفة العمليات في المزارع	**396**	**200**
النقل	13	13
مجموع الكلفة المتغيرة	**635**	**405**
إنتاج الحبوب	868	868
إنتاج القش	51	51
مجموع الإيرادات	**919**	**919**
هامش الربح الإجمالي	**283**	**514**
نسبة الإيرادات إلى الكلفة	***1.45***	***2.27***

ملاحظة: 1 دولار أمريكي = 117.57 روبية نيبالية في 6 أبريل/نيسان 2021، وفقًا لسعر الصرف المعمول به في مصرف نيبال المركزي.
المصدر: منظمة الأغذية والزراعة، 2022.[16]

أن استخدام الجرارات زاد من غلة الذرة بنحو 0.5 طنّ للهكتار.[3] وفي إثيوبيا وغانا، تمكنت الأُسر المعيشية التي تستخدم الجرارات من توسيع إنتاجها عن طريق زراعة أراضٍ أكثر بدلًا من محاولة زيادة الغلات.[5,4] وفي زامبيا، زادت الأُسر المعيشية الزراعية التي تستخدم الجرارات دخلها بمقدار الضعف تقريبًا من خلال زراعة مساحة من أراضيها أكبر بكثير، وحققت ضعف الهامش الإجمالي عن كل ساعة من العمل في المزرعة مقارنة بالأسر المعيشية الأخرى.[6] ورغم انخفاض الاحتياجات من اليد العاملة لكل هكتار بمقدار النصف، زاد الطلب على اليد العاملة المستأجرة بالفعل في جميع الأنشطة غير المميكنة نتيجة توسيع الإنتاج. وقلل التحوّل من اليد العاملة الأسرية إلى اليد العاملة المستأجرة أيضًا من العبء الواقع على النساء والأطفال، وسمح ذلك للأطفال بالمواظبة على الدراسة.

وتتجاوز بالتالي فوائد الميكنة الزراعية إلى حد كبير زيادة الإنتاجية الزراعية. ويمكن للميكنة تحرير اليد العاملة الأسرية وتمكين الأُسر المعيشية الزراعية من قضاء بعض الوقت بعيدًا عن الزراعة في أنشطة أخرى، مثل إعداد الطعام – وبالتالي تحسين التغذية – أو العمل خارج المزرعة لتحسين سُبل عيشها.[9,8,7] ويمكن أن تدعم كذلك تهيئة وظائف جديدة، مثل ميكانيكا الآلات لصيانة المعدات وإصلاحها.

الإطار 9 الاستفادة من الأتمتة في الزراعة لتحسين سلامة الأغذية

أدى إدخال التكنولوجيات – من التبريد لأغراض تخزين الأغذية ونقلها إلى الابتكارات في عمليات التجفيف والتدخين – إلى تحسينات كبيرة في حفظ الأغذية وسلامتها. وعلى سبيل المثال، في قطاع الإنتاج الحيواني، يُعدّ نظام القضبان الحديدية العمودية المستخدم في تجهيز الذبائح في المسالخ آلية بسيطة ولكن فعالة لمنع تلوث اللحوم. وتحدّ أتمتة عمليات الحصاد وفرز الأغذية وتعبئتها بدرجة كبيرة من مخاطر انتقال مسببات الأمراض التي تنقلها الأغذية من العمال إلى الأغذية. وكان الفرز الميكانيكي للفول السوداني لاستبعاد حبات الفول السوداني التي تحتوي على إصابات شديدة بالفطريات ناجحًا إلى حد كبير في تحسين الصحة. ومع ذلك، من المهم اتباع ممارسات الصرف الصحي والنظافة الصحية المناسبة للمعدات لمنع انتقال الأخطار المنقولة بواسطة الأغذية من الآلات نفسها. وعلى سبيل المثال، يمكن للآلات المستخدمة في جمع المحاصيل أن تنقل مسببات الحساسية في سلسلة التوريد ما لم تُنظّف بطريقة سليمة. ويمكن للآلات إدخال الأخطار التي تُهدد سلامة الأغذية من خلال تسرّب الزيت والسوائل الهيدروليكية ودخان العادم وغيرها.

وتتيح أيضًا التطورات في الأتمتة الرقمية تحسينات للاكتشاف السريع لحالات تلوث الأغذية، وتوفّر أدوات أفضل لتيسير عمليات تقصّي تفشي الأمراض المنقولة بالأغذية في الوقت المناسب، وتعزيز نُظم الإشراف والرصد. وتتيح تكنولوجيا الاستشعار من بُعد في الزراعة الدقيقة اكتشاف أضرار الآفات مبكرًا واستخدام المواد الكيميائية الزراعية الموجهة وفي الوقت المناسب، وبالتالي منع الاستخدام المفرط. غير أن الفوائد ليست حتمية؛ فعلى سبيل المثال، يمكن للأتمتة في بعض الحالات زيادة مدخلات المواد الكيميائية الزراعية للوصول إلى الهدف المنشود، ما يمكن أن يكون ضارًا لكل من الإنسان والبيئة. ومن المهم أيضًا ضمان الوصول المنصف إلى التكنولوجيات ومعالجة المسائل المتعلقة بخصوصية البيانات وملكيتها.

المصدر: منظمة الأغذية والزراعة، 2022.[17]

ويمكن أن تنشأ آثار غير مباشرة على الاقتصاد الأوسع بسبب زيادة الطلب على السلع والخدمات غير الزراعية.[10,11] ويمكن أن تؤدي الميكنة أيضًا إلى تحسين سلامة الأغذية من خلال تكنولوجيات الحفظ والتخزين (على سبيل المثال، المجففات والتخزين البارد)، التي يمكن أن تُقلل من التلوث،[12] شريطة التنفيذ المناسب. ويُسلط الإطار 9 الضوء على دور الأتمتة الزراعية في تحسين سلامة الأغذية.

وتزيد الميكنة أيضًا من قدرة الإنتاج الزراعي على الصمود. وتُحسن، بصفة خاصة، القدرة على الصمود في وجه الصدمات المناخية، مثل موجات الجفاف، كونها تتيح للمزارعين إنجاز الأنشطة الزراعية بسرعة أكبر، وتجعلهم أكثر مرونة في تكييف العمل مع أنماط الطقس المتغيّرة. ومن ذلك على سبيل المثال أن مضخات الري قادرة على زيادة استقرار الغلات في الحالات التي يتعذّر فيها التنبؤ بالأمطار والتي تشيع فيها حالات الجفاف،[1] كما هو الحال في الغالب في الشرق الأدنى وأفريقيا الشمالية.[13] وتُساعد الميكنة أيضًا على بناء القدرة على الصمود في وجه الصدمات الصحية التي تؤثر على الأسرة أو اليد العاملة المستأجرة، وهو ما يمكن بدوره أن يُعطل الإنتاج الزراعي.[14]

تكييف حلول الميكنة الآلية مع الاحتياجات المحلية ضروري لتعزيز الجدوى التجارية

تُشير الأدلة المقدَّمة حتى الآن إلى أن هناك مجالًا مستمرًا لاستخدام الميكنة الآلية، خاصة في الحالات التي ظل فيها الأخذ بالأتمتة بطيئًا أو غير موجود حتى الآن. وقد يكون من الممكن تحقيق قفزة نحو مرحلة الميكنة والانتقال مباشرة إلى الأتمتة الرقمية والروبوتات المزودة بالذكاء الاصطناعي، ولكنّ ذلك ليس ممكنًا في الواقع إلّا في بضعة بلدان مرتفعة الدخل (انظر الفصل الثاني)؛ وفي المقابل، تتاح مجموعة واسعة من حلول الميكنة الآلية للبلدان المنخفضة الدخل والبلدان المتوسطة الدخل من الشريحة الدنيا. ويتوقف جزء كبير من الجدوى التجارية للميكنة الآلية على السياق والآلات الزراعية التي يجري النظر في الأخذ بها. وفي حالة

الإطار 10 تعزيز قدرة صغار المنتجين على الصمود من خلال الميكنة الآلية الصغيرة الحجم

في إطار الاستجابة لإعصار عام 2015 وموجة الجفاف التي أعقبته في عام 2016 في راخين، ميانمار، بدأت منظمة الأغذية والزراعة، بالتعاون مع حكومة ميانمار، مشروعًا مدّته عام واحد (2016–2017) بتمويل من حكومة اليابان. وكان الهدف من المشروع تحسين الأمن الغذائي للأسر المعيشية وزيادة القدرة على الصمود لدى صغار المنتجين في المناطق المعرّضة للنزاع والكوارث الطبيعية. ومن بين مكونات المشروع، زادت منظمة الأغذية والزراعة توافر الآلات الزراعية الصغيرة، مثل الجرارات ذات العجلتين ومضخات المياه. ونُفذت أنشطة الميكنة في سبع بلدات و73 قرية متضررة من الفيضانات والنزاع في راخين. ووزع المشروع إجمالًا 55 جرارًا بعجلتين و94 مضخة مياه، وقدّم تدريبًا على استخدام الآلات الصغيرة وصيانتها. وبالإضافة إلى ذلك، تلقّى 146 من أفراد القرية تدريبًا كمشغلين للجرارات.

وتكشف النتائج عن فوائد كبيرة للمزارعين والمجتمع المحلي بصفة عامة، فقد انخفضت كلفة تسوية الأراضي (1.6 دولارات أمريكية/هكتار) ووفورات كبيرة في الوقت (كانت الجرارات ذات العجلتين أسرع بسبع مرات من حيوانات الجرّ). وتعني تسوية الأراضي في الوقت المناسب زيادة القدرة على الصمود، إذ تحسنت قدرة المزارعين على التعامل مع الأحوال الجوية غير المنتظمة ونقص اليد العاملة، والاستجابة للأخطار الأخرى. وتحققت فوائد أخرى من حيث تحسين الدخل والأمن الغذائي نتيجة لزراعة البقوليات والخضار لاستهلاك الأُسر المعيشية والأسواق، وذلك بفضل الري من مضخات المياه التي أُنشئت أثناء موسم الجفاف.

ويمكن أن يكون للآلات الصغيرة الأخرى، مثل المجففات وآلات الدرس وحصّادات محاصيل الحبوب أثر إيجابي على قدرة صغار المنتجين على الصمود، وفي الوقت نفسه تهيئة فرص عمل ريفية وتقليل أعباء العمل. ومع ذلك، يجب أن يكون تفضيل تكنولوجيا على الأخرى معتمدًا على السياق المحلي وعلى تقييم للاحتياجات. وعلاوة على ذلك، فإن الدعم الفني حيوي، فضلًا عن توافر ورش الإصلاح والصيانة والفنيين في القرى أو المناطق المحيطة بها، للحفاظ على استمرارية خدمات الميكنة. وأخيرًا، خلُص المشروع إلى أن النتائج كان يمكن تعزيزها إلى حدّ كبير عن طريق زيادة الاهتمام بالنساء والشباب.

المصدر: منظمة الأغذية والزراعة، 2019.[24]

المزارع الكبيرة الواقعة على طبيعة سهلية، يمكن للمنتجين الزراعيين الاستفادة من الآلات الكبيرة، مثل آلات الضم والدرس والجرارات ذات العجلات الأربع. غير أن صغار المنتجين قد يستفيدون أكثر من الآلات الصغيرة، مثل الجرارات الصغيرة ذات العجلات الأربع أو ذات العجلتين، وهي أقل كلفة وأكثر مراعاة للاستدامة البيئية.[18] وأثبتت حلول هذه الآلات أنها أساسية لتضييق الفجوة على صعيد الميكنة في آسيا.[20,19,2] وهي أنسب للمزارع الصغيرة، إذ يمكنها المناورة حول جذوع الأشجار والحجارة، بالإضافة إلى أنها أسهل في التشغيل والصيانة والإصلاح وأكثر ملاءمة للتمويل البالغ الصغر. وعلاوة على ذلك، يمكن استخدامها لسحب أمشاط شق التربة والبذّارات المباشرة في الزراعة الحافظة للموارد المميكنة، ويمكن أن تُساهم بالتالي في تحسين القدرة على الصمود في وجه تغيُّر المناخ.[22,21] ويرد في الإطار 10 مثال ملموس على فوائد الآلات الصغيرة في بناء القدرة على الصمود لدى صغار المنتجين في ميانمار.

وتتجاوز الابتكارات الحديثة التي تكيّف الآلات المزودة بمحركات مع الاحتياجات المحلية مجرد تكييف حجم الآلة للتغلب على التحديات المحلية. وتواجه البلدان في الشرق الأدنى وأفريقيا الشمالية بصورة متزايدة حالات نقص في المياه تحد من نمو الناتج الزراعي. ويصف الإطار 11 حالة زراعة الأحواض المرتفعة المميكنة في جمهورية مصر العربية – وهي مثال على أوجه التآزر المبتكرة بين أدوات الميكنة والمدخلات المحسّنة والممارسات الحقلية التي تحقق معًا زيادات في الغلات وتوفر في الوقت نفسه الموارد الطبيعية.

وتتصدر الميكنة الزراعية حاليًا جدول أعمال السياسات في كثير من البلدان المنخفضة الدخل، خاصة في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى التي أُهملت لبعض الوقت في أعقاب الإخفاقات السابقة لبرامج الميكنة الحكومية.[23] وهناك نقاشات جارية حول المسار التكنولوجي الذي ينبغي للحكومات والشركاء في التنمية دعمه، وخاصة في

الإطار 11 الميكنة في الأحواض المرتفعة في مصر لتحسين الإنتاجية والاستخدام المستدام للمياه

تُمثّل زراعة الأحواض المرتفعة المميكنة وسيلة لزيادة الإنتاجية وغلات المحاصيل، وتوفير المياه الشحيحة، والحد من التشبع بالمياه من خلال تحسين صرف المياه. وارتبطت التكنولوجيا، عند تطبيقها على إنتاج القمح في مصر، بزيادة نسبتها 25 في المائة في الإنتاجية بسبب زيادة الغلات، وانخفاض كلفة البذور بنسبة 50 في المائة وانخفاض استخدام المياه بنسبة 25 في المائة وانخفاض كلفة اليد العاملة. ونتيجة لذلك، يُشكل برنامج زراعة الأحواض المرتفعة المميكنة حاليًا مكونًا من مكونات الحملة القومية للقمح في مصر، وتُشير التقديرات إلى أنه بحلول عام 2023 سيُزرع ما يقرب من 800 000 هكتار من القمح باستخدام التكنولوجيا. وتُشير التقديرات كذلك إلى أن الفوائد التي ستتحقق خلال أفق زمني للمشروع مدته 15 عامًا ستزيد على 4 مليارات دولار أمريكي، معظمها يعود إلى أكثر من مليون من منتجي القمح المصريين. وتشمل الفوائد الأخرى تقليل الاعتماد على استيراد القمح (بأكثر من 50 في المائة بحلول عام 2025) وزيادة إنتاجية المياه في أكثر من 200 000 هكتار من الأراضي التي تعاني من ندرة المياه.

ولتحقيق نتائج إيجابية، من الضروري تكييف هذه التكنولوجيا مع الظروف المحلية وأن تختلف المكونات الدقيقة لحُزمة التكنولوجيا تبعًا للسياق المحدد. وفي مصر، أسفر تقييم طويل الأجل عن حُزمة تكنولوجيا محددة تتألف من صنف محسّن من القمح يُزرع بمعدل 108 كيلوغرامات للهكتار؛ وتحسين تواريخ البذر في الفترة من 15 إلى 30 نوفمبر/تشرين الثاني؛ وتمهيد الأحواض والزراعة باستخدام محاريث/آلات بذر ميكانيكية؛ والمعالجة بالسماد النيتروجيني بمعدل 168 كيلوغرامًا للهكتار. وستكون هذه التكنولوجيا جذابة بصفة خاصة للمزارع الصغيرة والمتوسطة الحجم عندما يجري تكييفها بصورة جيدة. وهي ميسورة الكلفة نسبيًا، ويمكن تنفيذها بسهولة بواسطة جرارات صغيرة، ومن السهل صيانتها مع المحاصيل المتاحة محليًا، وتسمح بكل من زراعة المحصول الواحد (مثل القمح أو الأرزّ) والزراعة المتعددة للمحاصيل المتباعدة المسافات (على سبيل المثال، الذرة، والشمندر السكري، والفول).

المصادر: Alwang وآخرون، 2018.[25]؛ Swelam، 2016.[26]

المناطق التي لم تصل إليها الأتمتة حتى الآن (على سبيل المثال، معظم أنحاء أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى وكثير من المناطق الجبلية). ولا يوجد نهج واحد يناسب جميع السياقات؛ بل هناك نهج أنسب في ظروف معيّنة.[18] وينبغي أن تأخذ قرارات أتمتة العمليات الزراعية في الاعتبار الظروف المحلية، بما في ذلك الفرص والحواجز وما يصاحب ذلك من طلب من الأسواق على تكنولوجيات الميكنة.

الأهمية (المستمرة) لقوة الجرّ اليدوية والحيوانية

على الرغم من فوائد الميكنة الآلية، هناك أدلة على أنه لا يزال بوسع التكنولوجيات اليدوية والجرّ الحيواني أداء دور مهم. ويمكن أن يكون الجرّ الحيواني مصدرًا مهمًا للطاقة في الحيازات الزراعية الصغيرة جدًا والمجزأة، وخاصة إذا كانت المراعي والمياه متاحة ويمكن احتواء الأمراض الحيوانية.[18] ويتيح الجرّ الحيواني تحقيق التكامل بين الثروة الحيوانية والمحاصيل، وتحقيق المستوى الأمثل لاستخدام الموارد، وذلك على سبيل المثال باستخدام السماد الحيواني في إنتاج المحاصيل واستخدام بقايا المحاصيل كعلف لتغذية الحيوانات. ويمثّل ذلك أيضًا بالنسبة إلى كثير من المنتجين أفضل استراتيجية مباشرة للتغلب على حالات النقص في الطاقة قبل الانتقال إلى الميكنة الآلية.[27,21] ويعني الانتقال إلى قوة الجرّ الحيواني بالنسبة إلى غالبية صغار المنتجين الأفريقيين تقدمًا حقيقيًا.[18]

ويمكن تطبيق منطق مماثل على الأدوات اليدوية المتقدمة – أي الأدوات التي تعتمد بشكل أساسي على الطاقة البشرية ولكنها مصممة بذكاء لتحقيق أقصى قدر من النتائج بأقل جهد ممكن. وتُناسب هذه الأدوات بصفة خاصة المزارع التي يتعذر تشغيل الآلات فيها. فهي تؤمّن اليد العاملة – ما يوفّر الوقت للراحة وللأنشطة الأخرى المدرة للدخل – وتُخفض التكاليف وتُقلل المشقة، وتُحسن القدرة على الصمود. ويعرض الإطار 12 (الصفحة 46) مثالًا ملموسًا على فوائد هذه الآلات، ويستعرض آثار آلة البذر الأسطوانية

الإطار 12 توفير الوقت والجهد والمال باستخدام آلات البذر الأسطوانية في جمهورية لاو الديمقراطية الشعبية

اختُبرت آلة بذر أسطوانية ميدانيًا في سيابولي في جمهورية لاو الديمقراطية الشعبية لدعم التكثيف المستدام لإنتاج الأرزّ في برنامج نفذته الحكومة وصغار المنتجين بدعم من منظمة الأغذية والزراعة. وآلة البذر الأسطوانية هي أداة يدوية تُستخدم لبذر بذور الأرزّ الجاهزة للإنبات. وهي أكثر جاذبية من طرق الزراعة التقليدية التي يُستخدم فيها التشتيل والنثر. والواقع أنها تُقلل من الوقت المستغرق في الزراعة بنسبة 90 في المائة، وتزيد من إنتاجية اليد العاملة بأكثر من 40 في المائة، وتُخفض كلفة الإنتاج بنسبة 20 في المائة، وتوفّر البذور بمعدل يزيد على 60 في المائة. وتتميّز البذّارة الأسطوانية أيضًا بأنها مراعية للبيئة لأنها لا تتطلب وقودًا أحفوريًا ومناسبة للنُهج الإيكولوجية الزراعية، مثل نُظم تربية الأسماك في حقول الأرزّ. وتزيد آلة البذر الأسطوانية قدرة المزارعين على الصمود في وجه تغيُّر المناخ، ما يمكنهم من إجراء الزراعة في الوقت المناسب بمزيد من المرونة في اختيار وقت الزراعة. وعلاوة على ذلك، إذا دمّرت كارثة طبيعية الأرز المزروع مؤخرًا، يمكن للمزارع تكرار البذر باستخدام آلة البذر الأسطوانية بسهولة وبسرعة.

المصدر: Flores Rojas، 2018.[28]

اليدوية على الربحية والكفاءة والاستدامة البيئية والقدرة على الصمود في جمهورية لاو الديمقراطية الشعبية ونيبال.

وباختصار، يعتمد الاستخدام المحتمل لحيوانات الجرّ والأدوات اليدوية المتقدمة على السياق. وعلى الرغم من أنها ليست بقوة الجرارات فإنها لا تزال قادرة على المساعدة على التغلب على اختناقات اليد العاملة، وتحقيق زيادات في غلات المحاصيل، والسماح بتوسيع الأراضي. وفي كثير من الحالات، ربما تمثّل الأدوات اليدوية المتقدمة والجرّ أفضل الخيارات لزيادة إمدادات الطاقة. ويمكن للإطار الأنسب أن يساعد الحكومات والشركاء في التنمية على بلورة فهم أفضل للمسارات التكنولوجية التي ينبغي تعزيزها، إلى جانب ما يرتبط بها من مؤسسات واستثمارات، مع مراعاة الظروف الزراعية والإيكولوجية والظروف الاجتماعية والاقتصادية للنُظم الزراعية في بلدانها. ومع تكشف عمليات الابتكار المرتبطة بالميكنة الزراعية كاستجابة لهذه الظروف المتغيرة، يتعيّن تكييف المسارات وتعديلها.■

تقصي الجدوى التجارية للأتمتة الرقمية: دروس مستفادة من دراسات الحالة

ناقش القسم السابق الجدوى التجارية للميكنة الآلية، وسلّط الضوء على إمكاناتها في تعزيز القدرة على الصمود وتحسين الإنتاجية وزيادة كفاءة استخدام الموارد وتقليل المشقة البشرية وحالات نقص اليد العاملة. وشدد أيضًا على أن القوة اليدوية وقوة الجرّ لا يزال بإمكانهما في بعض الظروف تحقيق تقدم. ويتناول هذا القسم الجدوى التجارية للاستثمار في تكنولوجيات الأتمتة الرقمية. وكانت التحسينات في الإنتاجية، وكفاءة استخدام الموارد، ووفورات اليد العاملة، دوافع رئيسية للأخذ بهذه التكنولوجيات. غير أنها ليست من دون كلفة، ويتطلب كثير منها استثمارات أوّلية كبيرة ومهارات ومعارف محددة لتشغيلها بفعالية. وقد يرتاب المزارعون أيضًا في الاستثمار في ابتكارات معيّنة إذا كانت تحيد عن التقاليد والأعراف الثقافية والاجتماعية. وفي هذه الحالة، قد يتعيّن على الحكومات ومقدمي الخدمات التدخل للتعريف بالفوائد المتوقعة للاستثمار في هذه التكنولوجيات. وقد يشمل ذلك اختبارات وتجارب وتحليلًا لنسبة الكلفة إلى الفائدة من أجل توليد الثقة اللازمة.

الإطار 13 تطور الجدوى التجارية لنُظم الحلب الروبوتية

يزداد الأخذ بتكنولوجيات أتمتة الثروة الحيوانية، وخاصة نُظم الحلب الروبوتية في البلدان المرتفعة الدخل.[32] ويمكن أن تنشأ فوائد اقتصادية عن الوفورات في اليد العاملة (تُقدَّر بما يتراوح بين 18 و30 في المائة)[33] وزيادة إنتاج الحليب (ما يتراوح بين 10 و15 في المائة لكل بقرة).[35,34,33] وتُشير الأدلة إلى أن مزارع الألبان الصغيرة والمتوسطة الحجم (التي تضم ما يتراوح بين 100 و300 رأس من الأبقار) كانت الأولى في الأخذ بالحلب الروبوتي الذي تبنّاه المزارعون الشباب الذين تجتذبهم ظروف العمل الأفضل والأكثر مرونة (أي التي لا تتطلب حلب الحيوانات مرتين أو ثلاث مرات كل يوم). وتستند الجدوى التجارية لروبوتات الحلب إلى جداول العمل المرنة ونوعية الحياة الأفضل للمزارع الصغيرة أكثر من اعتمادها على الفوائد الاقتصادية البحتة. غير أن هناك أدلة أحدث على أن مزارع الألبان الأكبر حجمًا (التي تضم أكثر من 1 000 رأس من الأبقار) تأخذ بنُظم الحلب الروبوتية استجابة لنقص اليد العاملة.[29] ونظرًا إلى الكلفة الأوّلية لآلات الحلب الروبوتية فإنها غير قابلة للتطبيق في المزارع الصغيرة جدًا التي توجد بشكل أساسي في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل حيث التكنولوجيا – من الناحية الأخرى – قد تكون جذابة لمزارع الماشية التجارية ذات القطعان الأكبر نسبيًا.

ومن التحديات المهمة في تقييم الجدوى التجارية لتكنولوجيات الأتمتة الرقمية في الزراعة ندرة المعلومات المتعلقة بربحيتها. وباستثناء الميكنة الآلية، فإن تكنولوجيات الأتمتة الرقمية جديدة والبيانات المتعلقة بالأخذ بها مشتتة وغير متسقة (انظر الفصل الثاني). وبالمثل، تتباين المعلومات المتعلقة بالفوائد الاقتصادية تباينًا كبيرًا تبعًا إلى حد ما لمستوى الأخذ بالتكنولوجيات المختلفة في الزراعة.[29] ولهذا السبب، تستند المناقشة الواردة هنا بشكل أساسي إلى نتائج دراستين فنيتين صدر تكليف بإعدادهما لهذا التقرير.[31,30] واعتمدت الدراستان بدورهما على 27 دراسة حالة مبنية على مقابلات مع مخبرين رئيسيين في جميع أنحاء العالم. وهما توفران بالتالي أدلة معظمها نوعية استنادًا إلى خبرة مقدمي خدمات الأتمتة الرقمية أو – ولكن بدرجة أقل – ممثلي المنتجين الزراعيين. وتُغطي دراسات الحالة السبع والعشرون جميع أقاليم العالم وجميع نُظم الإنتاج الزراعي (المحاصيل، والثروة الحيوانية، وتربية الأحياء المائية، والحراجة الزراعية) وتُمثّل حلولًا زراعية جديدة – ولكنها قابلة للتوسيع أو جرى توسيعها بالفعل – متعلقة بالميكنة الآلية وتكنولوجيات الأتمتة الرقمية، وتستهدف المزارع الصغيرة والكبيرة. وتُعبِّر دراسات الحالة عن منظور مقدمي الخدمات وليس منظور المنتجين الزراعيين بوصفهم المستخدمين النهائيين (انظر الملحق 1 لوصف موجز لكل دراسة حالة والمنهجية المطبقة[أ]).

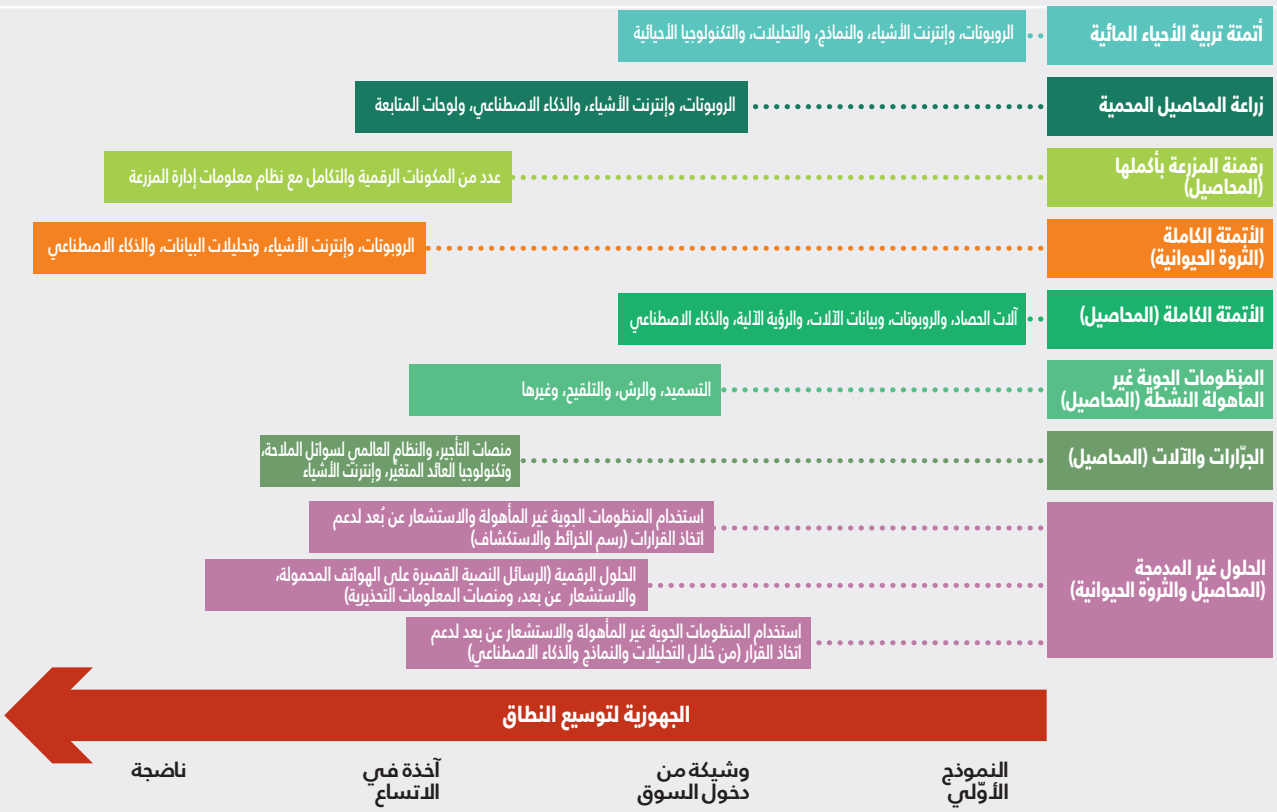
الجهوزية لتوسيع نطاق تكنولوجيات الأتمتة الزراعية: إطار للعمل

تتباين التكنولوجيات الواردة في دراسات الحالة السبع والعشرين في جميع أنحاء العالم تباينًا كبيرًا من حيث مدى جهوزيتها للتنفيذ. ويبيّن الشكل 6 (الصفحة 48) المراحل الأربع للجهوزية لتوسيع نطاق كل نوع من أنواع التكنولوجيا. وتتعلق الحلول في مرحلة النُضج في معظمها بأتمتة الإنتاج الحيواني ورقمنة المزرعة بأكملها. وللمعدات والآلات المؤتمتة بالكامل المتكيِّفة مع الإنتاج الحيواني آفاق واسعة من حيث توفير الكلفة وزيادة الإنتاجية (انظر الإطار 13).

ومن بين التكنولوجيات التي تشق طريقها على نطاق واسع، يعرض الشكل 6 مجموعة متنوعة من الفئات، بما في ذلك الحلول الرقمية غير المدمجة (انظر مسرد المصطلحات)، والمنظومات الجوية غير المأهولة (المعروفة عمومًا باسم الطائرات المسيَّرة)، والاستشعار عن بُعد، وحلول الميكنة باستخدام النظام العالمي لسواتل الملاحة، وتكنولوجيات المعدل المتغيِّر، وحلول الزراعة المحمية. ويسَّرت المؤلفات الواسعة التي يعود تاريخها إلى تسعينيات القرن الماضي والتي تؤيد الجدوى التجارية للتكنولوجيات التي تستخدم النظام العالمي لسواتل الملاحة[36] الأخذ بهذه التكنولوجيات. غير أن هذا لم يكن هو الحال بالنسبة إلى تكنولوجيات المعدل المتغيِّر، نظرًا لتباين الأدلة على ربحيتها (انظر الفصل الثاني).[29]

أ انظر وصفًا أكثر تفصيلًا في McCampbell، 2022[30] وCeccarelli وآخرين، 2022.[31]

الشكل 6 الجهوزية لتوسيع نطاق تكنولوجيات الأتمتة الرقمية على امتداد الطيف



ملاحظات: الجهوزية لتوسيع النطاق تنقسم إلى أربع مراحل: (1) النموذج الأوّلي – تم اختبار المفهوم وإثباته في تجارب محدودة؛ (2) ووشيكة من دخول السوق – يُطبّق الحل في ظروف إنتاج حقيقية، ويبحث مقدّم الخدمة واحدًا أو أكثر من نماذج العمل للوصول إلى العملاء؛ (3) وآخذة في الاتساع – يؤخذ بالحل من جانب العديد من المستخدمين النهائيين/العملاء، وهناك واحد أو أكثر من نماذج العمل المربحة؛ (4) وناضجة – اكتسب الحل قاعدة عملاء مخصصة، وله واحد أو أكثر من نماذج العمل المربحة والطلب آخذ في الازدياد.
المصدر: Ceccarelli وآخرون، 2022.

وتشمل الحلول القريبة من السوق أو التي لا تزال في مراحل النموذج الأوّلي في معظمها الأتمتة المتقدمة والروبوتات لكل من الزراعة الحقلية والمحمية، وكذلك تربية الأحياء المائية، بالإضافة إلى المنظومات الجوية غير المأهولة للاستشعار واستخدام المدخلات. وأثبتت بعض التكنولوجيات بالفعل أنها مربحة وتحل محل العمل اليدوي في البلدان المرتفعة الدخل، حيث تؤدي مجموعة من المهام التي تتراوح بين الري واستكشاف الآفات والحصاد وإزالة الأعشاب الضارة وانتقاء الفاكهة وقطفها؛ وفي المقابل، لا توجد أي أدلة على الأخذ بها في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل.

ولا يزال العديد من الحلول في المراحل الأولى من التطوير والاستخدام التجاري، ولم تُحدد بعد الجدوى التجارية. ويتبين من دراسات الحالة السبع والعشرين أن بعض الحلول لا يزال في مرحلة النموذج الأوّلي (شركة GRoboMac وشركة Seed Innovations)، بينما يقترح آخرون حلولًا أوشكت على دخول مرحلة السوق (على سبيل المثال، شركة Atarraya، وشركة Food Autonomy،

الإطار 14 أثر رشاش رقمي للبساتين في الاتحاد الأوربي: أدلة من بولندا وهنغاريا

استثمر الاتحاد الأوروبي 20 مليون دولار أمريكي في مشروع SmartAgriHubs الذي يهدف إلى رقمنة الزراعة الأوروبية. وجزء من هذا المشروع هو تطبيق رشاشات البساتين الذكية (Smart Orchard Spray Application)، المصمَّم للاستفادة من تقنيات الرش الذكية المضمَّنة في أجهزة إنترنت الأشياء لتحقيق المستوى الأمثل من الكفاءة وجودة المعالجة في البساتين. ويمكن للرشاشات المدعومة بإنترنت الأشياء أن تقلل بدرجة كبيرة من استخدام منتجات وقاية النباتات من خلال التكيُّف تلقائيًا مع مناطق الحقول المحددة بالإضافة إلى ظروف النباتات الفردية. وأدى دمج الاستخدام السحابي لتطبيق رشاشات البساتين الذكية في العمليات الحالية للمزارعين وحلول البرمجيات إلى تحقيق زيادات أخرى في كفاءة إنتاج الأغذية وربحيتها واستدامتها. ويمكن لهذا التطبيق، نظرًا لإمكانية تتبّعه، أن يُحسّن أيضًا سلامة الأغذية ومستويات الجودة. ويستطيع المنتجون في كل عام توفير 517 يورو من الوقود لكل هكتار وخفض كلفة المبيدات بنسبة 25 في المائة، فضلًا عن زيادة الإيرادات بفضل تحسين عمليات صنع القرار.

المصدر: IoF، 2019.[37]

وشركة GRoboMac، وشركة Harvest CROO Robotics، وشركة HortiKey، وشركة UrbanaGrow).وهناك عدة حالات يتسع فيها نطاق الحلول (على سبيل المثال، وشركة Aerobotics، وشركة Cattler، وشركة Cropin، وشركة ioCrops، وشركة SeeTree، وشركة SOWIT، وشركة TROTRO Tractor، وشركة Tun Yat) أو بلغت مرحلة النُضج (شركة Lely، وشركة ZLTO، وشركة ABACO، وشركة Egistic، وشركة Igara Tea). ويمكن الرجوع إلى الملحق 1 لمزيد من التفاصيل عن الجاهزية لمرحلة توسيع نطاق كل نوع من أنواع التكنولوجيا.

نظرة متفحصة على نتائج دراسات الحالة

إن أهم النتائج المنبثقة عن دراسات الحالة، من منظور مقدّم الخدمة، هي أن 10 فقط من هذه الشركات السبع والعشرين تبدو مربحة ومستدامة ماليًا. وبلغت هذه الأعمال مرحلة النُضج (انظر الشكل 6)، ويوجد معظمها في بلدان مرتفعة الدخل أو في بلدان متوسطة الدخل من الشريحة العليا، وتخدم كبار المنتجين، رغم وجود استثناءات (على سبيل المثال شركة لإنتاج الشاي في أوغندا تستهدف صغار منتجي الشاي). والواقع أن معظم الشركات تعمل في البلدان المرتفعة الدخل – على الرغم من نشأتها في بعض الأحيان في بلدان متوسطة الدخل من الشريحة العليا، مثلما في حالة شركة Aerobotics في جنوب أفريقيا وشركة Atarraya في المكسيك وشركة Cattler في الأرجنتين – ويوحي ذلك بأن الجدوى التجارية للاستثمار في هذه التكنولوجيات أقوى في البلدان المرتفعة الدخل.

ومن منظور المستخدمين، أشار أكثر من ثلث دراسات الحالة إلى أن المزارعين يستفيدون من هذه الحلول من خلال تحقيق مكاسب في الإنتاجية والكفاءة، فضلًا عن الفرص التي تتيحها الأسواق الجديدة. ومن ذلك على سبيل المثال أن حلًا رقميًا في أوغندا يهدف إلى تحسين إنتاجية الشاي وكفاءته (Igara Tea) مكّن 7 000 مزارع من زيادة الإنتاج بنسبة بلغت 57 في المائة خلال خمس سنوات. وتؤكد إحدى شركات خدمات التأجير في ميانمار (Tun Yat) أن كل مزارع يستخدم خدماتها يكسب ما يقرب من 240 دولارًا أمريكيًا إضافيًا في السنة؛ ويرجع ذلك أساسًا إلى ارتفاع مستوى جودة الدّراس وتحسّن المناولة إلى جانب تقليل خسائر المحاصيل في مرحلة ما بعد الحصاد.[31] وفي ثلاث حالات أخرى – إحداها تُركز على الثروة الحيوانية (GARBAL)، وأخرى تُركز على خدمات تأجير الآلات لإنتاج المحاصيل (TROTRO Tractor)، وثالثة تُركز على الأشجار المثمرة (SeeTree) – مع أن الأدلة على استدامتها المالية لا تزال ضعيفة، فإن حقيقة أن المزارعين يدفعون بالفعل أموالًا مقابل الحلول تُشير إلى وجود جدوى تجارية للاستثمار فيها. وفي حالة عدم وجود معلومات عن جدوى الأخذ بالحل، يمكن أن يكون عدد المستخدمين أو الاستثمارات التي يجذبها الحل مؤشرًا على

استدامته المالية. وعلى سبيل المثال، في خمس حالات، أشار مقدمو الخدمات إلى عدد من المنتجين الذين يستخدمون خدماتهم (شركة Aerobotics، وشركة Cattler، وشركة Egistic، وشركة Lely، وشركة SOWIT)، وأشار مقدمو الخدمات في حالتين إلى الاستثمارات التي اجتذبتها الشركة (شركة Atarraya وشركة Harvest Croo Robotics).

ولا يزال تطوير الكثير من هذه التكنولوجيات في مراحله الأوّلية، إذ لم تُحدد بعد جدواه. وهناك حاجة إلى مزيد من الأدلة المستمدة من تحليل نسبة الكلفة إلى الفائدة لبلورة فهم أفضل لطريقة تكييف التكنولوجيات مع الظروف المحددة (انظر الإطار 14 في الصفحة 49 للاطلاع على مثال من أوروبا).

وتتيح المعلومات التي تم جمعها حتى الآن فهم بعض دوافع الأتمتة الرقمية والحواجز التي تحول دون الأخذ بها. أولًا، يُشير الارتفاع في معدل الأخذ بحل ما أن التكنولوجيا يمكن أن تؤدي العمليات الزراعية بنجاح، ولكنه يُشير أيضًا إلى قدرة المزارعين على التعامل معه. وتوضح إحدى دراسات الحالة بشأن رقمنة المحاصيل والثروة الحيوانية (ZLTO) كيف أن المنتجين الزراعيين لا يملكون سوى القليل من الوقت للتعرف على الحلول الجديدة، ولا سيما عندما لا تكون مدمجة في الآلات؛ وفي المقابل، عندما تكون الآلات الزراعية الجديدة مجهزة بالفعل بأجهزة النظام العالمي لسواتل الملاحة، فإن الأخذ بهذه الحلول – في تحديد مواقع الآلات بدقة أكبر أثناء العمليات – يصبح أسهل.[31]

ومن الأسباب الرئيسية التي تجعل المنتجين الزراعيين يكافحون من أجل استخدام تكنولوجيات الأتمتة الرقمية انتشار الأمية الرقمية ونقص الوعي بإمكانات هذه الحلول. وبالإضافة إلى ذلك، هناك عزوف عن التغيير مرتبط عمومًا بشيخوخة سكان المزرعة. وتظهر هذه العوامل في دراسات الحالة في جميع أنحاء العالم (شركة Abaco في أوروبا؛ وشركة ioCrops في جمهورية كوريا؛ وشركة Seed Innovations في نيبال؛ وشركة SeeTree في الأمريكيتين وأوروبا وجنوب أفريقيا؛ وشركة TraSeable Solutions في فيجي وفي سائر بلدان المحيط الهادئ؛ وشركة Tun Yat في ميانمار)، ولا تقتصر على البلدان المنخفضة أو المتوسطة الدخل. ولهذا السبب، يُشار إلى التغيير المتوارث بين الأجيال كدافع كامن وراء الأخذ بالأتمتة، إذ يشكل المزارعون الشباب دافعًا رئيسيًا لتحويل المزرعة الأسرية نحو الرقمنة والأتمتة المتقدمة. وتُشير الأدلة المستمدة من ثلاث دراسات حالة في جمهورية كوريا (شركة ioCrops) والولايات المتحدة الأمريكية (شركة Atarraya وشركة Cattler) إلى أن المزارعين الشباب أكثر انجذابًا إلى الابتكارات. ولذلك، فإن بناء القدرات ضروري للدفع قدمًا بعملية الأخذ بالأتمتة.

ومن الدوافع الأخرى للأتمتة أو الحواجز التي تحول دون الأخذ بها الموقف المتخذ حيال المخاطرة. وتُشير اثنتان من دراسات الحالة (Aerobotics وCattler) إلى أن كبار المنتجين في جنوب أفريقيا والأرجنتين على التوالي، هم عمومًا أكثر ديناميكيةً وانفتاحًا على حلول الأتمتة الرقمية مقارنة بنظرائهم في الولايات المتحدة الأمريكية. ويرجع ذلك بشكل أساسي إلى أن المنتجين في الحالة الثانية يشعرون بأنهم أقل عرضة لمخاطر السوق، في حين أن المنتجين في الحالة الأولى يحتاجون إلى أن يكونوا أكثر قدرة على المنافسة في السوق الدولية. والواقع أن الديناميكية والموقف حيال المخاطرة لدى المنتجين في الأرجنتين وجنوب أفريقيا ربما يكون مدفوعًا بالتعرض للمنافسة الدولية، ما يؤدي إلى زيادة الأخذ بالتكنولوجيات.

وتشمل الدوافع الأخرى – المذكورة أيضًا في الفصل الثاني – نقص اليد العاملة (بما في ذلك اليد العاملة الموسمية، وهو ما أشارت إليه كل من GRoboMac وIgara Tea و SOWIT وTROTRO Tractor)، وظروف العمل الأكثر أمانًا، وخفض المشقة (انظر حالتي Lely وSOWIT). ومن الملاحظات المثيرة للاهتمام لدى شركة TROTRO للجرارات أنّ نقص اليد العاملة دافع قوي للأخذ بالتكنولوجيا لدى المزارعات اللواتي يواجهن صعوبة أكبر في العثور على عمال مقارنة بالمنتجين الذكور. وعلاوة على ذلك، تؤدي النساء في العادة العمليات في وقت لاحق نظرًا لأنهن لا يصلن إلى الآلات إلّا بعد انتهاء نظرائهن الذكور من استخدامها. وتتيح حلول مثل TROTRO Tractor للنساء الحصول على المعدات بصورة مستقلة عن استخدامها من جانب الرجال.[30] ومن النتائج الأخرى المثيرة للاهتمام أن جائحة كوفيد-19 اعتُبرت عاملًا دافعًا في حالتين، لأن الحاجة إلى تجنّب التلامس الجسدي أو الحد منه زادت من قيمة الحلول الرقمية (انظر الإطار 15). ■

الإطار 15 جائحة كوفيد-19 حفزت الاهتمام بالتكنولوجيات الرقمية: أدلة مستقاة من اثنتين من دراسات الحالة

من بين دراسات الحالة السبع والعشرين التي أُعدت لهذا التقرير، سلّطت دراستان الضوء على دور جائحة كوفيد-19 كدافع كامن بصفة خاصة وراء الأخذ بالتكنولوجيا. وأشارت شركة TROTRO Tractor، التي تعمل في العديد من بلدان أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، إلى الجائحة باعتبارها دافعًا مهمًا للإقبال على خدماتها. ومكّنت منصة الشركة من إنتاج المحاصيل على الرغم من القيود المفروضة على الحركة وتطبيق نظام للقسائم الإلكترونية.

كما أشارت شركة TraSeable – التي توفر تطبيقًا للهاتف المحمول مع أدوات رقمية بسيطة تسمح للمزارعين في منطقة المحيط الهادئ بمواكبة الشؤون الجارية في قطاع الزراعة – إلى جائحة كوفيد-19 باعتبارها عاملًا تمكينيًا للأخذ بالتكنولوجيا. وكان التطبيق قد صدر في عام 2020. ووفقًا لمن أُجريت مقابلات معهم، ترجع الزيادة الملحوظة في حالات تنزيل التطبيق في جانب منها إلى القيود المفروضة على الاتصالات المباشرة وجهًا لوجه للسيطرة على جائحة كوفيد-19.

المصدر: Ceccarelli وآخرون، 2022.[31]

ما وراء الجدوى التجارية: دور الاستثمارات والسياسات والتشريعات

استعرضت الأقسام السابقة الأدلة المتعلقة بالجدوى التجارية لتكنولوجيات الأتمتة الزراعية. وأظهر ذلك القسم أن الميكنة الآلية حققت بصفة عامة فوائد كبيرة للمنتجين الزراعيين، وعندما تُصمَّم وفقًا للاحتياجات المحلية يمكن أن تولِّد أيضًا فوائد الاستدامة من خلال زيادة كفاءة استخدام الموارد وتحقيق وفورات في الموارد الشحيحة. وسُلطت الأضواء أيضًا في ذلك القسم – على الرغم من الأدلة المحدودة – على الدروس المهمة التي تُعزز بلورة فهم أفضل للجدوى التجارية لتكنولوجيات الأتمتة الرقمية. وتتمثل الرسالة الرئيسية في أن الجدوى التجارية لا تزال ضعيفة أو غير ناضجة لعدد من الأسباب التي تتراوح بين إحجام المزارعين عن المخاطرة لأن التكنولوجيات لا تزال جديدة، والافتقار إلى المعرفة الرقمية اللازمة لتشغيلها.

ويقطع هذا القسم شوطًا آخر في التحليل ويتجاوز الجدوى التجارية، إذ يتناول العوامل الهيكلية (أي السياسات والتشريعات والاستثمارات العامة) التي تُشكل حوافز للمنتجين الزراعيين ومقدمي تكنولوجيات الأتمتة، وتشجعهم على تحمّل مخاطر الأخذ بها. وفي أفريقيا، على سبيل المثال، حيث كان الأخذ بالتكنولوجيا أقل مما كان عليه في أقاليم أخرى، بلغ الطلب على الميكنة الآلية في الزراعة بالفعل مستويات عالية ولا يزال على ارتفاع. غير أن الافتقار إلى المعرفة ومهارات الآلات وصيانتها، بالاقتران مع لوائح تنظيم التجارة، والسياسات الجمركية والبنى التحتية السيئة، يعوق الأخذ بالتكنولوجيات.[19] ويعيق تدني مستوى البنية التحتية في كثير من البلدان الأفريقية أيضًا الوصول إلى أسواق المناطق الحضرية ويرفع أسعار خدمات الميكنة،[38] خاصة بالنسبة إلى صغار المنتجين الذين يمتلكون قطعًا صغيرة ومجزأة من الأراضي،[9] ما يقلل من حوافز الاستثمار في التكنولوجيات.[39,19] ويُقلل تحسين البنى التحتية للنقل وشبكات الطرق من الكلفة التي يتحمّلها المنتجون في الوصول إلى التكنولوجيات والحصول على قطع الغيار وعمليات الإصلاح والوقود، ويُيسر ظهور أسواق الخدمات.[40] ومن خلال تحسين إمدادات الكهرباء والطاقة المتجددة، يمكن للحكومات أيضًا دعم استيعاب تكنولوجيات الميكنة الآلية، مثل المضخات التي تعمل بالطاقة الشمسية للري وآلات التجهيز والحفظ.[42,41,19]

وبالمثل فإن البنية التحتية السيئة تعيق الأخذ بتكنولوجيات الأتمتة الرقمية، خاصة في البلدان المنخفضة الدخل.[31,30] وتفيد التقارير باستمرار بأن إمكانية الاتصال الإلكتروني المحدودة أو الغائبة وغيرها من البنى التحتية التمكينية، بما في ذلك البنية التحتية للكهرباء والبيانات، تُشكل حواجز في معظم البلدان المنخفضة والمتوسطة والدخل، بما في ذلك في بعض دراسات الحالة التي وردت الإشارة إليها أعلاه

(على سبيل المثال، Atarraya في المكسيك وGARBAL في أفريقيا الغربية). ويعاني السكان الريفيون عمومًا من الحرمان من الإنترنت والهواتف الذكية، وبالتالي فإن فرص حصولهم على الخدمات القيّمة محدودة. وفي المقابل، عندما توجد تلك الاستثمارات فإنها تؤدي إلى زيادة الأخذ بالأتمتة – كما يتضح من اثنتين من دراسات الحالة (شركة TraSeable في فيجي وشركة Tun Yat في ميانمار) تُظهران كيف أن الانتشار السريع للهواتف المحمولة قد هيأ بيئة مؤاتية للأخذ بحلول الأتمتة الرقمية.[31]

ومن المهم للأخذ بالتكنولوجيا حيازة الأراضي نظرًا إلى إمكانية تأثيرها على إمكانية الحصول على التمويل وتشكيلها لمواقف المنتجين حيال المخاطرة. ويشيع الأخذ بالميكنة الزراعية أولًا في المزارع الكبيرة التي تتميَّز بضمانات حيازة أفضل وسهولة الوصول إلى الائتمان، والإرشاد، والأسواق، والقدرة على المخاطرة.[43] وهناك أدلة من جميع أنحاء العالم على أن المزارع الكبيرة تُطبق الميكنة في كثير من الأحيان قبل المزارع الصغيرة.[46,45,44,4] ومع ذلك، ينبغي ألّا يكون صغر حجم المزرعة حاجزًا أمام الأخذ بالتكنولوجيا إذا كانت هناك إمكانية لتطور الحلول التكنولوجية والمؤسسية المصمَّمة من أجل الميكنة في المزارع الصغيرة. وعلى سبيل المثال، تشيع في كثير من البلدان الآسيوية وفي بعض البلدان الأفريقية خدمات الميكنة المهاجرة – أي خدمات التأجير التي تنتقل لمسافات طويلة، وأحيانًا عبر مناطق إيكولوجية وحدود وطنية مختلفة، لتلبية الطلب في أماكن مختلفة، مع أن ما يقوّضها، مرة أخرى، هو البنية التحتية السيئة ومشاكل الحدود في العديد من البلدان الأفريقية.[48,47,19,4]

ويُشار في المؤلفات المتاحة ودراسات الحالة السبع والعشرين التي صدر تكليف بإجرائها لهذا التقرير،[31,30] إلى التشريعات في كثير من الأحيان كعامل تقييدي يولِّد قيودًا وينطوي على بيروقراطية ثقيلة. ويؤثر ذلك على نشر الحلول المختلفة والأخذ بها، مثل المركبات الجوية غير المأهولة، وأجهزة الاستشعار، ومحطات الأرصاد الجوية، في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل. وينطبق ذلك أيضًا على بعض البلدان المتوسطة الدخل من الشريحة العليا والبلدان المرتفعة الدخل، كما يتضح من القيود المفروضة على تصاريح الطيران في الاتحاد الأوروبي وجنوب أفريقيا (أشارت إليها شركة Aerobotics)، والقيود المفروضة على سرعة الآلات الذاتية التشغيل في الولايات المتحدة الأمريكية،[49,31] والقيود المفروضة على استيراد الطائرات المسيّرة وأجهزة إنترنت الأشياء (أشارت إليها شركة Igara Tea في أوغندا وشركة SOWIT في أفريقيا الشمالية وآسيا الغربية). وتؤثر التشريعات أيضًا على استيعاب تكنولوجيات الأتمتة الرقمية في قطاعات محددة، مثل قطاع إنتاج المحاصيل المحمية وقطاع تربية الأحياء المائية. ويسود تصور عام بأن الزراعة المحمية والاستزراع السمكي ليسا طبيعيين، ولا تفضلهما بالتالي السياسات العامة القطاعية. ومن ذلك على سبيل المثال أن تشريعات الاتحاد الأوروبي لا تُصنف إنتاج الأغذية الخالية من المواد الكيميائية في الزراعة المحمية على أنها أغذية عضوية.[31]

ومن العوامل المهمة الأخرى التي تُحد من الأخذ بالتكنولوجيات الرقمية الافتقار إلى السياسات والتشريعات المتعلقة بتشاطر البيانات والبنية التحتية ذات الصلة (أشارت إليها شركة GARBAL في أفريقيا الغربية)، وعدم كفاية السياسات العامة والتشريعات والحوافز التي تدعم الابتكارات (أشارت إليها شركة SOWIT في أفريقيا الشمالية) والشراكات بين القطاعين العام والخاص (أشارت إليها شركة Egistic في كازاخستان). ومن الناحية الأخرى، وُصف الافتقار إلى الأنظمة بأنه إيجابي في حالة واحدة (شركة Atarraya في المكسيك)؛ ووفقًا لمن أُجريت مقابلات معهم فإن الأنظمة يمكن أن تؤدي إلى بيروقراطية غير فعالة.

وفي سياقات أخرى، يشار إلى التشريعات كدافع للأخذ بالأتمتة. وفي جمهورية كوريا، على سبيل المثال، تُظهر الأدلة المستمدة من دراسة الحالة الخاصة بشركة ioCrops كيف أن الاستثمار العام في النُظم الزراعية ذات التقنية العالية، في شكل تجارب وعروض توضيحية وبناء للقدرات، ييسّر نشر الأتمتة الرقمية الزراعية. وفي نيبال، تُحابي سياسات التأمين العامة توسيع نطاق الحلول الرقمية وحلول الأتمتة (انظر دراسة حالة شركة Seed Innovations).

ويمكن للحكومات، من خلال الاستثمارات والسياسات والتشريعات، أن تؤدي دورًا رئيسيًا في تهيئة بيئة مؤاتية للابتكارات وتيسيرها، وفي ضمان أن تكون التكنولوجيات متاحة للجميع وفي متناولهم، وأن تفي بالأهداف المنشودة اجتماعيًا، مثل الشمول والاستدامة البيئية. وفي العديد من السياقات، تكون السياسات والتشريعات والاستثمارات العامة ضرورية لمعالجة القيود الخارجة عن سيطرة الجهات الفاعلة الخاصة. ويتناول الفصل الخامس هذا الموضوع بمزيد من التفصيل. ■

مسارات الأتمتة الزراعية في المستقبل: اعتبارات بشأن الأخذ الشامل بها والاستدامة البيئية

يناقش هذا القسم المسارات المستقبلية المحتملة لتكنولوجيات الأتمتة الزراعية في أنواع مختلفة من البلدان والمزارع، في ضوء العوامل الهيكلية التي يمكن أن تحدد شكل نشر هذه التكنولوجيات والأخذ بها. ويتناول هذا القسم آفاق زيادة استدامة الزراعة المميكنة. وقد صاحبت فوائد الميكنة الآلية بعض الآثار البيئية السلبية التي شملت ضمن جملة أمور التوسّع في الأراضي الزراعية على حساب الغابات أو المراعي في أراضي السافانا.[50] وعلاوة على ذلك، يناقش هذا القسم إمكانات الأتمتة في الإنتاج الزراعي على النطاق الصغير وبعض الآثار الاقتصادية والاجتماعية لمسارات الأتمتة في المستقبل.

آفاق زيادة استدامة الزراعة المميكنة بدرجة عالية

أصبحت الزراعة بالفعل مميكنة بدرجة كبيرة في البلدان المرتفعة الدخل، وكذلك في العديد من المزارع التجارية في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل، ويرجع ذلك في جانب منه إلى ندرة اليد العاملة الزراعية أو طابعها الموسمي. وفي ما يتعلق بوفورات الحجم فإن الآلات الكبيرة هي المستخدمة في أغلب الأحيان. غير أن الأدلة تبين دور ذلك في تآكل التربة وإزالة الغابات وزيادة انبعاثات غازات الدفيئة وفقدان التنوع البيولوجي.[51] وفي كثير من البلدان، يستخدم مقدمو الخدمات الآلات الكبيرة ويخدمون في معظم الحالات المزارعين الذين قاموا بإزالة الأشجار وجذوع الأشجار من أراضيهم؛[52,40] ولكنّ إزالة الأشجار من المزارع وتغيُّر أنماط الزراعة بسبب الميكنة يمكن أن يساهما في تآكل التربة.[7] وعلاوة على ذلك، يؤدي تآكل التربة وتدهورها بسبب الآلات الكبيرة الثقيلة أيضًا إلى انخفاض الغلات.[53,38] وقد أدّى استخدام الجرارات الكبيرة إلى تغيير جذري في شكل المناظر الطبيعية الريفية، إذ يقوم المنتجون في كثير من الأحيان بتوسيع قطع الأراضي وإعادة تشكيلها، ما يؤدي إلى فقدان تنوع الأراضي الزراعية والتنوع البيولوجي للأغذية والزراعة.[52,50] وترتبط الميكنة الآلية بانخفاض تنوع المحاصيل لأنها تُشجع على تحولات في الإنتاج نحو محاصيل أسهل من حيث الميكنة، مثل القمح والذرة والأرزّ.[4] ومما يؤسف له أن المزارعين لا يأخذون في كثير من الأحيان بممارسات تعزيز التنوع البيولوجي، مثل الزراعة الحافظة للموارد والزراعة البينية وتعاقب المحاصيل لأنها كثيفة جدًا في استخدام العمالة.[54] وتؤدي الميكنة في كثير من الأحيان إلى زيادة التخصص وتقليل تنويع السلع، وهو ما يمكن أن يحدّ من القدرة على الصمود.[55]

ولمعالجة هذه التحديات، يمكن تصميم الابتكارات في مجال الميكنة الآلية كي تناسب الآلات الأصغر والأخف وزنًا التي يمكن أن تحد من تراص التربة وتُخفف من الآثار البيئية السلبية. ويمكن للأتمتة الملائمة للنطاق المتكيِّفة مع الظروف المحلية أداء دور مهم في الحد من هذه الآثار. ويمكن للروبوتات الذاتية التشغيل أن تساعد على تقليل استخدام المواد الكيميائية والطاقة، ويمكن أن تحد أيضًا من انبعاثات غازات الدفيئة إذا كانت تعمل بالطاقة المتجددة.[56] ويمكن للبحوث الفنية والزراعية التطبيقية أن تساعد على استكشاف حلول الميكنة الأنسب للظروف الزراعية والإيكولوجية المحلية. ويمكن للحكومات أيضًا استخدام السياسات لتعزيز الحصول على الآلات والمعدات التي يثبت أنها أكثر مراعاة للبيئة.[40,38]

ويمكن للزراعة المحافظة على الموارد أن تحد من تآكل التربة، باستخدام أمشاط شق التربة أو آلات الغرس المباشرة لتحل محل المحاريث. وإلى جانب تعاقب المحاصيل وأغطية التربة الدائمة، يمكن لهذه الممارسات التي تتسبب في أقل قدر من الاختلال في التربة أن تحد من تآكل التربة بنسبة تصل إلى 99 في المائة.[57] ويبدو أن الزراعة المحافظة للموارد وسيلة للمضي قدمًا في الزراعة، ولكن لا بدّ من وجود حلول مكيِّفة محليًا لتجنب بعض التحديات.[58] وفي هذا السياق، نُظِّم في مايو/أيار 2019 تدريب إقليمي على الميكنة الملائمة للزراعة الحافظة للموارد شارك فيه مركز الميكنة الزراعية المستدامة – وهو مؤسسة إقليمية تابعة للجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لآسيا والمحيط الهادئ – وشركاؤه في كمبوديا.[59]

ويتسم الانتقال إلى الطاقة المتجددة بأهميته ليس من المنظور البيئي وحسب، بل كذلك من المنظور المالي. وتُحدد الدراستان المتعلقتان بحالة TROTRO Tractor في غانا وTun Yat في ميانمار ارتفاع أسعار الوقود وعدم استقرارها كحاجزين مهمين أمام الأخذ بالأتمتة (انظر الملحق 1). وعلاوة على ذلك تتيح الطاقة المتجددة إمكانات جديدة لتشغيل الأتمتة على طول سلسلة القيمة، وقد تكون جذابة بشكل خاص للمناطق

الإطار 16 حلّ مشكلة نقص اليد العاملة في حقول الفراولة باستخدام روبوتات الحصاد

يمكن لآلات الحصاد المؤتمتة قطف المحاصيل وفحصها وتنظيفها وتعبئتها ذاتيًا. وطوّرت شركة Harvest CROO Robotics في الولايات المتحدة الأمريكية روبوتات لحل مشكلة نقص اليد العاملة في صناعة إنتاج الفراولة من خلال حصّادة روبوتية. وتحتوي كل حصّادة على 16 روبوتًا يعمل ذاتيًا، وتتنقل عبر المزرعة وتفحص جودة الفراولة ومدى نضجها، ثم تشرع في قطفها وتنظيفها وتعبئتها. وبالتالي فإن هذه التكنولوجيا تحل تمامًا محل العمل اليدوي في التشخيص واتخاذ القرارات وأداء هذه المهمة.

ويمثّل روبوت Harvest CROO Robotics أحد حلول جني ثمار الفراولة القليلة المعروفة المتاحة حاليًا في الولايات المتحدة الأمريكية. وقد اجتذب استثمارات من حوالي 70 في المائة من مزارعي الفراولة الوطنيين – كبار المزارعين في العادة – استجابة للمخاوف المتعلقة بنقص اليد العاملة وكلفتها. ويُطبّق نظام للدفع أولًا بأول، وترتبط مدفوعات المنتجين بالحجم الذي يتم حصاده.

وسيكون الهدف بمجرد توسيع التكنولوجيا تكوين أسطول من آلات الحصاد التي يمكن التحكم فيها عن بُعد من مركز للعمليات؛ وبالإضافة إلى عمليات القطف والفحص والتنظيف والتعبئة، سيكون من الممكن أيضًا جمع البيانات وإطلاع المزارعين عليها.

المصدر: Ceccarelli وآخرون، 2022.[31]

الريفية النائية.[60] ومع ذلك، لا تُدار جميع العمليات بكفاءة باستخدام مصادر الطاقة المتجددة المتاحة حاليًا. ومن ذلك على سبيل المثال أن الكهرباء ليست مناسبة لتسوية الأراضي الكثيفة من حيث استخدام القوى. ويتعيّن إجراء بحوث لاستكشاف حلول الطاقة المتجددة غير المتصلة بالشبكة الكهربائية التي يمكن أن تُشغَّل بأقصى قدر من الكفاءة كل نوع من أنواع الآلات على طول سلسلة القيمة.[51]

ويوضح الفصل الثاني أن نقص اليد العاملة، فضلًا عن الحاجة إلى زيادة الكفاءة والقدرة على الصمود في وجه الصدمات والضغوط المناخية، يدفع إلى الأخذ بتكنولوجيات الأتمتة الرقمية والروبوتات المزودة بالذكاء الاصطناعي في المزارع العالية الميكنة. وتُشير الأدلة إلى أن لهذه التكنولوجيات فوائد بيئية، ويمكن أن تكون مفيدة لتوجيه الابتكارات في المستقبل؛ ومع ذلك، وبالنظر إلى أن البيانات محدودة ولا يزال العديد من الحلول في المراحل المبكرة من التطوير والاستخدام التجاري (انظر الشكل 6 في الصفحة 48)، لا يمكن تعميم الفوائد المحتملة. وفي ظل ازدياد تطور هذه التكنولوجيات والأخذ بها على نطاق أوسع في جميع أنحاء العالم، بما في ذلك من خلال الاستخدام المشترك وخدمات التأجير، قد يتسع الأخذ بها ليشمل صغار المزارعين.[31]

وتحل الروبوتات في البلدان المرتفعة الدخل محل العمل اليدوي في مهام تتراوح بين الري واستكشاف الآفات والحصاد وإزالة الحشائش الضارة، وانتقاء الفاكهة وقطفها. ومن ذلك على سبيل المثال أن مقدِّم الخدمة لاحظ في إحدى دراسات الحالة (شركة Harvest CROO Robotics) أن 70 في المائة من منتجي الفراولة في الولايات المتحدة الأمريكية قد استثمروا بالفعل في مشروعهم لتطوير روبوتات حصاد الفراولة (انظر الإطار 16). ويمكن لتكنولوجيات الروبوتات أن تحقق فوائد بيئية إذا كانت تُقلل من استخدام مبيدات الآفات ومبيدات الأعشاب أو تتخلص منها. وتوفِّر روبوتات المحاصيل الذاتية التشغيل اليد العاملة، وتُحسِّن توقيت العمليات، وتُحقق المستوى الأمثل لكميات المدخلات المستخدمة، وتحد من تراص التربة، وخاصة عند استخدام أسراب الروبوتات الأصغر حجمًا. واستنادًا إلى استعراض شمل 18 دراسة، تُعتبر روبوتات المحاصيل الذاتية التشغيل المستخدمة في الحصاد والبذر وإزالة الأعشاب الضارة مجدية اقتصاديًا في ظروف معيّنة.[63,62,61] وتوفِّر أسراب الروبوتات، على وجه الخصوص، ميزة من حيث الكلفة في المزارع الصغيرة الحقول ذات الأشكال غير المنتظمة.[64] ويحتاج صانعو السياسات والمنتجون إلى بلورة تصوّر أوضح لهذه الفوائد من أجل زيادة الاستثمار في تطوير التكنولوجيات ذات الصلة.

الإطار 17 الجدوى التجارية بالنسبة إلى النساء المعتمدات على الميكنة الآلية: أدلة من نيبال

هناك ثلاث طرق يمكن من خلالها للميكنة الآلية تمكين النساء والاستجابة لاحتياجاتهن. وقد تكون النساء: (1) عميلات لمقدمي خدمات الميكنة – تقليل مشقة العمل في المزرعة وتوفير الوقت للراحة ولمزاولة الأنشطة الاجتماعية والاقتصادية الأخرى؛ (2) ومشغلات للآلات والمعدات أو موظفات في أعمال تأجير الميكنة – استخدام مهاراتهن التقنية لكسب الدخل؛ (3) ورائدات أعمال يقمن بإدارة أعمالهن الخاصة في مجال خدمات تأجير الميكنة – توفير خدمات الميكنة للمزارعين الآخرين وتوليد الإيرادات.

ويُقدم تقرير أصدرته منظمة الأغذية والزراعة مؤخرًا معلومات عن الآلات والمعدات التي اختُبرت في السوق لإنتاج المحاصيل ولعمليات ما بعد الحصاد في نيبال. والهدف من ذلك هو تعزيز ودعم وصول المرأة إلى الميكنة الزراعية الآلية كمشغلة و/أو مديرة. ومن أمثلة المعدات الآلية التي تستخدمها النساء ما يلي:

- **العزّاقة الآلية** تأتي في عدة أنواع وأشكال. وتقوم هذه الآلة بإجراء عمليات إزالة الأعشاب الضارة والزراعة بين خطوط المحاصيل ذات المسافات الواسعة، مثل الخضار والذرة وقصب السكر. ووفقًا للتقرير، بالمقارنة مع العمل اليدوي فإن آلة واحدة يمكنها إزالة الأعشاب الضارة من مساحة كبيرة جدًا. وأفادت مزارعات الذرة في مقاطعة دانغ بأنهن استطعن توفير 000 10 روبية نيبالية (84 دولارًا أمريكيًا) لكل بيغا (وهي مساحة تعادل 0.66 هكتارًا) باستخدام العزّاقات الآلية الكبيرة بدلًا من دفع ثمن إزالة الأعشاب الضارة يدويًا.
- **آلة الدرس المحمولة** هي آلة درس تعمل بمحرّك وتُستخدم مع حُزم الأرزّ أو القمح. وهي تقضي على المشقة التي تنطوي عليها أعمال الدرس باليد، وتوفّر الوقت وتزيد بدرجة كبيرة كمية الحبوب التي يتم درسها (بزيادة تتراوح بين 8 و10 مرات مقارنة بالدرّاسة اليدوية). ونظرًا إلى ارتفاع معدل الدرّاس، فإنها مناسبة لمقدمي الخدمات من الأفراد أو مراكز التأجير بحسب الطلب.
- **فرّاطة الذرة** تُستخدم في فصل حبوب الذرة عن العرنوس وهي تقضي على المشقة والألم الناتجين من التفريط باليد، وتوفّر الوقت وتزيد بدرجة كبيرة كمية الحبوب التي يمكن تفريطها في وقت معيّن (أسرع بما يتراوح بين 30 و40 مرة مقارنة بالتفريط اليدوي). وتشغل أيضًا حبوب الذرة المفرّطة مساحة أقل من الذرة الموجودة على العرانيس، ما يجعل تخزينها أكثر سهولة.

المصدر: Justice وFlores Rojas و Basnyat، 2022.[66]

إمكانات أتمتة الزراعة الصغيرة النطاق غير المميكنة أو التي قلّما تعتمد على الميكنة

يتألف صغار المنتجين الزراعيين من مجموعة شديدة التنوع من وحدات الإنتاج الزراعي. وقد يكون بعضها تجاريًا إلى حد كبير ويستخدم التكنولوجيات الحديثة، بما في ذلك الميكنة الآلية، بينما يمارس بعضها الآخر زراعة الكفاف باستخدام أدوات بسيطة. ويعتمد هؤلاء المنتجون بصفة عامة اعتمادًا كبيرًا على اليد العاملة الأسرية، ويقومون بمكينة جزء فقط من عملياتهم في المزرعة – إن وجدت. ومع ذلك، يمكنهم في العديد من السياقات الاستفادة من التوسع في أسواق تأجير الآلات. وتُهيمن على سوق التأجير في العادة الآلات الكبيرة التي تنتقل عبر مختلف المناطق الزراعية والإيكولوجية داخل الحدود الوطنية وعبرها. وللاستفادة من هذه الخدمات، يتعيَّن على المنتجين تكييف مزارعهم ونُظم إنتاجهم لتتوافق مع هذا التركيز على الإنتاج الزراعي الواسع النطاق. وبالتالي، هناك حاجة مُلحة إلى إيجاد حلول مناسبة أولًا لمعالجة الآثار السلبية التي نشأت في الماضي عن الميكنة وثانيًا، لتيسير توسيعها، وبالتالي زيادة الإنتاجية على نحو مستدام.

الآلات الصغيرة أنسب للزراعة صغيرة النطاق

ساهمت الحلول التكنولوجية، مثل الجرارات الصغيرة ذات العجلتين وذات الأربع عجلات بدور أساسي في زيادة الميكنة في آسيا.[20,19,2] ومن المرجح أن تكون الجرارات ذات العجلتين مربحة أكثر ومتكيِّفة بصورة أفضل مع المزارع الصغيرة. ويمكنها المناورة حول جذوع الأشجار والأحجار والتقليل إلى أدنى حد من فقدان التنوع البيولوجي كونها لا تتطلب الكثير من أعمال الإزالة الحقلية. وهي أيضًا

أسهل في تشغيلها وصيانتها وإصلاحها وأنسب للتمويل البالغ الصغر.[65,22] ويمكن تطبيق المنطق نفسه على مجموعة أوسع من الآلات الزراعية الصغيرة المزوّدة بمحركات والأكثر مراعاة للتنوع البيولوجي نظرًا لأنها لا تتطلب الكثير من أعمال إعادة تشكيل الحقول الزراعية أو إخلائها. وقد تكون هناك أيضًا فوائد من حيث المساواة بين الجنسين (انظر الإطار 17 الذي يعرض أمثلة ناجحة على الآلات الصغيرة المزودة بمحركات التي تستخدمها المرأة في نيبال)، مع إمكانية تحقيق وفورات في اليد العاملة والموارد، وزيادة في تمكين المرأة.

تكنولوجيات الأتمتة الرقمية يمكن أن توفّر فوائد متعددة، ولكن هناك تحديات كثيرة تواجهها الزراعة الصغيرة النطاق

تُسلّط البحوث المتزايدة على الزراعة الدقيقة في البلدان المنخفضة الدخل والبلدان المتوسطة الدخل من الشريحة الدنيا الضوء على الحاجة إلى تسخير إمكانات تكنولوجيات الأتمتة الرقمية للزراعة الصغيرة النطاق.[69,68,67] ولتحفيز الأخذ بالأتمتة، يبحث بعض مقدمي الخدمات في إمكانية تقديم خدمات استشارية مجانية لصغار المنتجين، مستندين في نموذج عملهم إلى الدخل المحتمل الناتج عن بيع البيانات التي تُجمع من المزارعين.[31] وقد يكون هذا الخيار نقطة انطلاق مشجعة، شريطة الوفاء بمعايير تشاطر البيانات والخصوصية. وعلاوة على ذلك، هناك استعداد لدى المزارعين لزراعة المحصول نفسه في المناطق المتاخمة، وتقاسم المدفوعات مقابل الخدمات الاستشارية المستندة إلى المنظومات الجوية غير المأهولة (على سبيل المثال في بوركينا فاسو،[70] وغانا،[71] ورواندا[72]).

ودفعت التكنولوجيات الرقمية أيضًا بعجلة الخدمات الاستشارية الزراعية لصالح صغار المنتجين.[30] وأكثر الحلول الرقمية انتشارًا في البلدان المنخفضة الدخل هي أدوات رقمية غير مدمجة، بسبب انخفاض كلفتها، ولكن آثارها على الإنتاجية والاستدامة البيئية لا تزال غير معروفة إلى حد كبير. وعلاوة على ذلك فإن البيانات المتاحة غير كافية لتوليد المشورة المناسبة التي يحتاج إليها صغار المنتجين. وبالإضافة إلى ذلك، فإن انخفاض مستوى المهارات الرقمية يؤدي إلى صعوبات مرتبطة بتوسيع النطاق، كما أن هناك فجوة رقمية قوية، حيث فرص الوصول إلى الحلول أقل أمام النساء والمجموعات الضعيفة الأخرى. ومن المسائل الناشئة الأخرى في كثير من البلدان عدم وجود تشريعات بشأن خصوصية البيانات وحمايتها، ما قد يؤدي إلى سوء استخدام البيانات من جانب أطراف ثالثة.[73]

وهناك أيضًا بحوث حول استخدام الطائرات المسيَّرة في المعالجة بالمدخلات مثل الأسمدة والمواد الكيميائية في المزارع الصغيرة (بما في ذلك في أفريقيا)؛[75,74] وبدأ الاستخدام التجاري، ولكن الحلول المطبقة تعتمد في معظمها على الخرائط مع قليل جدًا من القدرة على اتخاذ قرارات مستقلة. وتشمل فوائد استخدام الطائرات المسيّرة في المعالجة بالمدخلات تحسين الدقة، والحد من التعرّض لمبيدات الآفات، وإمكانية الاستخدام في الحقول التي يتعذر وصول المعدات إليها (بسبب شدة رطوبة الحقول أو تعذر الوصول إليها)، وتجنب إلحاق أضرار بالمحاصيل الدائمة بسبب المعدات المتحركة. وتعتمد الربحية على كلفة المعدات وفعالية الاستخدام، والوفورات في المدخلات بسبب المعالجة الموضعية وتحسين الغلات من خلال الحد من الأضرار مقارنة باستخدام الآلات الأرضية. ويُعد توافر الطائرات المسيَّرة والقدرة على تحمل كلفتها أمرًا أساسيًا لصغار المنتجين الزراعيين الذين لا يملكون في العادة معدات خاصة بهم. وتترتب على هذه التكنولوجيات تحديات كثيرة، مثل إعادة ملء خزانات الرش أو صناديق السماد أو قواديس البذور، وإعادة شحن البطاريات، واستخدام بطاقات وسم مبيدات الآفات للمعالجة الموضوعية، وتدريب المستخدمين، وإدارة الانجراف إلى المناطق غير المستهدفة. ويتطلب التغلب على هذه المسائل قدرات فنية ومؤسسية، وهذا في حد ذاته يمكن أن يُشكل تحديًا إضافيًا في العديد من البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل.[76]

وبالنظر إلى أن الكلفة تُشكل أحد الحواجز التي تحول دون الأخذ بالأتمتة الرقمية من جانب صغار المنتجين، فإن التكنولوجيات المحسّنة والحجم ونماذج العمل المبتكرة مهمة بصورة خاصة لتعزيز القدرة على تحمّل الكلفة. وهذه المسألة تُظهرها بوضوح أجهزة الحاسوب والهواتف الذكية: فمجرد تصنيعها بكميات كبيرة، تصبح أقل كلفة بكثير، ما يُمهِّد الطريق لزيادة استخدامها في الزراعة الدقيقة.[31] وفي بعض السياقات، تُشكل ندرة المياه التحدي أمام الإنتاج الزراعي؛ ففي مالي، تبين حالة نجاح الأخذ بالدفيئات الزراعية المؤتمتة (حيث يتحكم حاسوب في تطبيقات المياه ومبيدات الآفات) أن هذه التكنولوجيات يمكن أن تؤدي إلى زيادة الكفاءة في استخدام المياه والمدخلات.[77]

التربية الدقيقة للماشية

تُطبق التربية الدقيقة للماشية بشكل أساسي في النُظم المكثَّفة في البلدان المرتفعة الدخل، حيث تراقب أجهزة الاستشعار صحة الحيوانات وحالة تكاثرها وسلوكها. وتُستخدم بطاقات الوسم الإلكترونية وقواعد البيانات التسلسلية بشكل متزايد لتحسين جودة المنتجات عن طريق تيسير إمكانية تتبّع الماشية التي يتم تسويقها من النُظم الواسعة النطاق.[29] ومع ذلك، لا تزال هذه التكنولوجيات مكلفة للغاية بالنسبة إلى معظم منتجي الثروة الحيوانية في البلدان المنخفضة الدخل، ذلك أن تكنولوجيات التربية الدقيقة للماشية تُركز أكثر على نُظم التسييج الافتراضي المزوّدة بتنبيهات صوتية أو صدمات كهربائية أو غيرها من التنبيهات التي تُبقي الحيوانات داخل الحدود. وتُقلل هذه التكنولوجيات من المشقة ومتطلبات اليد العاملة، وتُيسّر إدارة تكاثرها، وجمع المعلومات، والإدارة المكثفة، وربما تُلغي الحاجة إلى السياج المادي. وبالإضافة إلى ذلك، يساعد النظام العالمي لسواتل الملاحة مربي الماشية على تحديد مواقع الحيوانات التي تُرعى في المراعي المفتوحة الكبيرة؛ ويمكن ربطها بأجهزة استشعار لرصد درجة الحرارة والحركة وغيرها من مؤشرات الصحة وحالة التكاثر. غير أن استخدام نظام فردي من النُظم العالمية لسواتل الملاحة لكل حيوان لا يزال حاليًا مكلفًا أكثر من اللازم بالنسبة إلى نُظم الرعي الواسعة النطاق. وعلى غرار المحاصيل، هناك حاجة إلى تغيير التصميم (لتحقيق كلفة أقل وإنتاج واسع النطاق) ونماذج أعمال مبتكرة لجعل هذه التكنولوجيات متاحة لنُظم الإنتاج الحيواني الواسعة النطاق في البلدان المنخفضة الدخل.[29] وتوفِّر تطبيقات الوصول إلى المعلومات المفيدة المتعلقة بإدارة الثروة الحيوانية إمكانيات كبيرة للتربية الدقيقة للماشية.[78] وهناك أدلة متواترة من كينيا على أن الرعاة يستخدمون هذه التطبيقات بصورة متزايدة للإشارة إلى حالة الأراضي العُشبية والمساعدة في العثور على أعلاف كافية عند التنقل بالقطعان.[79] ويمكن للتطبيقات القائمة على البيانات الساتلية أن تساعد على تحليل الأمراض الحيوانية والإبلاغ عنها، ما يتيح لمنتجي الثروة الحيوانية ومُربي الماشية إجراء تدخلات سريعة وموجهة.[78]

ترتيبات تشاطر الأصول في مجال الميكنة

إنّ الأدوات الرقمية واعِدة أيضًا من أجل تحسين تشاطر أصول الميكنة الزراعية لصغار المنتجين. وعلى سبيل المثال، تُبشر أجهزة التتبّع باستخدام النظام العالمي لسواتل الملاحة وبرمجيات إدارة الأساطيل – مثل الأجهزة التي تستخدم حلول أوبر لاستدعاء سيارات الأجرة – بتخفيض كلفة معاملات صغار المنتجين ومقدمي خدمات الآلات، ويمكن أن تُيسّر الإشراف على مشغلي الآلات من جانب مقدمي الخدمات.[29] وتشمل الأمثلة شركة TROTRO Tractor في أفريقيا، وشركة Tun Yat في آسيا. وتواجه هذه المبادرات تحديات مختلفة، مثل الطرق السيئة وضعف إمكانية الاتصال الإلكتروني والطابع الموسمي للطلب وبلوغه الذروة في فترات محددة. وينظر مقدمو الخدمات في استخدام الابتكارات المؤسسية للتغلب على بعض التحديات. فعلى سبيل المثال، باستخدام وكلاء الحجز لتجميع صغار المزارعين، فإنها تخفض كلفة المعاملات المتعلقة بالوصول إلى المزارعين وضمان استمرارية الأعمال.[80] ومن المحتمل أن يسمح ذلك بالأخذ تدريجيًا بالنظام العالمي لسواتل الملاحة من أجل تحديد المواقع بدقة والتحكم في الآلات المتقدمة، مع ما ينطوي عليه ذلك من إمكانات إضافية في الارتقاء بتطوير الزراعة الدقيقة من خلال تكنولوجيا العائد المتغيِّر أيضًا في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل. ويتمثل التحدي الرئيسي أمام استخدام النظام العالمي لسواتل الملاحة مع الآلات الكبيرة في الحاجة إلى أن تكون الحقول مستطيلة الشكل، وهو ما قد لا يكون عليه الحال بالنسبة إلى العديد من صغار المنتجين.

الروبوتات المزودة بالذكاء الاصطناعي

غالبًا ما تكون الروبوتات المصمَّمة للمزارع في البلدان المرتفعة الدخل غير مناسبة للبلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل التي لا تزال الزراعة فيها خاضعة لهيمنة صغار المنتجين الذين يعتمدون في معظمهم على اليد العاملة الأسرية ويؤدون الكثير من العمليات يدويًا. ومن ذلك على سبيل المثال أن آلات جني محصول القطن المؤتمتة في البلدان المرتفعة الدخل تتسم بكفاءة عالية، ولكنها غير مناسبة إلّا للقطن الذي ينضج كله في آن واحد. ويرجع السبب في ذلك إلى إمكانية أن يتسبب في إتلاف النباتات أثناء جني المحصول. ولا يناسب هذا الحل المزارع التقليدية في الهند أو أفريقيا الغربية حيث القطن محصول عالي الجودة ومتعدد الإزهار ويستمر موسمه بين 150 و160 يومًا يُقطف أثناءها القطن ثلاث أو أربع مرات.[31]

وتُشكل الكلفة حاجزًا إضافيًا أمام الأخذ بالأتمتة، خاصة بالنسبة إلى صغار المنتجين في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل التي لا توجد فيها سوى أمثلة قليلة على حلول الروبوتات. وتستهدف هذه الحلول المحاصيل ونُظم الزراعة المصمَّمة تقليديًا للعمل اليدوي، وهي مناسبة للسياقات والتحديات المحلية، ما يتطلب الحد الأدنى من التغيير في هياكل المزارع الحالية. كما أن الدوافع الكامنة وراء الأخذ بهذه الحلول اجتماعية واقتصادية في ظل الافتقار إلى اليد

الإطار 18 رؤية لروبوتات المحاصيل الذاتية التشغيل المنخفضة الكلفة

من الأمثلة على الروبوت الذي يمكن أن يكون مجديًا لصغار المنتجين روبوت محاصيل صغير ذاتي التشغيل مزوّد بعجلات يمكنه البذر وإزالة الأعشاب الضارة والحصاد، وهو بنفس كلفة الدراجة الآلية (ما يتراوح بين 500 و1 000 دولار أمريكي) – التي تمتلكها العديد من الأُسر المعيشية الزراعية في البلدان المنخفضة الدخل، ويمثّل بالتالي نقطة سعر مفيدة. ويمكن أن يكون الروبوت المزوّد بأرجل مفيدًا أيضًا في الحقول، لأنه يمكن أن يتخطى العقبات، ولكن ثمنه أعلى بكثير. وبالنظر إلى قدرة روبوت المحاصيل الذاتي التشغيل على التعلّم باستخدام الذكاء الاصطناعي، هناك إمكانية كبيرة لتحقيق زيادة كبيرة في إنتاج الغذاء بما يتجاوز المستويات الممكنة حاليًا بكثير. غير أن إنتاج روبوتات متخصصة لكل محصول وبما يناسب الظروف الزراعية والإيكولوجية المحددة هو نشاط تجاري منخفض الحجم ومرتفع الكلفة. ولذلك فإن نموذج العمل المقبول هو أن توفّر الشركة المصنعة آلة عامة ذاتية التشغيل مزوّدة بمجموعة من الأدوات التي تتكيّف مع المهام المختلفة ويصنّع بعضها محليًا. وستكون الآلة الذاتية التشغيل مزوَّدة بجهاز يعمل بالنظام العالمي لسواتل الملاحة للسماح بإنشاء خرائط (مثل لون التربة، وقوتها استنادًا إلى القدرة المطلوبة للعزق، والغلة). ويمكن تشغيلها باستخدام مصادر طاقة مختلفة (مثل الوقود والطاقة الشمسية والميثان). ولزيادة القدرة على تحمّل كلفة هذه الآلات الذاتية التشغيل، وخاصة في المراحل المبكرة، يمكن استئجارها أو استخدامها في أعمال المزرعة مقابل رسوم.

ومع آلة المحاصيل العامة الذاتية التشغيل، يُصبح العديد من أنواع الأتمتة الرقمية الأخرى ممكنًا. ومن ذلك على سبيل المثال أنه بعد دمج جهاز استشعار المحاصيل، يمكن للآلة الذاتية التشغيل أن تُحدد الاحتياجات من الأسمدة،[84] ويمكن أن تستفيد من خرائط التربة والنباتات والغلة المسجلة من قبل، ويمكن أن تُحدد الآفات والأمراض والأعشاب الضارة وتستخدم مبيدات الآفات أو مبيدات الفطريات أو مبيدات الأعشاب بحسب الحاجة.

وبينما قد يكون من الصعب على صغار المنتجين الوصول إلى الأتمتة الرقمية فإن الملايين منهم يمثلون في الوقت نفسه فرصة عمل وسوق جديدة مغرية. وحدثت عملية مماثلة من البحث وتطوير التكنولوجيا وريادة الأعمال مع التخزين في أكياس مُحكمة الإغلاق في جميع أنحاء أفريقيا وجنوب آسيا.[85] وقبل ظهور أكياس تخزين المحاصيل المحسّنة التي أنتجتها شركة Purdue، كان المصنعون يُحجمون عن الاستثمار في ابتكارات تخزين الحبوب لصغار المنتجين بسبب افتقارهم الملحوظ للقوة الشرائية. ومع ذلك، بمجرد أن باعت شركة Purdue الملايين من الأكياس في أكثر من 30 بلدًا، ظهر الكثير من المقلدين والمنافسين.

المصدر: Lowenberg-DeBoer، 2022.[29]

العاملة الموسمية كأحد العوامل البارزة. وتشمل العوامل الأخرى التي تؤدي إلى تضاؤل الاهتمام بالعمالة اليدوية المنخفضة الأجر تحسين فرص الحصول على التعليم، والهجرة إلى المدن، والوصم الاجتماعي، والسياسات الحكومية لدعم العاطلين عن العمل.[83,82,81,73]

وتُشير المؤلفات إلى أن الروبوتات الذاتية التشغيل المصمَّمة خصيصًا للظروف السائدة في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل تحقق الفوائد المحتملة التالية: (1) تقليل المتطلبات المتعلقة باليد العاملة البشرية؛ (2) وخفض التكاليف وتخفيض وفورات الحجم، وضمان وصول التكنولوجيات أيضًا إلى المزارع الصغيرة التي تستخدم الميكنة التقليدية؛ (3) والقدرة على استخدام التكنولوجيات في الحقول غير المنتظمة الشكل بطريقة فعالة من حيث الكلفة، وبالتالي تجنب الحاجة إلى إعادة تشكيل المناظر الطبيعية الريفية إلى حقول مستطيلة كبيرة تكون فيها الميكنة التقليدية أكثر كفاءة. ومما يؤسف له عدم وجود تحليلات جدوى لهذه البلدان لدعم الجدوى التجارية للاستثمار في هذه التكنولوجيات.[29] ويرجع ذلك في جانب منه إلى أن المنظمات التي تطور هذه الحلول تفتقر إلى القدرة على اجتذاب الموظفين الموهوبين الذين يمكنهم إجراء ذلك التحليل أو استبقائهم؛ وهي عمومًا مؤسسات صغيرة تتنافس مع شركات كبرى.[31] ويعرض الإطار 18 الفرص والتحديات المحتملة عند تطوير روبوتات لصغار المنتجين.

الآثار الأوسع لتكنولوجيات الأتمتة الرقمية على الزراعة

تنطوي التكنولوجيات الزراعية في كثير من الأحيان على آثار اقتصادية واجتماعية وبيئية تتجاوز إلى حدّ بعيد فوائدها وكلفتها على مستوى المزرعة. ومن ذلك على سبيل المثال أن الميكنة الآلية للزراعة ارتبطت بزيادة أحجام المزارع، وإعادة تشكيل الحقول، وانخفاض عدد السكان الريفيين. وتتميَّز تكنولوجيات الأتمتة الرقمية بإمكاناتها الكبيرة في معالجة التحديات البيئية في الزراعة العالية الميكنة كما نوقش أعلاه. وعندما تكون مصمَّمة بشكل جيد فإن إمكاناتها في الزراعة الصغيرة النطاق تكون كبيرة، خاصة إذا أُدمجت مع الآلات المناسبة المزوَّدة بمحركات. وإذا طورت تكنولوجيات الأتمتة الرقمية التي نوقشت في هذا الفصل، بما فيها الروبوتات والذكاء الاصطناعي بشكل جيد وطُبّقت على نطاق واسع يمكن أن تفضي إلى آثار إيجابية أوسع نطاقًا في المستقبل، بما في ذلك ما يلي:

- **هيكل المزرعة:** تسمح أسراب الروبوتات الصغيرة بخفض وفورات الحجم والقضاء على الحوافز لتوسيع حجم المزرعة، وبالتالي تجنب الاختلال الاجتماعي والبيئي. ومن خلال تقليل المشقة وزيادة الربحية وتعزيز سمعة الزراعة كقطاع فني رفيع، يمكن لأسراب الروبوتات أن تساعد المجتمعات المحلية الريفية على استبقاء الشباب وكذلك اجتذاب العمال من سائر القطاعات (انظر المزيد عن الشباب في الفصل الرابع). وأدّت الميكنة الآلية للزراعة إلى التخلي عن الحقول الصغيرة غير المنتظمة الشكل؛ ويمكن لأسراب الروبوتات أن تتيح للزراعة للأغراض التجارية استصلاح بعض هذه الحقول المهجورة التي غالبًا ما تتميَّز بجودة التربة والأمطار الموثوقة والقرب من الأسواق. وفي المقابل، وبالنظر إلى أن أسراب الروبوتات تساعد على تحسين ربحية هذه الحقول، يمكن لبرامج الإعانات الموجهة إلى المزارع الصغيرة أن تصبح أقل كلفة. وعلاوة على ذلك، قد تتمكّن المزارع الصغيرة والمزارع الكبيرة التي لا تزال تعتمد على الجرّ الحيواني من تجاوز الميكنة الآلية والأخذ بالأتمتة الرقمية مباشرة، وتجنب الحاجة إلى إعادة تشكيل المناظر الطبيعية الريفية، والمساهمة بالتالي في زيادة التنوع البيولوجي.

- **هيكل أسواق المعدات الزراعية:** يمكن أن يؤدي ضمان وصول الزراعة الصغيرة والمتوسطة الحجم – بما فيها المحاصيل والثروة الحيوانية وتربية الأحياء المائية – إلى مختلف تكنولوجيات الأتمتة الرقمية إلى تغييرات في هيكل سوق المعدات المرتبطة بها. ويمكن أن يتيح ذلك فرصًا أمام رواد الأعمال الذين يملكون القدرة الفنية على تطوير آلات ومعدات ميسورة الكلفة وموثوقة وذاتية التشغيل، وربط هذه التكنولوجيا بنماذج الأعمال المبتكرة.

- **حماية المحاصيل كعمل خدماتي:** تُركز حماية المحاصيل حاليًا في كثير من الأحيان على بيع كميات كبيرة من مبيدات الآفات. ويمكن للرش الموجه أن يقلل من الكميات المستخدمة بنسبة تصل إلى 90 في المائة مع تحقيق فوائد بيئية كبيرة، في حين أن مكافحة الأعشاب الضارة بالوسائل الميكانيكية أو باستخدام الليزر يمكن أن تقضي على مبيدات الأعشاب تمامًا.[29] ويمكن أن يُعزز ذلك دور رواد الأعمال المحليين الذين يوفرون آلات موحدة ذاتية التشغيل للتعرّف على الأعشاب الضارة والآفات. ويمكن توفير هذه الآلات وفقًا لنموذج الخدمة مقابل الرسوم أو يمكن بيعها مباشرة للمزارعين.

- **إنتاج أكثر أمانًا وأكثر كفاءة وأكثر قدرة على الصمود في مجال الثروة الحيوانية وتربية الأحياء المائية:** يمكن للأتمتة الرقمية أن تُيسّر إلى حد كبير العمل عن بُعد وأن تساعد على تقليل عبء العمل إلى الحد الأدنى، مع تحسين الإدارة أيضًا.[86] وهناك بحوث متزايدة حول الاستخدامات المحتملة للتكنولوجيات الرقمية في تربية الأحياء المائية، وحول الطريقة التي يمكن من خلالها لهذا القطاع تحقيق تحولات كبيرة في نماذج الأعمال المرتبطة بها وفي هيكل المزارع.[87] وعلى سبيل المثال، يمكن لتكنولوجيات إنترنت الأشياء أن ترصد تلقائيًا ظروف المياه وتتيح لمزارعي الأسماك اتخاذ إجراءات فورية.[88] وفي قطاع الإنتاج الحيواني، تسمح زيادة استخدام أجهزة الاستشعار البيومترية التي ترصد صحة الحيوان وسلوكه في الوقت الحقيقي، للمنتجين بالحصول على معلومات في الوقت الحقيقي، وبالتالي تنفيذ إجراءات موجهة يمكن أن تحقق العديد من الفوائد، بما في ذلك الحد من استخدام المضادات الحيوية. وتُمكّن أجهزة الاستشعار أيضًا تكنولوجيا قواعد البيانات التسلسلية التي يمكن أن تضمن إمكانية تتبّع المنتجات الحيوانية من المزرعة إلى المائدة، ويمكن أن توفّر مزايا رئيسية في رصد حالات تفشي الأمراض ومنع الخسائر الاقتصادية المرتبطة بها والجوائح الصحية المرتبطة بالأغذية.[89]

وستظهر آثار أخرى مع تطور التكنولوجيات وتيسير الوصول إليها. غير أن الآثار الدقيقة ستعتمد على كثير من العوامل، بما في ذلك خصائص التكنولوجيا، وإمكانية الاتصال الإلكتروني، والأُطر القانونية والتنظيمية، والقرارات التجارية من قِبل المؤسسات والشركات الناشئة، وردود فعل وسائل التواصل الاجتماعي، والمواقف الثقافية حيال الأتمتة الرقمية الزراعية. ويمكن للحكومات أن تُشجع على الأخذ بالأتمتة، ويمكنها التمكين من تحقيق نتائج إيجابية من خلال البنية التحتية الرقمية، والنُهج القانونية والتنظيمية الملائمة، والبحوث، والتعليم (انظر الفصل الخامس). ■

الاستنتاجات

قدّم هذا الفصل الأدلة المتاحة بشأن دراسة جدوى مختلف تكنولوجيات الأتمتة. وتستند الجدوى التجارية للميكنة الآلية الزراعية إلى أرضية صلبة نظرًا لما تحققه من فوائد تشمل ضمن جملة أمور الوفورات الكبيرة في الكلفة نتيجة للتخفيضات في استخدام اليد العاملة، وأداء العمليات الزراعية في الوقت المناسب، وتقليل المشقة، وتوسيع الإنتاج الزراعي وتكثيفه، وزيادة القدرة على الصمود في وجه الصدمات المناخية والصحية. وبالإضافة إلى ذلك، ساهمت الميكنة في تحرير اليد العاملة الأسرية في الأسر المعيشية الزراعية ومكنت أفرادها من تخصيص وقت بعيدًا عن الزراعة لمزاولة العمل خارج المزرعة الذي يمكن أن يُعزز سُبل عيشهم.

وخلال العقد المقبل، لا يزال من المرجح أن يكون للميكنة دور مهم في التحوّل الزراعي في البلدان التي كان فيها الأخذ بالأتمتة بطيئًا – ولا سيما في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى – ولكن يجب تكييفها مع الاحتياجات المحلية من خلال استراتيجيات مستندة إلى تقييم دقيق للطلب. وتتوافر أنواع وأحجام مختلفة من الآلات لمختلف المناطق الطبوغرافية والزراعية والمناخية، وهي قادرة على تلبية احتياجات صغار المنتجين. ويمكن أن تُشكل الحلول التكنولوجية، مثل الجرارات الصغيرة ذات الأربع عجلات وذات العجلتين – وكذلك المجموعة الواسعة من الآلات الزراعية الصغيرة الأكثر مراعاة للتنوع البيولوجي الزراعي للأغذية والزراعة – أن تُشكل جزءًا من الصورة في الحالات التي لا يزال يمضي فيها الأخذ بالأتمتة بوتيرة بطيئة.

ولا تزال الميكنة متأخرة في أنحاء كثيرة من العالم، بالرغم مما تنطوي عليه من إمكانات، وذلك بسبب عوامل هيكلية، مثل البنية التحتية السيئة، والافتقار إلى المهارات الفنية، وبيئة الأعمال المؤاتية. ولا يزال كثير من المناطق والمجموعات الاجتماعية والاقتصادية محرومًا من إمكانية الوصول إلى الميكنة، إما بسبب القيود المالية أو العوامل الهيكلية المقيِّدة، مثل السياسات التقييدية أو عدم كفاية البنية التحتية. ويلزم توجيه مزيد من الدعم على مستوى السياسات للمنافع العامة أو الجماعية من خلال دعم الخدمات العامة. ويشمل ذلك تعزيز البحث والتطوير الزراعيَين، إلى جانب خدمات نقل المعرفة (على سبيل المثال، التدريب والمساعدة الفنية) ودعم تطوير البنية التحتية وصيانتها (على سبيل المثال، تحسين الطرق الريفية، ونُظم الري، والبنية التحتية للتخزين). ويمكن من خلال هذين المدخلين من مداخل دعم الخدمات العامة تهيئة بيئة مؤاتية للأتمتة من دون تشويه حوافز السوق، وهما ضروريان في كثير من الأحيان لتوفير جدوى قابلة للتطبيق من أجل الأتمتة، وخاصة في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل.[90]

وفي المقابل، لا تزال تكنولوجيات الأتمتة الرقمية – ولا سيما روبوتات المحاصيل والأتمتة الرقمية لتربية الأحياء المائية – في المراحل المبكرة من التطوير والاستخدام التجاري، ولا تزال الآثار الاقتصادية على المنتجين الزراعيين محض تكهنات. وبلغت التربية الدقيقة للماشية، من ناحية أخرى، مرحلة أكثر نضجًا مع أنها لا تزال متركزة في البلدان المرتفعة الدخل. وهناك تكنولوجيات أخرى، مثل الحلول الرقمية غير المدمجة، والمنظومات الجوية غير المأهولة، والاستشعار عن بُعد، وحلول الميكنة باستخدام النظام العالمي لسواتل الملاحة وتكنولوجيا المعدل المتغيِّر، وحلول الزراعة المحمية، آخذة في الاتساع. ومع ذلك، واستنادًا إلى دراسات الحالة العالمية السبع والعشرين التي نوقشت في هذا الفصل، أثبتت هذه التكنولوجيات حتى الآن أنها ليست مربحة إلّا في البلدان المرتفعة الدخل ولكبار المنتجين. ومن الواضح أن هناك حاجة إلى مزيد من الأدلة على الفوائد والكلفة لبلورة فهم أفضل للتكنولوجيات التي يمكن تكييفها مع الظروف المختلفة.

وعلى غرار الميكنة، تؤثر العوامل الهيكلية – بما فيها الافتقار إلى إمكانية الاتصال الإلكتروني، والكهرباء، والأمية الرقمية، والوعي بالإمكانات – على الجدوى التجارية لتكنولوجيات الأتمتة الرقمية. وتُشير الأدلة المستمدة من المؤلفات ودراسات الحالة إلى أن للمزارعين الشباب دورًا رئيسيًا في تحويل أعمال الزراعة الأسرية نحو الرقمنة والأتمتة المتقدمة. وتتمثل العوامل المهمة الأخرى التي تُؤثر على الأخذ بالأتمتة

زيادة المنافسة من جانب الأسواق الدولية، والافتقار إلى اليد العاملة الكافية، وإمكانات تقليل المشقة وتحسين ظروف العمل. وفي بعض الحالات، يمكن أيضًا للمنصات الرقمية التي تُمكّن من الوصول إلى خدمات الميكنة أن تساعد المرأة على التغلب على التحيُّز الاجتماعي ضدها وتحسين سُبل وصولها إلى الخدمات (انظر الفصل الرابع).

وتُغيِّر الأدوات الرقمية أيضًا مشهد الميكنة من خلال توسيع أسواق تأجير الآلات بفضل التخفيضات الكبيرة في تكاليف المعاملات. وعلاوة على ذلك، يمكن لبعض تكنولوجيات الأتمتة الرقمية أن تعكس مسار بعض الاتجاهات البيئية السلبية الناشئة عن الميكنة في الماضي. ولمعالجة هذه التحديات، من الضروري تصميم الابتكارات في الميكنة الآلية كي تناسب الآلات الأصغر والأخف وزنًا التي يمكن أن تحد من تراص التربة وتخفف من الآثار البيئية السلبية. ويمكن للبحوث الفنية والزراعية التطبيقية أن تساعد على استكشاف حلول الميكنة الأنسب للظروف الزراعية الإيكولوجية المحلية.

وتناول هذا الفصل أيضًا دور السياسات العامة والتشريعات والاستثمارات والابتكارات في معالجة الحواجز الهيكلية التي تحول دون الأخذ بالأتمتة، وتكييف التدخلات مع شواغل صغار المنتجين والشواغل البيئية. وتلي ذلك في الفصلين الرابع والخامس على التوالي مناقشة أكثر تعمقًا بشأن الآثار الاجتماعية للأتمتة ودور السياسات العامة. ■

كينيا
مزارع يعمل في الزراعة المحافظة على الموارد يقود جرارًا في كاتونزوييني، مقاطعة ماكويني.
©FAO/Luis Tato

الفصل 4
الآثار الاجتماعية والاقتصادية وفرص الأتمتة الزراعية

الرسائل الرئيسية

- يمكن لعملية الأتمتة الزراعية أن تُحسّن الإنتاجية وأن تولّد وظائف جديدة سواءً في الزراعة أو في النُظم الزراعية والغذائية الأوسع، ما يهيئ فرصًا أمام العمال الشباب والنساء والفئات المهمَّشة، مثل الأشخاص ذوي الإعاقة.
- لفهم جميع الآثار الاجتماعية للأتمتة الزراعية، يجب أن نذهب إلى ما هو أبعد من الإنتاج الأوّلي وأن ننظر في الآثار على النُظم الزراعية والغذائية في مجملها.
- في حالات ارتفاع الأجور وندرة اليد العاملة، يمكن للأتمتة أن تعود بفوائد على المنتجين والعمال الأُجراء. ويمكن أن تساعد بصفة خاصة صغار المنتجين الزراعيين على التغلّب على نقص اليد العاملة وتخصيص وقت لأنشطة أخرى بعيدة عن الزراعة، وبالتالي تحسين الرفاه.
- من ناحية أخرى، عندما تكون اليد العاملة وفيرة وعندما تُخفّض الإعانات كلفة الأخذ بالأتمتة، يكون هناك خطر إزاحة الوظائف ونشأة البطالة، وخاصة بين العمال الأكثر فقرًا والأقل مهارة.
- تتطلب الأتمتة الشاملة نهجًا متجهًا من القاعدة إلى القمة يعطي الأولوية لتنمية المهارات والقدرات، وإشراك النساء والشباب وجميع أصحاب المصلحة المعنيين في تطوير تصميم التكنولوجيا لمراعاة شواغلهم واحتياجاتهم ومعارفهم.
- ينبغي ألّا تقدم الحكومات إعانات دعم تشويهية تخاطر بزيادة البطالة أو تقيّد الأتمتة على افتراض أن هذا من شأنه أن يحافظ على الوظائف والدخل، ما يجعل بالتالي الزراعة أقلّ قدرة على المنافسة والإنتاجية. وينبغي أن ينصبّ التركيز بدلًا من ذلك على تهيئة بيئة تمكينية تكفل مشاركة كاملة من النساء والشباب وصغار المنتجين وغيرهم من المجموعات الضعيفة والمهمَّشة كي يستفيدوا جميعًا من الأتمتة.
- بالتوازي مع ذلك، يجب معالجة الأسباب الجذرية للفقر والضعف والتهميش لضمان عدم تسبّب الأتمتة في تفاقم إقصاء المجموعات الأكثر ضعفًا وتهميشًا.

تناول الفصلان الثاني والثالث اتجاهات ودوافع الميكنة الآلية وتكنولوجيات الأتمتة الرقمية، وكذلك الآثار (المحتملة) على الإنتاجية والكفاءة والقدرة على الصمود والاستدامة البيئية. ويبحث هذا الفصل في آثار الأتمتة الزراعية بالنسبة إلى الشمول – ويُبيّن تحديدًا الفائزين والخاسرين في العملية. ويبدأ الفصل بلمحة عامة عن خصائص النُظم الزراعية والغذائية والطريقة التي يمكن أن تؤثر بها الأتمتة على اليد العاملة داخل النُظم الزراعية والغذائية. وينتقل بعد ذلك إلى مناقشة آثار الأتمتة الزراعية على العمل اللائق وعلى مختلف المجموعات الاجتماعية والاقتصادية والديمغرافية – كبار المنتجين مقابل صغار المنتجين، والعمال الزراعيين الذين لا يملكون أراضٍ مقابل العمال الزراعيين الذين يعملون لحسابهم الخاص، والنساء والشباب – الذين يشاركون في العملية. ويُسلّم هذا الفصل كذلك بأن البلدان ذات المستويات المختلفة من التحول الزراعي والهيكلي ستعاني من هذه الآثار بأشكال مختلفة وستواجه بالتالي تحديات مختلفة على صعيد السياسات في ما يتعلق بالأتمتة.■

نهج قائم على النُظم الزراعية والغذائية في تحليل الآثار الاجتماعية

يشهد الإنتاج الزراعي تغيُّرات سريعة. ويُحدث الأخذ بالتكنولوجيات الموفرة لليد العاملة، من الجرّارات والدرّاسات والحصّادات في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل، إلى حلول الذكاء الاصطناعي العالية التكنولوجيا الموجودة في أغلبها في البلدان المرتفعة الدخل، في سياق عملية مستمرة من التحوّل الزراعي والتطور في النُظم الزراعية والغذائية.

ومن الأهمية بمكان فهم ديناميكيات النُظم الزراعية والغذائية لتحليل آثار الأتمتة والتنبؤ بها في أي نقطة مفصلية في النُظم، مع مراعاة المفاضلات المحتملة أو العواقب غير المقصودة. وتتسم الاستجابات الأولية والنهائية بالقدر نفسه من الأهمية لفهم الآثار المترتبة على الإنتاج الزراعي والأسعار والتدفقات التجارية والعمل اللائق. وتعتمد هذه الاستجابات أيضًا على نوع سلسلة القيمة الزراعية والغذائية كما هو مبيّن في إصدار عام 2021[1] من هذا المطبوع: (1) تقليدية مرتبطة في معظمها بالإنتاج الزراعي الكفافي على النطاق الصغير؛ (2) أو انتقالية، مرتبطة في كثير من الأحيان بالإنتاج الزراعي التجاري الأسري على النطاقين الصغير والمتوسط؛ (3) أو الحديثة التي يؤدي فيها الإنتاج الزراعي التجاري المؤسسي الواسع النطاق دورًا رئيسيًا. وتختلف سلاسل القيمة هذه في العديد من الجوانب، بما يشمل متطلبات اليد العاملة. ومن الحاسم فهم الروابط الثنائية الاتجاه على طول سلسلة القيمة الزراعية والغذائية لفهم أثر تكنولوجيات الأتمتة، بما يشمل كيفية تغيُّر المتطلبات من اليد العاملة داخل مختلف مكونات النُظم الزراعية والغذائية وإمكانية انتقال العمال بينها. وستتوقف الآثار على جملة أمور تشمل أدوار الجنسين، وفئات العمال (على سبيل المثال، المهاجرون/المحليون، أو الموسميون/غير الموسمين) ومجموعات المهارات لدى العمال.

تفكيك النُظم الزراعية والغذائية

يُقدم الشكل 7 إطارًا مفاهيميًا لتحليل أثر الأتمتة على العمالة داخل مختلف مكونات النُظم الزراعية والغذائية.

ويوضح الشكل بعض الخصائص الرئيسية التي تُميِّز الأنواع النمطية الثلاثة لسلاسل القيمة الزراعية والغذائية المذكورة أعلاه، ويفصل بين أسواق المراحل التمهيدية والمراحل الوسطى والمراحل النهائية، ويتضمن قائمة بالأنشطة الرئيسية في كل سوق. ويوضح الشكل أيضًا الروابط بين الأسواق، ويُسلط الضوء على الاختلافات في الأنشطة المشتركة لثلاث فئات مختلفة من المنتجين الزراعيين – إنتاج الكفاف، والإنتاج التجاري الأسري، والإنتاج التجاري المؤسسي. ومن المسلَّم به أن مختلف الفئات الاجتماعية والاقتصادية والديمغرافية (في الجانب الأيمن من الشكل) هي الجهات الفاعلة الرئيسية في النُظم الزراعية والغذائية، وهي تشمل صغار المنتجين والنساء والشباب وسائر الفئات المهمَّشة (مثل الأشخاص ذوي الإعاقة والمهاجرين) على الرغم من أن هؤلاء الأشخاص هم في كثير من الأحيان الأكثر استبعادًا وتهميشًا وضعفًا. وتتيح عملية الأتمتة الزراعية إمكانية الأخذ بنهج شامل للجميع يكفل لجميع الأشخاص، وخاصة الضعفاء والمستبعدين والمهمَّشين، المشاركة في عمليات التطوير والاستفادة منها من خلال الفرص المعززة والوصول إلى الموارد الإنتاجية والطبيعية، والتمكين، والتمثيل، واحترام الحقوق. ويمثّل الشمول وسيلة لتحقيق أداء أفضل وأكثر إنصافًا، كما يمثّل غاية في حد ذاته لضمان عدم ترك أحد خلف الركب.[2]

وترد في أسفل الشكل 7 قائمة بالأنواع الرئيسية من اليد العاملة في كل سوق، توضح (باستخدام أسهم صاعدة وهابطة) كيفية تأثير تكنولوجيا الأتمتة على الطلب على كل نوع من أنواع اليد العاملة، على الرغم من أن الآثار الملموسة ستكون مرهونة بالسياق ويجب التحقق منها تجريبيًا. وفي حين أن تكنولوجيات الأتمتة تُقلل الطلب على اليد العاملة في المهام التي تُستخدم فيها الأتمتة فإنها تُولِّد في الوقت نفسه مهام جديدة وترتبط بها متطلبات لليد العاملة، مثل صيانة المعدات وتشغيلها. ويُقدّم الشكل 7 نقطة مرجعية للمناقشة التالية حول آثار الأتمتة الزراعية على الشمول. ويُقدّم هذا القسم خلفية عن الروابط مع الأسواق داخل النُظم الزراعية والغذائية الحاسمة لنقل آثار الأتمتة على العمالة داخل مكونات النُظم الزراعية والغذائية.

أنواع الإنتاج الزراعي

يتسم الإنتاج الزراعي (في المرحلة المتوسطة) بأهمية محورية ويشمل الأنواع الثلاثة المذكورة أعلاه (انظر الشكل 7 في الصفحة 65). وفي إنتاج زراعة الكفاف، يُشكل الإنتاج جزءًا

الشكل 7 مقاربة آثار الأتمتة على العمالة من منظور النُظم الزراعية والغذائية بكليتها

المصدر: أعدته منظمة الأغذية والزراعة استنادًا إلى Charlton وHill وTaylor، 2022.[3]

من استراتيجية كسب العيش في الأسرة المعيشية؛ ويقلّ عدد المشتريات من المدخلات، وتستهلك الأسرة المعيشية معظم منتجاتها الزراعية.[4] ويشيع إنتاج الكفاف في البلدان المنخفضة الدخل، ويمكن أن ينطبق أيضًا على المنازل الصغيرة في المناطق الريفية من البلدان المرتفعة الدخل.[5] وفي حين أن إنتاج زراعة الكفاف يتميّز بكونه إنتاجًا للأغذية لأغراض الاستهلاك الخاص فإن هذا لا يعني أن الأسر المعيشية تُنتج بالضرورة جميع غذائها؛ والواقع أن الأسر المعيشية التي تزاول إنتاج الكفاف تعتمد اعتمادًا كبيرًا في كثير من الأحيان على الأغذية التي يتم شراؤها.[8,7,6]

وفي الإنتاج الزراعي التجاري الأسري، تُمثّل أنشطة الإنتاج الزراعي جزءًا مهمًا من استراتيجية الدخل للأسرة المعيشية؛ ويتم شراء معظم المدخلات وتباع المنتجات الزراعية في الأسواق المحلية والوطنية والعالمية. وتشمل الزراعة التجارية الأسرية الإنتاج على النطاق الصغير في البلدان المرتفعة والمنخفضة الدخل وكذلك العمليات المتوسطة والكبيرة نسبيًا في البلدان المرتفعة الدخل التي تملكها وتشغلها الأسرة المعيشية.

وأخيرًا، يتألف الإنتاج الزراعي التجاري المؤسسي من أنشطة أعمال إنتاج على نطاق واسع. وهو أكثر شيوعًا

في البلدان المرتفعة الدخل، ولكن يمكن أن يوجد أيضًا في البلدان المنخفضة الدخل في شكل مزارع شاسعة ومجمعات زراعية كبيرة.[9]

وترتبط جميع الأنشطة في هذه النقطة المفصلية من النُظم الزراعية والغذائية ارتباطًا مباشرًا بإنتاج المحاصيل والثروة الحيوانية ومصايد الأسماك وتربية الأحياء المائية وكذلك الغابات والحراجة الزراعية. وتشمل العمليات النسبية صون التربة وإعدادها، والغرس، وإزالة الأعشاب الضارة، والعناية بالنباتات، والتقليم والحصاد، فضلًا عن الاستيلاد والتربية والرعاية اليومية والرصد الصحي. ويمكن لأتمتة مهام زراعية مختارة عند هذا المستوى أن تؤدي إلى زيادة الإنتاج، ويمكن أن تؤثر على الأنشطة في المراحل النهائية، بما في ذلك النقل والتعبئة والتخزين والتجهيز والتوزيع. وستؤدي هذه الأنشطة النهائية إلى طلب متزايد على معظم أنواع العمال من أجل مناولة الحجم الأكبر من المنتجات.

الأنشطة التمهيدية والنهائية

تتألف الأنشطة التمهيدية من جميع الأنشطة المرتبطة بتوفير المدخلات للإنتاج الزراعي. وتشمل هذه الأنشطة عمومًا إنتاج وتوزيع البذور، والأسمدة، والآلات، والأعلاف الحيوانية، ومعدات الري، بالإضافة إلى توفير التأمين والمساعدة الفنية والتمويل. وتعتمد زراعة الكفاف بشكل أساسي على المدخلات التي لا يتم شراؤها (بما في ذلك البذور المحفوظة) والأعلاف الحيوانية من المحاصيل المزروعة والأمطار (بدلًا من الري).[10] وتبعًا للحجم والموقع والخصائص الأخرى، يمكن للزراعة التجارية الأسرية استخدام المدخلات التي يتم أو لا يتم شراؤها أو الجمع بينها. وفي هذا التمثيل للنُظم الزراعية والغذائية (انظر الشكل 7 في الصفحة 65) تأتي الابتكارات التكنولوجية الزراعية عمومًا من جانب المدخلات، وتعتمد على توافر البذور المحسّنة (أو الأقل كلفة) والأعلاف والأسمدة والمعدات والآلات، بما في ذلك تكنولوجيات الأتمتة. وتغيّر هذه التكنولوجيات بمجرد الأخذ بها طريقة استخدام المدخلات في الإنتاج الزراعي (المرحلة المتوسطة).

وتشمل الأنشطة النهائية عمليات ما بعد الحصاد/الذبح/الصيد، مثل التخزين والنقل والتجهيز والتعبئة والبيع بالجملة والتجزئة، وأخيرًا، الاستهلاك من جانب الأُسر المعيشية، والخدمات الغذائية. في زراعة الكفاف، تحدث هذه العمليات في الأسرة المعيشية أو القرية.[12,11] وفي الزراعة التجارية الأسرية، يمكن إجراء أنشطة اللوجستيات في الأسرة أو القرية، ولكن باستخدام وسطاء محليين أو عالميين. ومن ناحية أخرى، يمكن أن يحصل المنتجون المؤسسيون على المنتجات من مواقع مختلفة ويمكنهم تخزينها في مستودعات كبيرة ومخصصة لهذا الغرض. ويشمل النقل الشحن البحري والجوي وباستخدام السكك الحديدية والطرق البرية. ويشمل التوزيع تسليم شحنات السلع الزراعية بالجملة إلى المجهزين أو تجار الجملة. وتؤدي تكنولوجيات الأتمتة في كثير من الأحيان إلى زيادة أنشطة المرحلة المتوسطة من الإنتاج الزراعي، ما قد يؤدي بدوره إلى التوسّع والنمو والمزيد من الابتكار في المراحل النهائية. ومن ذلك على سبيل المثال أن إدخال حصادة الطماطم المزوّدة بمحرك أدى إلى زيادة كميات الطماطم المراد تجهيزها، ما حفّز الابتكار في قطاع التجهيز.[13] وفي المقابل، يمكن أن يؤثر الابتكار في المراحل النهائية أيضًا على الطلب على المنتجات في المراحل التمهيدية والمتوسطة، ويمكن أن يؤثر ذلك على الأخذ بالتكنولوجيا من جانب المنتجين الزراعيين. فعلى سبيل المثال، يمكن أن يؤدي انخفاض كلفة تجهيز الطماطم المعلّبة إلى زيادة الطلب على هذا المنتج، ما يؤدي إلى إيجاد حوافز لتشجيع مزارعي الطماطم على زيادة الإنتاج وتلبية الطلب المتزايد من خلال الأخذ بالتكنولوجيات ذات الصلة (على سبيل المثال، الأصناف المحسّنة ومعدات الري والحصّادات).

ويُشكل تجار الجملة وتجار التجزئة، بما في ذلك المشاريع البالغة الصغر غير الرسمية، إلى جانب الاستهلاك على مستوى الأسرة المعيشية وعلى مستوى الخدمات الغذائية، النقطة النهائية في النُظم الزراعية والغذائية. وأدّت الأتمتة في تجارة الجملة وتجارة التجزئة والمطاعم والخدمات الغذائية إلى تقليل الحاجة إلى اليد العاملة[14] وزيادة الإنتاجية والمبيعات.[15] وكان أكبر تقدّم في قطاع التوزيع العالمي وهو التجارة الإلكترونية[16] التي تزيد من دفع الابتكار التكنولوجي في المرحلة التمهيدية، وخاصة الابتكارات التي تُركز على الاستدامة، مثل التعبئة والتغليف الأكثر استدامة[17] والتحسينات في البنية التحتية للنقل والخدمات اللوجستية والخدمات المقدَّمة عبر الإنترنت في البلدان المنخفضة الدخل.[20,19,18] وفي الهند، أتاح الانفجار الذي شهدته منصات التجارة الإلكترونية للمزارعين التواصل مع أسواق أوسع وتحقيق أسعار أعلى.[21] وفي الصين، توضح مجموعة مختارة من دراسات الحالة دور التجارة الإلكترونية الريفية في تهيئة فرص للتنويع وإيجاد أسواق جديدة أمام السكان الريفيين والمجتمعات المحلية الريفية في مختلف أنحاء البلد، بما في ذلك المجموعات الضعيفة، مثل النساء والشباب.[22] ■

آثار الأتمتة الزراعية على اليد العاملة

يمكن أن تؤثر الأتمتة على الإنتاج الزراعي وفرص العمل اللائق بطرق مختلفة. وفي قطاع إنتاج المحاصيل، بات من الممكن توسيع الأراضي المزروعة أو تحسين غلة الهكتار الواحد، ما يؤدي بدوره إلى زيادة الإنتاج. وفي قطاع الإنتاج الحيواني، يمكن للأتمتة تحسين إنتاجية اليد العاملة كما يمكنها أن تُقلل بدرجة كبيرة المشقة عن طريق تمكين العاملين من حلب الحيوانات أو تغذيتها بأقل قدر من التدخل اليدوي. وينطبق منطق مماثل على مصايد الأسماك وتربية الأحياء المائية والغابات (انظر الفصل الثاني)؛ وفي حالة الغابات، يُمثِّل تحسين سلامة العمال فائدة إضافية مهمة تدفع نحو الأتمتة. ويمكن لجميع هذه الفوائد أن تُسفر عن زيادات كبيرة في الرفاه. وإذا كانت الأتمتة تشمل وفورات كبيرة في الحجم، يمكن للأخذ بالأتمتة على نطاق واسع بين كبار المنتجين أن يؤدي إلى توقف صغار المنتجين عن العمل والتعجيل بالتوحيد في قطاع الزراعة. وفي ظل تراجع الطلب على اليد العاملة الزراعية وتقادم بعض مجموعات المهارات بسبب التكنولوجيات الجديدة، يمكن للأتمتة أن تحلّ محل اليد العاملة، وخاصة الأكثر فقرًا، التي قد تكافح للحصول على عمل في مكان آخر. ويجب وضع سياسات وتشريعات وإجراء استثمارات لتجنب الآثار الاجتماعية السلبية أو التخفيف منها أو معالجتها، وخاصة بالنسبة إلى المجموعات الأكثر ضعفًا.

وتتناول الأقسام التالية آثار الأتمتة الزراعية على العمالة في النُظم الزراعية والغذائية في مختلف السياقات. ويُحلل هذا التقرير أثر الأتمتة الزراعية تحديدًا من منظور العمل الريفي اللائق الذي يُعرف بأنه العمل الذي يوفِّر دخلًا معيشيًا وظروف عمل معقولة. ويصف الإطار 19 (الصفحة 67) معايير العمل اللائق الواجب استخدامها لتقييم أثر تكنولوجيات الأتمتة الزراعية.

من الصعب قياس أثر الأتمتة الزراعية على العمالة لأنها تنطوي في العادة على تغييرات عبر أنشطة الإنتاج الزراعي، فضلًا عن التغييرات في المراحل التمهيدية نتيجة تغيُّر الطلب على المدخلات، والتغييرات في المراحل النهائية المؤثرة على النقل والخدمات اللوجستية، والتجهيز، والتوزيع، وتجارة التجزئة. ومع توالي فصول التحوّل الزراعي، يترك الناس الزراعة بحثًا عن وظائف أعلى أجرًا، ويستمر انخفاض نسبة الأشخاص العاملين في الزراعة كما هو موضح في الفصل الأول (انظر الشكل 3 في الصفحة 8). وتعيد هذه العملية تشكيل المعروض من اليد العاملة والطلب عليها في جميع النُظم الزراعية والغذائية، ويؤثر ذلك على إنتاج الأغذية والمنتجات الزراعية الأخرى وتجهيزها وتوزيعها. وعندما تتغيَّر جميع النقاط المفصلية في النُظم الزراعية والغذائية بشكل أو بآخر في وقت واحد، من الصعب، إن لم يكن من غير الممكن، عزو الآثار الاجتماعية – مثل التغيُّرات في العمل اللائق والآثار المترتبة على الاعتبارات الجنسانية والشباب وصغار المنتجين – إلى حالات محددة من الأتمتة الزراعية. ويُشكل فهم التحوّل في النُظم الزراعية والغذائية خطوة أساسية نحو فهم آثارها الاجتماعية، وخاصة على العمالة. ويلاحظ أن هذا الفصل لا يشمل الآثار غير المباشرة المحتملة للأخذ بالأتمتة (على سبيل المثال، زيادة الطلب على الباحثين والعلماء لتطوير التكنولوجيات وتحسينها)، كما أنه لا ينظر في الآثار المحتملة على مستوى الاقتصاد، التي قد يكون لها أيضًا تداعيات اجتماعية كبيرة. وسيظل دور المجموعة الشاملة من الآثار النهائية المحتملة في الواقع مسألة تجريبية، وسيعتمد على الظروف المحددة في مختلف البلدان والمجتمعات.

ويُساعد الشكل 7 (الصفحة 65) على توضيح نقطتين رئيسيتين. أولًا، هناك آثار محتملة متعددة للأتمتة الزراعية، ومن المرجح أن تكون الآثار على العمالة الزراعية متنوعة. ومن المرجح أن يتراجع الطلب على اليد العاملة المنخفضة المهارات – سواءً اليد العاملة العائلية أو المستأجرة – في ظل أتمتة الكثير من المهام. ويمكن لأتمتة بعض المهام أن يحلّ مشاكل اختناقات اليد العاملة، ويسمح بزيادة الإنتاج، إما عن طريق التوسّع الأفقي أو التكثيف. ومن المرجح أن تزيد الأتمتة من الطلب على اليد العاملة الماهرة التي تُكمل التكنولوجيات الجديدة. وثانيًا، من المرجح أن تكون الآثار العامة للأتمتة الزراعية على العمل اللائق داخل النُظم الزراعية والغذائية مختلفة تمامًا عن الآثار المترتبة على مواقع أنشطة الأعمال الزراعية الفردية. ويمكن للأتمتة أن تُقلل بسهولة من العمالة الموسمية المنخفضة الأجر في المزارع، ولكنها يمكن أن تؤدي إلى زيادة العمالة الأعلى أجرًا والموسمية الطابع بشكل أقلّ في المراحل التمهيدية والنهائية. والسؤال المطروح هو ما إذا كانت الآثار الاجتماعية الإيجابية للزيادة في العمل الأعلى أجرًا والموسمية بقدر أقلّ تعوِّض عن الآثار السلبية لانخفاض العمالة الموسمية المنخفضة الأجر للعمال، ما يسمح لهم بالحصول على عمل بديل.

الإطار 19 تحليل الأتمتة الزراعية من منظور العمل اللائق

يشير العمل الريفي اللائق إلى كل ما تؤديه النساء ويؤديه الرجال والبالغون والشباب في المناطق الريفية من نشاط أو مهنة أو عمل أو مشروع تجاري أو خدمة بأجر أو مقابل ربح وبحيث:[23] (1) يحترم معايير العمل الأساسية على النحو المحدّد في اتفاقيات منظمة العمل الدولية (أي الاتفاقيات المتعلقة بمكافحة عمل الأطفال، والعمل القسري، والتمييز، والتمتع بحرية مضمونة في التفاوض)؛ (2) ويوفّر دخلًا معيشيًا كافيًا؛ (3) ويضمن الأمن والاستقرار الوظيفين الكافيين؛ (4) ويعتمد تدابير السلامة والصحة؛ (5) ويتجنب العمل لساعات طويلة؛ (6) ويُعزز التدريب. ومن أجل تحليل الأتمتة الزراعية من منظور العمل اللائق، من الضروري النظر في آثارها على ما يلي:

عمل الأطفال. وفقًا لدراسة تجريبية حديثة شملت سبعة بلدان نامية، يُقلل استخدام الجرّارات (وآلات الضم والدراس في الهند) بنسبة تتراوح بين 5 و10 في المائة من احتمالات استخدام الأطفال، ويحسّن مواظبتهم على الدراسة. ومع ذلك، عندما تكون فرص الحصول على التعليم محدودة فإن إدخال الآلات الزراعية قد لا يسفر إلّا عن تحوّل الأطفال من أنشطة العمل الزراعي إلى أنشطة العمل غير الزراعي.[24]

الدخل المعيشي الكافي. يمكن للأتمتة في حالات معيّنة أن تُساهم في تحسين الدخل وسُبل العيش والربحية وفرص العمل.[25,26] ففي أوغندا، على سبيل المثال، ترتبط الهواتف المحمولة بزيادة إيجابية في دخل الأسر المعيشية والمساواة بين الجنسين بسبب تحسين فرص الوصول إلى الأسواق والخدمات والمعلومات.[27]

السلامة والصحة المهنيتان. يمكن للتكنولوجيات الجديدة أن تُقلل من المشقة والمخاطر الصحية (مثلًا من خلال الحد من استخدام مبيدات الأعشاب الضارة ومبيدات الآفات).[28]

تقليل ساعات العمل. يمكن لوفورات الوقت التي تحققها الأتمتة الزراعية إتاحة مزيد من الوقت للراحة وأنشطة الاستجمام. ويمكن أن يتيح ذلك لصغار المنتجين المشاركة في عمل غير زراعي، وتوليد دخل أكثر استقرارًا، والمساهمة في سُبل عيش قادرة على الصمود.

ويمثّل الطابع الموسمي للعمالة مصدر قلق في قطاع الزراعة في جميع أنحاء العالم. وتتسم أنشطة إنتاج المحاصيل والثروة الحيوانية بالموسمية بطبيعتها. ويعني ذلك أن البطالة والعمالة الناقصة تميل إلى أن تكون مرتفعة في بعض المواسم، في حين قد يكون هناك نقص حاد في اليد العاملة في مواسم أخرى. وبالنسبة إلى المنتج الزراعي، فإن عدم الحصول على اليد العاملة في الأوقات الحرجة (على سبيل المثال، أثناء حصاد المحاصيل وجز الماشية) يمكن أن تكون له تداعيات خطيرة على العمليات الزراعية، وقد يؤدي إلى خسائر أو يثبط الزراعة تمامًا. ومن الناحية النظرية، يمكن للأتمتة التي تقلل الطلب على اليد العاملة أثناء بعض المواسم أن تحافظ على العمالة في مواسم أخرى. ويطرح ذلك تساؤلات مهمة. ما هي مهام زراعة المحاصيل الأسهل من حيث الأتمتة، وفي أي مواسم، وهل تتزامن مع نقص اليد العاملة الذي تواجهه المزارع؟ وفي المقابل، ما هي الآثار على العمال الأكثر فقرًا وغير المهرة الذين يجدون أنفسهم من دون عمل بمجرد أن تبدأ أنشطة الأعمال في استخدام الأتمتة وبمجرد أن تتقادم مهاراتهم؟ وما هي السياسات التي يمكن أن تضمن عملية أتمتة منتجة ومتسمة بالكفاءة ومستدامة وشاملة للجميع؟

وبالنسبة إلى المحاصيل الأكثر كثافة في استخدام اليد العاملة – وهي أساسًا الفاكهة والخضار – غالبًا ما تكون المهام في مواسم نقص العمالة هي الأصعب في الأتمتة بسبب الأضرار المحتملة للنباتات أو الفاكهة الناجمة عن الآلات. وعلى سبيل التوضيح، من المفيد إلقاء نظرة على الأتمتة في أغنى المناطق الزراعية، حيث أجور المزرعة مرتفعة نسبيًا وحلول الأتمتة أكثر توافرًا. وفي كاليفورنيا في الولايات المتحدة الأمريكية، تُستخدم الميكنة في جميع عمليات تمهيد الأرض، بما في ذلك الحرث والعزق وتسوية الأراضي. وتستخدم الأتمتة في حصاد المحاصيل لاستخدامها في التجهيز (على سبيل المثال، الطماطم أو عنب النبيذ). غير أن حصاد ثمار الفاكهة والخضار للاستهلاك النهائي لا يزال يعتمد على العمل اليدوي ومن الصعب أتمتته، على الرغم من أن حلول الروبوتات التي تقطف المنتجات تلوح في الأفق، ويحفزها نقص عمال الحصاد والزيادة السريعة في الأجور.

وتناسب فرص العمالة الجديدة أنواعًا كثيرة من العمال. ويحتاج السائقون وعمال المستودعات ومشغلو الآلات والميكانيكيون جميعًا إلى القليل من التعليم الرسمي، ولكنهم يعانون من اختلافات من حيث الأجور والأمن الوظيفي والمهارات الوظيفية المطلوبة.[30,29] ويمكن أن تكون هذه الوظائف أيضًا موسمية، وخاصة في شركات التجهيز الصغيرة، ولكنها قد تكون مستقرة إذا قُدمت من شركات التجهيز التجارية. وفي كلتا الحالتين فإنها تكون أقلّ موسمية من الوظائف الحقلية في الزراعة. ويشغل الرجال غالبية الوظائف.[32,31] ويحصل العاملون في المكاتب، ومندوبو المبيعات والاختصاصيون الذين يحتاجون إلى مزيد من التعليم الرسمي والتدريب والخبرة على أعلى الأجور، ويشملون في العادة نسبة أعلى من الموظفات.[33]

التداعيات على صغار المنتجين ومنتجي الكفاف

تعتمد التداعيات بالنسبة إلى الطلب على العمالة على نوع العمل والإنتاج. ويقوم منتجو الكفاف بتشغيل وحداتهم الإنتاجية باستخدام اليد العاملة الأسرية. وهم في كثير من الأحيان فقراء ويعانون من انعدام الأمن الغذائي ومحدودية فرص الوصول إلى الأسواق والخدمات.[34] وفي دولة بوليفيا المتعددة القوميات، يعاني ما يصل إلى 83 في المائة من صغار المنتجين من الفقر مقارنة بمتوسط الفقر الوطني البالغ نحو 61 في المائة. وفي إثيوبيا التي يعيش فيها 30 في المائة من السكان تحت عتبة الفقر الوطنية، تبلغ نسبة الفقر بين صغار المنتجين 48 في المائة. وفي فييت نام، يعاني أكثر من نصف صغار المنتجين من الفقر، في حين أن نحو 20 في المائة فقط من السكان في البلد ككل يعيشون في فقر. وينجم ارتفاع معدل الفقر بين العاملين في الزراعة في مثل هذه الظروف في جانب منه على الأقل بسبب انخفاض معدلات الإنتاجية نظرًا لاعتمادهم في بقائهم على زراعة الكفاف أو شبه الكفاف. ويمكن لهذه المزارع إذا أخذت بالأتمتة أن تزيد إنتاجيتها وتُحسّن دخلها وسُبل عيشها عن طريق توسيع الإنتاج، وربما التحوّل إلى مزارع تجارية أسرية. من ذلك على سبيل المثال أن توافر الجرّارات للمزارع الأسرية الصغيرة في زامبيا أتاح للمنتجين زيادة دخلهم بأكثر من الضعف، وذلك أساسًا من خلال زراعة مزيد من الأراضي واستخدام مزيد من المدخلات (الأسمدة أساسًا)، وزيادة الغلة بنسبة 25 في المائة.[35] ويمكن للأخذ بالأتمتة أن يوفّر الوقت لاستخدامه في أنشطة أخرى، مثل التعليم للأطفال، ويمكن أن يؤدي إلى فوائد اقتصادية طويلة الأجل للأسر المعيشية. ويمكن أن يتيح أيضًا لأفراد الأسرة المعيشية الحصول على عمل في أنشطة غير زراعية، حيثما كانت متاحة.

ويمكن للأتمتة الزراعية أيضًا أن تتيح الوصول إلى الأسواق الأعلى قيمة وتسمح للأسر المعيشية الزراعية بتوقيع عقود مع المتاجر الكبرى أو المشترين الأجانب، شريطة أن تكون المنتجات متسقة من حيث جودتها وكميتها. ويمكن للمشاركة في هذه الأسواق العالية القيمة أن تحقق مكاسب كبيرة في مجال الرفاه للأسر المعيشية الزراعية. وفي كينيا، أدّت العقود بين المتاجر الكبرى وصغار مزارعي الخضار إلى زيادة دخل الأسر المعيشية للمزارعين بأكثر من 40 في المائة، وأفضى ذلك إلى أكبر تخفيضات في مقاييس الفقر المتعدد الأبعاد بالنسبة إلى أفقر الأسر المعيشية.[36] وأظهرت أيضًا الأُسر المعيشية الزراعية التي تقوم بتوريد السلع للمتاجر الكبرى زيادة أكبر كثيرًا في استهلاك السعرات الحرارية وفيتامين ألف والحديد والزنك.[37]

وحتى في سائر أقاليم أفريقيا حيث العمالة وفيرة نسبيًا ومعدلات الخصوبة مرتفعة، هناك أدلة على أن نقص اليد العاملة الزراعية يحد من الإنتاج. وبالتالي فإن الأتمتة تتيح إمكانية تحسين الإنتاج ودخل الأسرة المعيشية. وتُبرز دراسة للبيانات على مستوى المزرعة في أربعة بلدان في أفريقيا الشرقية والجنوبية الجهود الحالية لاستخدام الميكنة في الزراعة في أفريقيا حيث تبدو اليد العاملة وسائر مصادر القوى داخل المزرعة عوامل رئيسية تحد من الإنتاجية الزراعية في الإقليم.[38]

والكثير من الفوائد المحتملة للأتمتة الزراعية ليست فورية ولا تلقائية. ويفتقر صغار المنتجين ومزارعو الكفاف إلى المهارات الإدارية والتقنية التي تمكّنهم من الاستفادة من فرص الأتمتة الزراعية. ويحتاجون أيضًا إلى تحديث نماذج عملهم والارتقاء بها لمواءمتها مع المتطلبات والمعايير السائدة في السوق. ويؤكد ذلك أهمية بناء القدرات ووضع نُظم استشارية ريفية فعالة يمكن أن تكفل الوصول في الوقت المناسب إلى المعلومات المتعلقة بالتكنولوجيات والأسواق (انظر الفصل الخامس).

الإطار 20 آثار استخدام الميكنة في حصاد قصب السكر على اليد العاملة في البرازيل

وُضعت في البرازيل مجموعة من القوانين والأنظمة التي تحظر ممارسة حرق قصب السكر قبل الحصاد لدواعٍ بيئية اعتبارًا من عام 2020. وأدى ذلك إلى الحد من الحصاد اليدوي – الذي ينطوي على ممارسة حرق قصب السكر قبل الحصاد – وشهد إقبالًا متزايدًا من منتجي قصب السكر على الاستثمار في الحصاد الآلي. وفي حين أن هذا التشريع حقق فوائد بيئية من حيث تقليل التلوث وزيادة الإنتاجية، أشارت التقديرات إلى أنه سيُقلل بنسبة تتراوح بين 52 و64 في المائة من القوة العاملة التي تعمل مباشرة في إنتاج قصب السكر. وسيكون العمال الأقل تأهيلًا (الذين لا تزيد مدّة تعليمهم عن ثلاث سنوات) هم الأكثر تضررًا، في حين تُشير التوقعات إلى أن الطلب على اليد العاملة الماهرة سيزداد في هذا القطاع. وتتطلب هذه التغييرات في العمالة إجراءات عامة عاجلة لحماية الفئات الأكثر ضعفًا من الآثار السلبية للأتمتة.

المصدر: Guilhoto وآخرون، 2002.[39]

التداعيات على الإنتاج التجاري المتوسط والكبير الحجم

تمتلك اليد العاملة الأسرية وحدات الإنتاج الأسرية التجارية وتشغلها، ولكنها قد تستخدم أيضًا عمّالًا أجراء (على سبيل المثال، عمال الحقول الأُجراء، والمشرفون على العمال، والمتعاقدون). ويمكن للأتمتة أن تقلل الطلب على جميع أنواع اليد العاملة الثلاثة، ولكنها يمكن أن تحفز أيضًا المنتجين على توسيع عملياتهم. وإذا اختار المنتجون التجاريون الأسريون التوسّع نحو الزراعة التجارية المؤسسية، من المرجح أن يحل محل اليد العاملة الأسرية مهنيون معيّنون، بمن فيهم مديرو المزارع وموظفو المبيعات ومشغلو الآلات والميكانيكيون. وإذا كان الأخذ بالتكنولوجيا، كما هو الحال في كثير من الأحيان، مدفوعًا بالزيادة في الأجور واليد العاملة الشحيحة، فإن الأتمتة الزراعية ستميل إلى زيادة الإنتاجية والأجور، ويمكن في هذه الحالة أن تُعزز الأتمتة رفاه المنتجين والعمال الأجراء على حد سواء. ولكن، يمكن للأتمتة أيضًا أن تحل محل العمال، وخاصة العمال الأفقر والأقل مهارة الذين سيضطرون إلى البحث عن وظائف في أماكن أخرى، ما قد يدفع أجور اليد العاملة غير الماهرة إلى الانخفاض لأن مجموعة مهاراتهم تجعل من الصعب عليهم الحصول على وظائف أخرى (انظر الإطار 20). وهناك احتمال آخر يتمثل في أن تخرج مزارع الكفاف من قطاع الزراعة تمامًا بسبب الأخذ بالتكنولوجيا من جانب الشركات التجارية – وهو ما يُسمى بتوحيد المزارع. وفي هذه الحالات، يجب وضع سياسات وتشريعات وإجراء استثمارات تضمن أن منتجي الكفاف وصغار المنتجين، فضلًا عن العمال ذوي المهارات المنخفضة، لا يُتركون خلف الركب، بل يمكنهم جني ثمار الأتمتة الزراعية. وقد يكون من الضروري توفير حماية اجتماعية موجهة وتدريب أثناء الانتقال.

وتستخدم المزارع التجارية المؤسسية جميع أنواع اليد العاملة، باستثناء اليد العاملة الأسرية. وهذه المزارع هي الأكثر تقدمًا، وهي بصفة عامة مؤتمتة إلى حد كبير. ولديها في كثير من الأحيان وفورات الحجم ورأس المال للاستثمار في مزيد من التكنولوجيات الروبوتية التي يمكن أن تُقلل كثيرًا من الطلب على اليد العاملة في المزرعة – مع إمكانية التأثير سلبًا على العمال، ولا سيما العمال ذوي المهارات المنخفضة – أو يمكن أن تغيّر نوع اليد العاملة المطلوبة في المزرعة. ومن ذلك على سبيل المثال أنه مع استخدام الأتمتة الرقمية، قد يشرف سائق جرّار سابق على سرب من آلات المحاصيل الذاتية التشغيل أو يعاد تدريبه على إجراء الإصلاحات. غير أن الروبوتات ليست في العادة مجدية اقتصاديًا لمعظم المزارع ما لم تكن اليد العاملة شحيحة. وعلى سبيل التوضيح، على الرغم من أن تكنولوجيات الحلب الروبوتية تُستخدم تجاريًا منذ عقود كثيرة، لم يأخذ بهذه التكنولوجيا سوى عدد قليل من مصانع الألبان في الولايات المتحدة الأمريكية نظرًا لأن اليد العاملة في المزرعة لا تزال غير مكلفة نسبيًا.[40] وفي المقابل، تُستخدم هذه التكنولوجيات تجاريًا في أوروبا الغربية منذ تسعينيات القرن الماضي.

الإطار 21 الأتمتة والمجتمعات المحلية الريفية المرسلة للمهاجرين: حالة كاليفورنيا

في ظل اتساع إنتاج المحاصيل وانكماش المعروض من اليد العاملة الزراعية المحلية، تبحث البلدان عن مصادر جديدة لليد العاملة الزراعية من خلال الهجرة. ومن ذلك على سبيل المثال أن أكثر من 90 في المائة من القوة العاملة في المزارع في كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية مؤلفة من مهاجرين. ويشيع الاعتماد على العمال الزراعيين الأجانب حاليًا في البلدان المرتفعة الدخل. وقد يبدو أن الأتمتة ستؤثر سلبًا على المجتمعات المحلية المرسلة للمهاجرين. غير أن الأتمتة الزراعية في كاليفورنيا لا تحدث في فراغ. وفي المكسيك، وهي موطن معظم المهاجرين، تنخفض معدلات الخصوبة وترتفع مستويات الالتحاق بالمدارس ارتفاعًا حادًا، وتتزايد فرص الحصول على الوظائف غير الزراعية، ما يُقلل من المعروض من اليد العاملة الريفية. ويوسّع بناء المدارس الثانوية في المناطق الريفية في المكسيك نطاق التعليم الذي بات يشمل الأولاد والبنات الذين كانوا سيبحثون لولا ذلك عن وظائف في الزراعة، ما يُعجّل بالتالي من إحداث تحوّل في الزراعة. والواقع أن الأشخاص الأفضل تعليمًا يعملون على الأرجح في القطاع غير الزراعي حتى عندما يهاجرون.[44] ونتيجة لذلك، انكمشت الإمدادات المعروضة من اليد العاملة الزراعية بصورة كبيرة في كاليفورنيا؛ وفي ما بين عامي 2008–2018، ازدادت الأجور الزراعية أسرع من الأجور غير الزراعية بنسبة 18 في المائة.

وقبل انخفاض المعروض من اليد العاملة الزراعية في المكسيك في تسعينيات القرن الماضي، لم يكن هناك سوى القليل من الحوافز التي تُشجع على الأخذ بالتكنولوجيات الجديدة الموفِّرة لليد العاملة وتطويرها في كاليفورنيا. ويشهد البَلدان حاليًا سباقًا بين الأتمتة والقوة العاملة الزراعية الآخذة في الانخفاض. وتبدأ عملية الأتمتة في العادة بأكثر العمليات كثافة في اليد العاملة وأكثرها سهولة في الأتمتة، ولكن في ظل تطوير وتسويق حلول أكثر تقدمًا، بدأت الولايات المتحدة الأمريكية على وجه الخصوص في أتمتة عمليات أكثر تعقيدًا، مثل حصاد الفاكهة والخضار.

المصادر: Charlton وHill وTaylor، 2022؛[3] Charlton وTaylor، 2018.[45]

وبصفة عامة، إذا تم الأخذ بتكنولوجيات الأتمتة في الحالات التي لا توجد فيها ندرة في العمالة، ولكن لأنها تكون رخيصة بصورة مصطنعة (على سبيل المثال بسبب الإعانات الحكومية) فإن ذلك يمكن أن يتسبب في نزوح العمال وتوليد البطالة. ويمكن لنزوح اليد العاملة أن يكون مكلفًا بالنسبة إلى عمال المزارع؛ وسيعتمد الأثر الشامل على ما إذا كان يمكنهم الانتقال إلى وظائف جديدة في المراحل التمهيدية أو المراحل النهائية (انظر الشكل 7 في الصفحة 65). ومن ناحية أخرى، من المرجح أن يؤدي الأخذ بالتكنولوجيا الزراعية الذي يحفزه ارتفاع الأجور وتزايد المنافسة على اليد العاملة الشحيحة إلى زيادة سواء في الأجور أو في الإنتاجية العامة، ما يعود بالنفع على المنتجين والعمال الأجراء على حد سواء.

ويمكن أن تكون للأتمتة في المزارع في البلدان المرتفعة الدخل أو في المناطق داخل البلدان المرتفعة الدخل آثار سلبية على تحويلات المهاجرين إلى البلدان والمناطق الأكثر فقرًا. وإذا انخفض الطلب على العمال الزراعيين المهاجرين غير المهرة، يمكن أن يؤدي ذلك إلى زيادة مستويات البطالة في البلدان والمناطق الأصلية للمهاجرين، فضلًا عن تراجع تدفقات التحويلات.[41] وفي البرازيل، أدّت أتمتة حصاد البن إلى تخفيض كبير في الطلب على اليد العاملة غير الماهرة – ومعظمها من المهاجرين الداخليين من المناطق الأفقر في البلد – ولكن ذلك أدّى إلى زيادة الطلب على العمال المهرة.[42] ويدعو ذلك إلى سياسات اجتماعية فورية وشاملة لمساعدة العمال غير المهرة الذين يفقدون وظائفهم كي يمكنهم الحصول على فرص عمل في أماكن أخرى.

ويبدو أن الأتمتة تحدث في كثير من الأحيان في سياق انكماش اليد العاملة في المزرعة وارتفاع الأجور في المناطق المرسلة للمهاجرين. ويعرض الإطار 21 مثالًا على دور الندرة المتزايدة في اليد العاملة في المجتمعات المحلية المرسلة للمهاجرين في المكسيك في دفع الأتمتة الزراعية في الولايات المتحدة الأمريكية. وخلصت دراسة أخرى في الولايات المتحدة الأمريكية إلى أن أتمتة الدفيئات أدّت إلى زيادة الإيرادات الإجمالية للأعمال التجارية في مجال الزراعة البستانية، ما أتاح لها تقديم أجور أعلى والإبقاء

على العمال المهاجرين لفترات أطول وتوظيف عدد أقل من العمال المهرة الجُدد.[43]

الأتمتة الزراعية تتيح فرصًا جديدة لريادة الأعمال وإحداث تحوّل والتأثير على التغذية والمستهلكين

يمكن للتطورات في مجال الأتمتة الزراعية أن تهيئ فرصًا جديدة لريادة الأعمال، تتعلق على سبيل المثال بالزراعة العضوية والنباتات ذات الخصائص العطرية والطبية والغذائية القيّمة. ويمكن أن تُساهم أيضًا في إحياء المحاصيل الموروثة الغنية بالمغذّيات التي كان من الصعب ميكنتها. ويحدث ذلك بالفعل في بعض البلدان المرتفعة الدخل. وفي فرنسا في عام 2018، كان هناك 150 روبوتًا يستخدم لإزالة الأعشاب الضارة من محاصيل الخضار العضوية والشمندر السكري.[46] وفي حين أن أحد القيود الرئيسية أمام الزراعة العضوية أو الديناميكية البيولوجية يكمن في ارتفاع كلفة اليد العاملة، فإن استخدام آلات إزالة الأعشاب الضارة الذاتية التشغيل لمكافحة الأعشاب الضارة والذكاء الاصطناعي لتحديد أمراض النبات، يسمح بالتوسّع السريع في الإنتاج العضوي، ما قد يؤدي إلى خفض أسعار المنتجات العضوية بصورة كبيرة. وهذه أخبار مُبشّرة بالنسبة إلى المستهلكين الذين يفضلون شراء المنتجات العضوية ولكنهم غير قادرين على تحمّل الأسعار المرتفعة الحالية.[47]

ومثال آخر على ذلك هو الذرة. وفي ظل ميكنة إنتاج الذرة، استُحدثت أصناف هجينة تكون فيها عرانيس الذرة بالارتفاع نفسه تقريبًا من أجل تيسير حصادها ميكانيكيًا. ولكن، أدّت عملية تربية النباتات إلى فقدان بعض القيمة الغذائية والمذاق، غير أن بات من الممكن الآن استعادة هذه القيمة، إذ يمكن للآلات الذاتية التشغيل المزودة بالذكاء الاصطناعي أن تحصد أصناف الذرة التقليدية والأفضل مذاقًا والأغنى بالمغذّيات التي تنمو عرانيسها على ارتفاعات مختلفة. وبالمثل، تطلبت ميكنة حصاد الطماطم أصنافًا تنضج بالتساوي، ولكن هذه العملية أدّت إلى فقدان القيمة الغذائية والنكهة. ويمكن أن يسمح الحصاد الانتقائي الذي تُستخدم فيه الآلات الذاتية التشغيل بالإنتاج التجاري للأصناف الموروثة ذات المذاق المميّز.[47]

وبالإضافة إلى فرص ريادة الأعمال المذكورة أعلاه، يمكن للأتمتة أن تجلب المزيد من البشائر السارة للمستهلكين، إذ يمكن أن تتيح إمكانية إنتاج أغذية أقل كلفة. والخطر الرئيسي الذي ينطوي عليه ذلك من منظور المستهلك هو أن الأتمتة تُحفز التركيز في صناعة الأغذية، مما يؤدي إلى هيمنة عدد صغير من الشركات الكبيرة؛ وتفرض هذه الشركات بعد ذلك أسعارًا احتكارية، مما يضر بالمستهلكين ويخفض الإنتاج إلى مستويات دون المستوى الأمثل اجتماعيًا. ومن ناحية أخرى، تتمتع الشركات بوفورات في الحجم ويمكنها بالتالي إنتاج سلع بكلفة أقل مقارنة بالمنافسين الأصغر حجمًا. وإذا تسنى تجنب التركيز المفرط، قد يظل المستهلكون أفضل حالًا مما هم عليه في سوق تنافسية تمامًا مؤلفة من العديد من صغار المنتجين. وفي منطقة لوس أنجلوس الكبرى في الولايات المتحدة الأمريكية، وخلافًا لصغار تجار التجزئة الغذائية، لا ترفع المتاجر الكبرى أسعار المواد الغذائية نتيجة لتركز السوق أو زيادة حصصها في السوق. وتمنعها المنافسة بين المتاجر الكبرى من تحديد أسعار احتكارية، ويجني المستهلكون بالتالي فوائد الكلفة المنخفضة المرتبطة بالكفاءة الناشئة عن وفورات الحجم.[48] ومن الضروري وجود سياسات تدعم المنافسة في السوق للحد من توحيد الأعمال التجارية وحماية رفاه المستهلكين.[3]

وهناك خطر استبعاد صغار المنتجين والمجهزين إذا لم تكن تكنولوجيات الأتمتة محايدة من حيث الحجم، لأنهم يفتقرون إلى وفورات الحجم اللازمة للاستمرار في المنافسة. غير أن ذلك ليس بالضرورة ناتجًا عن إدخال الأتمتة الرقمية في الزراعة؛ ولتلافي هذه النتيجة الحتمية، يتعيّن أن تكون الأتمتة الرقمية المنخفضة الكلفة (أي المحايدة من حيث الحجم) والشديدة الفعالية منتشرة بنفس مستوى انتشار الهواتف المحمولة. وفي ظل وجود البنية التحتية الرقمية التمكينية المناسبة، والبيئة القانونية والتنظيمية والثقافية، هناك إمكانية كبيرة لتحقيق تنمية اقتصادية ريفية مستدامة قائمة على الزراعة الكثيفة ولكن المستدامة. وسواءً أكانت البلدان، وخاصة المنخفضة والمتوسطة الدخل، تحقق كسبًا أو تتكبد خسارة بسبب الأتمتة الزراعية، فإن ذلك مرهون بكيفية إدارتها لهذا التحول. وستعود الفائدة على تلك البلدان التي تبني البنية التحتية المادية والاقتصادية والقانونية والاجتماعية اللازمة للأتمتة الرقمية. وقد تفقد البلدان التي تتجاهل هذا التحدي العمالة الزراعية اليدوية المنخفضة الأجر التي توجد لديها الآن ما لم تقم بتهيئة فرص زراعية أعلى أجرًا على أساس الأتمتة. ويُشير التاريخ إلى أن التعاون الدولي ضروري

للتحضير للانتقال؛ ولا بد بنفس القدر من إرادة سياسية للاعتراف بهذه الفرص واتخاذ ما يلزم من إجراءات بناءً على ذلك.[49,47,3] ■

عملية أتمتة زراعية شاملة للجميع

يرى هذا التقرير في الأتمتة الزراعية فرصة ومسؤولية لإشراك من يعانون من مستويات أعلى من الهشاشة والإقصاء والتهميش من خلال سُبل عيشهم في النُظم الزراعية والغذائية. ومن بين هؤلاء صغار المنتجين والرعاة وصغار الصيادين وعمال الغابات ومجتمعات الغابات، والعمال الزراعيون الذين يعملون بأجر، والمشاريع البالغة الصغر غير الرسمية، والأشخاص الذين لا يملكون أراضٍ، والمهاجرون.[2]

وهؤلاء الأفراد مسؤولون عن حصة كبيرة من إنتاج الأغذية، وهم القائمون على رعاية الموارد الطبيعية والتنوع البيولوجي. غير أنهم لا يزالون مهمَّشين، ويفتقرون إلى الوصول العادل إلى الموارد، ولا يملكون حقوق حيازة، ولا يشاركون في عمليات صنع السياسات والقرارات، ويتأثرون بشكل غير متناسب بتغيُّر المناخ والأحوال المناخية القصوى. وهم على الأرجح أكثر من يفتقرون إلى الأغذية المأمونة والمغذية، والموارد، والأسواق، والخدمات العامة والاجتماعية الأساسية، والبنية التحتية، والأدوات والتكنولوجيات، والحماية، وفرص إدرار الدخل.[2] ومن الضروري معالجة الحواجز والقيود المتعددة التي تواجهها هذه الجهات الفاعلة من أجل تحقيق عملية أتمتة زراعية شاملة للجميع، وهو ما سيؤدي إلى زراعة صغيرة النطاق مستدامة وقادرة على الصمود ومنتجة وفعالة.

وينبغي أن يكون الفقر والفقر المدقع محور تركيز رئيسي لهذه العملية، لأنها تشمل جميع المجموعات السكانية المذكورة أعلاه. ويقيم أربعة من كل خمسة أفراد ممن يعيشون تحت خط الفقر الدولي في المناطق الريفية ويعتمدون جزئيًا على الأقل على النُظم الزراعية والغذائية لكسب عيشهم.[50] ومعظمهم محرومون من الأبعاد المتعددة للرفاه وحقوق الإنسان الفردية والجماعية الأساسية. وللأُطر القانونية دور مهم في ضمان الاعتراف بحقوق الإنسان للجميع وحمايتها وتعزيزها. وينبغي للحكومات أن تُدرج تدابير من أجل تمثيل المجموعات المهمَّشة والضعيفة (مثل الشعوب الأصلية والأشخاص ذوي الإعاقة) في صنع القرار؛ وتحديد الآثار السلبية المحتملة للأتمتة على حقوق الإنسان، وخاصة لهذه المجموعات؛ وتنفيذ تدابير خاصة لمنع الآثار السلبية للأتمتة أو القضاء عليها أو التخفيف منها.

ويمثّل المنظور الجنساني والشباب موضوعيْن حاسمين آخرين لتحقيق الشمول للجميع. ووفقًا للإطار الاستراتيجي لمنظمة الأغذية والزراعة للفترة 2022–2031، يعامل المنظور الجنساني والشباب كموضوعيْن شاملين منفصلين لإبراز أهميتهما ولضمان إيلاء عناية خاصة لجدول أعمال كل منهما.[2] وينبغي أن تكفل السياسات والتشريعات والاستثمارات اتباع نُهج في الرصد قائمة على حقوق الإنسان، بما في ذلك جمع بيانات مفصّلة لقياس الآثار المترتبة على سُبل عيش الشباب والنساء وحقوقهم وفرصهم. ويُناقش المنظور الجنساني والشباب بشكل منفصل في الأقسام التالية. ويواجه كثيرون آخرون الإقصاء والتهميش من الأتمتة الزراعية بسبب العرق أو الجنس أو الفقر أو المركز الاجتماعي والاقتصادي أو اللغة أو الإثنية أو الدين أو العمر أو الإعاقة أو الطائفة أو غير ذلك من الأسباب. ومن الأمثلة على ذلك الشعوب الأصلية والأشخاص ذوو الإعاقة (انظر الإطار 22 في الصفحة 74).

آثار الأتمتة الزراعية على المنظور الجنساني

تتسم الآثار الجنسانية الناشئة عن الأتمتة في المزرعة بتعقدها وتنوعها. وهي تعتمد على التوزيع الجنساني السابق في أداء المهام الزراعية اليدوية المؤتمتة حديثًا، وعلى تقسيم العمل بين الجنسين في النُظم الزراعية والغذائية، وكذلك داخل الأسر المعيشية (مثل توزيع الأصول). وفي كثير من الأماكن، هناك انقسامات جنسانية صارمة إلى حد ما في المزارع. ومن ذلك على سبيل المثال أن زراعة زهرة الزعفران التي يُستخرج منها الزعفران، في المغرب، تُعدّ نشاطًا يُهيمن عليه الذكور، في حين أن تجهيز الزهور – وهي عملية تنطوي على أعمال شاقة وكثيفة العمالة – تؤديها النساء بصورة حصرية تقريبًا.[52] ولذلك فإن أتمتة زراعة الزهور من شأنها أن تُطلق معظم اليد العاملة من الذكور. وعلاوة على ذلك، إذا أدّى ذلك إلى توسيع إنتاج الزهور، سيزداد الطلب على اليد العاملة من الإناث. وفي حين أن هذه يمكن أن تكون بشائر سارة للعاملات الأجيرات فإنها نذير سيئ لليد العاملة الأسرية من الإناث.

الإطار 22 إدماج الأشخاص ذوي الإعاقة

يُستبعد الأشخاص ذوو الإعاقة في كثير من الأحيان من عمليات التنمية بسبب إعاقاتهم النفسية الاجتماعية والبدنية/الحسية والذهنية، ما يحول دون الحصول على الفرص الاجتماعية والاقتصادية بصورة منصفة وعلى قدم المساواة. ويمكن أن يكون الفقر وانعدام الأمن الغذائي وسوء التغذية من أسباب الإعاقة، في حين أن الأشخاص ذوي الإعاقة أكثر عرضة لخطر الفقر والجوع وسوء التغذية. وتمثّل الزراعة أحد أخطر ثلاثة قطاعات للعمل، حيث التعرّض لمجموعة واسعة من المخاطر وساعات العمل الطويلة وظروف العمل السيئة، مع الافتقار في كثير من الأحيان للسياسات أو التشريعات المناسبة للصحة والسلامة المهنيتين.

ويمكن للأتمتة أن تُساهم في ضمان فرص العمل اللائق التي تقضي على المخاطر المتصلة بالعمل وتقطع الصلة بين الفقر وسوء التغذية والإعاقة. وقد يستتبع إدماج الأشخاص ذوي الإعاقة أيضًا ما يلي: (1) تكييف وتحسين تكنولوجيات الأتمتة الزراعية القائمة أو استحداث تكنولوجيات جديدة للأتمتة الزراعية تُلبي احتياجاتهم الخاصة، باستخدام وسائط اتصال بديلة (على سبيل المثال، الطباعة بحروف كبيرة، وطريقة برايل، ولغة الإشارة) والأخذ بأشكال تصويرية وصوتية (أشرطة أو أقراص مسجلة) وأشكال إلكترونية؛ (2) وتعزيز المهارات الفنية للأشخاص ذوي الإعاقة في الزراعة والنُظم الزراعية والغذائية الأوسع.

ومن المهم بصفة خاصة تمكين الشباب ذوي الإعاقة من أن يصبحوا مستقلين ونشطين. وتستخدم منظمة الأغذية والزراعة مدارس تدريب المزارعين الشباب على الزراعة والحياة لمعالجة الفجوة في الحصول على التعليم، وكذلك الوصم والافتقار إلى الفرص الاقتصادية التي يعاني منها الأشخاص ذوو الإعاقة، مع الاستفادة من التكنولوجيات المبتكرة. ويشمل ذلك منهجية بسيطة، وإن كانت فعالة، لتثقيف الأطفال والشباب الضعفاء بشأن الزراعة، مع تدريبهم على مهارات الحياة.

المصدر: منظمة الأغذية والزراعة، 2022.[51,2]

وفي دراسة حالة أُجريت في زامبيا، تقاسم الرجال والنساء مهام كثيفة اليد العاملة (مثل إزالة الأعشاب الضارة). وعندما استُخدمت خدمات الجرّارات في تمهيد الأرض، ازدادت الزراعة، ولكنّ ذلك لم يفرض أعباءً إضافية غير متناسبة على النساء أو الأطفال. بل على النقيض من ذلك، كان جميع أفراد الأسرة المعيشية قادرين على التمتع بمزيد من وقت الفراغ.[35] وتُظهر أدلة أخرى من أفريقيا الشرقية والجنوبية أن ميكنة تمهيد الأراضي في كثير من الحالات تحل محل اليد العاملة سواء من الرجال أو النساء – ولكن بشكل خاص النساء، اللواتي يتحمّلن في الغالب مسؤولية إزالة الأعشاب الضارة التي تنطوي على قدر كبير من المشقة.[38] وفي غرب كينيا، وفّر الأخذ بالميكنة الآلية أيضًا الوقت لكل من الرجال والنساء، وتمكنت الأسر المعيشية من زيادة الاستثمار في تعليم الأطفال.[53] وتؤكد هذه الأمثلة أن تقييم أثر الأتمتة على المرأة يجب أن يشمل فهم أدوار الجنسين المحددة؛ ومن المهم عدم إطلاق تعميمات غير مستندة إلى أُسس قوية بشأن الأتمتة على أنها تفيد الرجال لمجرد أنها تؤدي بشكل أساسي إلى أتمتة العمليات التي يؤديها الرجال. ويمكن الرجوع في الإطار 23 إلى أمثلة ناجحة أخرى على استخدام النساء والشباب لتكنولوجيات الأتمتة الزراعية.

وعلى الرغم من إمكانات أتمتة المزارع في توفير الوقت للنساء وتخفيف أعباء العمل الواقعة عليهن، مع ما يصاحب ذلك من تعزيز للإنتاجية والدخل والرفاه، تُشير البحوث إلى أن النساء يتخلّفن عن الرجال في الأخذ بالتكنولوجيا الزراعية بسبب الحواجز التي تحول دون الوصول إلى رأس المال والمدخلات والخدمات (المعلومات والإرشاد والائتمان والأسمدة)، وتسهيلات الوصول المادي المحدودة، والمعايير الثقافية.[55] وعلى سبيل التوضيح، وفقًا لمعهد غانا للتنظيم والإدارة العامة، لا تستطيع نسبة 78.6 في المائة من المزارعات في المنطقة الساحلية من الحصول على خدمات الجرّارات.[56] ولا تستطيع النساء في كثير من الأحيان الأخذ بتكنولوجيات الأتمتة، ولا يمكنهن الحصول على الوظائف

الإطار 23 إدماج النساء والشباب: أدلة من دراسات الحالة

يُركز العديد من دراسات الحالة في الفصل الثالث بقوة على تمكين النساء والشباب من خلال تطوير التكنولوجيا. وتشمل الأمثلة الناجحة مقدمي الخدمات التالية:

شركة Igara Tea. تُشكّل النساء نحو 18 في المائة من المستخدمين، ومنهم 4 في المائة من أرباب الأسر المعيشية. وعلى مستوى المزرعة، يُشكل الشباب 65 في المائة من القوة العاملة. وفي قطاع تجهيز أوراق الشاي، تُشكل النساء والشباب أكثر من نصف مجموع القوة العاملة.

شركة TraSeable Solutions. تبلغ نسبة النساء والشباب نحو 40 في المائة و15 في المائة على التوالي من المستخدمين المسجلين.

شركة Tun Yat. تُشكل النساء نحو 30 في المائة من المستخدمين، ويُمثّل الشباب الذين تصل أعمارهم إلى 30 عامًا نسبة تتراوح بين 25 و30 في المائة. ونتج ذلك أيضًا من الهجرة الداخلية للذكور، حيث ينتقل الرجال إلى المناطق الحضرية للعمل، تاركين النساء لأداء المهام الزراعية. ومن خلال التركيز على توظيف النساء والشباب (المحليين)، تُحفز شركة Tun Yat تمكين المرأة في المناطق الريفية. وتستخدم الشركة النساء والشباب في تجهيز الأغذية وفي ضمان سلامة الأغذية، وكمشغلين للجرّارات وميكانيكيين.

المصدر: Ceccarelli وآخرون، 2022.[54]

التي تتطلب مهارات في تشغيل المزارع وإدارتها بسبب ارتفاع معدلات الأمية بينهن، والافتقار إلى الأدوات/المعدات المناسبة، وغياب البنية التحتية، وعدم كفاية الأموال المخصصة لبرامج الإرشاد للمرأة.[56]

ويتولى الرجال في العادة إجراء المعاملات التجارية المتعلقة بخدمات الأتمتة الزراعية على مستوى المزرعة. وبالتالي، فإن الرجال هم من يتخذون القرارات ويسيطرون على الموارد المطلوبة للاستثمار في الأتمتة (وخاصة رأس المال).[56] وتُصمَّم المعدات والأدوات الزراعية في العادة وفق مواصفات هندسية مناسبة للرجال، من دون إيلاء اهتمام كبير للمواصفات المناسبة للنساء. وفي بنغلاديش، لا تستخدم النساء مضخات الري بسبب تعقدها التكنولوجي، والمتطلبات المادية لتشغيلها، وصعوبة تأجير العمال والإشراف عليهم.[58] وهناك حاجة واضحة إلى تصميم وتوفير تكنولوجيات أتمتة مراعية للفروق بين الجنسين. والواقع أن استعراضًا حديثًا للمؤلفات سلط الضوء على الحاجة إلى مراعاة الفوارق بين الجنسين في البحوث والسياسات المستقبلية المتعلقة بتصميم تكنولوجيات الأتمتة والترويج لها والأخذ بها من أجل التخفيف من أعباء العمل الواقعة على المرأة وتعزيز نتائج الرفاه.[55]

ويجب التغلب على هذه القيود الجنسانية لزيادة الإنتاجية والسلامة والراحة، وللتقليل من المشقة كجزء من التنمية المستدامة الشاملة للمجتمع.[57] ومن أجل تشجيع المرأة على الأخذ بالتكنولوجيا، يحتاج صانعو السياسات وشركاء التنفيذ المحليون أيضًا إلى تقييم البيئة التمكينية وتعزيز تطوير التكنولوجيا ونشرها وتقديم الخدمات التي تراعي الفوارق بين الجنسين. والتكنولوجيات التي تراعي الفوارق بين الجنسين هي تلك التي تناسب الخصائص الجسدية لكلّ من الرجال والنساء.[59] وينبغي أن تعزز السياسات والتشريعات والاستثمارات أيضًا قدرة المرأة واستقلالها، وكذلك المساواة بين الجنسين في ملكية الأصول الإنتاجية الرئيسية و/أو السيطرة عليها.[60] ويمكن أن تؤدي الاستراتيجيات والإجراءات الموجهة التي تعالج في الوقت نفسه القيود التي تواجهها النساء في الأخذ بالتكنولوجيا على مستوى الأسرة المعيشية وعلى مستوى الخدمات والسياسات، إلى نتائج إيجابية. وتُظهر أدلة من غانا، على سبيل المثال، أن توفير التدريب للمرأة في النقاط المفصلية في سلسلة القيمة التي يُهيمن عليها الرجال في العادة يمكن أن يحقق أثرًا إيجابيًا ليس فقط على المرأة، بل وكذلك على المجتمع المحلي الأوسع (انظر الإطار 24 في الصفحة 76).[56]

الإطار 24 النساء في مقعد القيادة: النهوض بتمكين المرأة من خلال الجرّارات

يهدف برنامج تدريب النساء على قيادة الجرّارات إلى تحطيم الحواجز التي تحول دون مشاركة المرأة في الزراعة والأتمتة، وهو مجال يُهيمن عليه الذكور تقليديًا. والهدف من البرنامج التدريبي هو زيادة مشاركة المرأة ودورها القيادي في تشغيل الآلات الزراعية في غانا.

ونتيجة لهذا البرنامج، حصلت 182 امرأة من مشغلات الجرّارات على شهادات منذ عام 2018. ويبين معدل الإنجاز الناجح أن المرأة يمكن أن تتفوق في تشغيل الجرّارات وصيانتها. وأنشأ الخريجون رابطة النساء في تشغيل الجرّارات لتنظيم ودعم بعضهن البعض.

وساعدت مشاركة المرأة في الأتمتة على إحداث تحوّل في العقلية ليس لدى المرأة وحسب، بل وكذلك لدى الممارسين وأصحاب الأعمال والمجتمع الأوسع. وتُساهم حاليًا هؤلاء النساء اللواتي حصلن مؤخرًا على وظائف في تأمين بيئة منزلية مستقرة، ويتخذن قرارات حاسمة بشأن الموارد والدخل. وعززت هذه العملية بالتالي المساواة بين الجنسين في مكان العمل وفي المنزل.

المصدر: الوكالة الألمانية للتعاون الدولي، 2020.[56]

ويُسلط استعراض الاختلافات في مشاركة النساء والرجال في الأسواق الناشئة لخدمات آلات الحصاد في بنغلاديش الضوء على إمكانات خدمات التأجير.[58] واستفادت النساء بصفة خاصة من إدارة خدمات الآلات وامتلاكها في بعض الأحيان، فضلًا عن النتائج المباشرة وغير المباشرة المترتبة على الاستعانة بهذه الخدمات في حصاد المحاصيل. وينبغي أن تُركز مبادرات تعزيز خدمات التأجير على مشاركة النساء، سواء كصاحبات أنشطة أعمال أو كمستخدمات للآلات.

إشراك الشباب الريفيين – الفرص والتحديات

يبدو أن المزارعين الشباب هم أول من يتبنى الابتكار الزراعي. ولذلك يُنظر إليهم باعتبارهم عنصرًا محوريًا في تغيير الأجيال وإحداث تحوّل زراعي.[54] وتُبشّر الأتمتة الزراعية بأنواع جديدة من وظائف مختلفة عن الوظائف التقليدية في قطاع الزراعة التي غالبًا ما ترتبط بظروف عمل أدنى وأكثر خطورة وأقلّ أجرًا. وتنطوي هذه الوظائف الجديدة على تكنولوجيات مبتكرة تتطلب مهارات متميّزة لاستخدامها بصورة منتجة، ما يؤدي إلى أجور لائقة وظروف عمل أكثر أمانًا.

وخلصت دراسة بحثية حديثة حول تصورات أصحاب المصلحة بشأن المواضيع الكبيرة التي ينطوي عليها التحوّل الزراعي في أفريقيا إلى أن هناك تفاؤلًا كبيرًا بشكل عام بأن الزراعة يمكن أن تجتذب الشباب، ويتفق مع هذا الطرح ما يتراوح بين 78 و98 في المائة من أصحاب المصلحة. غير أن نسبة كبيرة من المجيبين ترى أن الشباب لا يشاركون بالقدر الكافي في عمليات السياسات (72–97 في المائة)، وذكرت نسبة كبيرة أن الشباب يفتقرون إلى القدوة في الزراعة (48–79 في المائة). ويسود تصوّر بأن نُظم التعليم لا تُعد الشباب إعدادًا كافيًا لسوق العمل، ولا سيما في بنن (70 في المائة) وكينيا (63 في المائة).[61] وتوجد الوظائف ذات المهارات العالية بعيدًا عن متناول معظم الشباب الريفيين،[62] ولذلك من الضروري أن يكتسب الشباب المهارات الضرورية. وينبغي إعطاء الأولوية لتنمية رأسمال بشري قوي وجدول أعمال لبناء القدرات، مع التركيز على الشباب، في السياسات والاستثمارات الحكومية.[54] ■

مستقبل القوة العاملة في النُظم الزراعية والغذائية

تتطور القوة العاملة في ظلّ اتساع الأتمتة الموفِّرة لليد العاملة في المزارع. ولم تَعد القوة العاملة أصغر فحسب، بل باتت أيضًا أكثر مهارة وأقدر على تكميل التكنولوجيات الجديدة والأكثر تعقيدًا. ومن المسائل الرئيسية التي تواجهها البلدان المرتفعة والمتوسطة والمنخفضة الدخل كيفية الحصول على القوة العاملة الزراعية في المستقبل وكيفية تيسير انتقالها من الأنشطة اليدوية المنخفضة المهارات في المقام الأول إلى العمل الذي ينطوي على تكنولوجيات أكثر تعقيدًا وتطورًا، بما في ذلك التكنولوجيات الرقمية التي من المرجح أن تزيد الطلب على العمال المهرة في المزارع وتؤدي إلى ارتفاع الأجور الزراعية.[63]

وليس هناك ما يبرر التخوّف من أن تؤدي روبوتات قطف المحاصيل إلى تشريد الملايين من عمال المزارع من دون فرص عمل أخرى. وبشكل عام، فإن أتمتة الوظائف الزراعية وتطور القوة العاملة الزراعية هي عمليات تدريجية ولا تمضي بوتيرة واحدة عبر المناطق المحلية والمحاصيل والمهام الزراعية. وتزداد حوافز الأخذ بالأساليب الموفِّرة لليد العاملة إلى أقصى حدودها بالنسبة إلى مهام محددة تتطلب عمالة كثيفة وسهلة الأتمتة بكلفة منخفضة. ومع مرور الوقت – ولكن ليس في الوقت نفسه – يتضاءل المعروض من العمال الزراعيين في مختلف المناطق، ويرتبط ارتباطًا وثيقًا بارتفاع الدخل وانخفاض الخصوبة وزيادة التعليم واتساع فرص العمل خارج المزرعة. ولذلك، مع أن الانخفاض في القوة العاملة الزراعية حقيقة لا يمكن إنكارها، فإنه يحدث بوتيرة غير متكافئة في جميع أنحاء العالم.

وبدلًا من تشريد أعداد كبيرة من العمال بسرعة، من المرجح أن تستمر الأتمتة تدريجيًا. وبالنظر إلى تراجع الإمدادات المعروضة من اليد العاملة الزراعية، ستُستخدم الأتمتة في بعض المهام، بينما ستبقى مهام أخرى كثيفة في استخدام اليد العاملة. وتتمثل وجهة النظر المعقولة في أن إشارات السوق ستستمر في توجيه تطوير التكنولوجيات الموفِّرة لليد العاملة والأخذ بها، وأن عملية الأتمتة التدريجية ستُحرر العمال الأقل مهارة من المهام المؤتمتة حديثًا لمزاولة أنشطة أخرى من الصعب أتمتتها. ومن خلال بعض الأنشطة – كتمهيد التربة والحراثة – ستفتح الأتمتة مساحات جديدة من الأراضي، وبالتالي ستزيد الطلب على العمال في مهام أخرى (الزراعة، وإزالة الأعشاب الضارة، والتفريج بين النباتات، والحصاد) في ظل اتساع إنتاج الأغذية.

ولا يعني ذلك أن العملية لن تواجه عوائق؛ وسيؤدي الأخذ (أو عدم الأخذ) بالتكنولوجيات الموفرة لليد العاملة إلى حدوث بطالة (أو نقص في اليد العاملة) في بعض الأحيان وفي بعض الأماكن. وقد تحدث أتمتة مفرطة إذا حدثت تطورات مفاجئة تُفسح المجال أمام المزارعين للوصول بسهولة إلى التكنولوجيات الموفِّرة لليد العاملة، ما يوفّر حافزًا للتشجيع على الأخذ بها حتى عندما تكون الأجور منخفضة. ومن غير المرجح حدوث هذا السيناريو في البلدان المرتفعة الدخل التي أصبح فيها نقص اليد العاملة الريفية وارتفاع الأجور هو القاعدة بالفعل. وفي البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل، وخاصة حيث العمالة الريفية وفيرة والأجور منخفضة، يمكن أن يكون للأتمتة المفرطة والسريعة جدًا أثر سلبي على عمال المزارع التجارية، ولا سيما العمال الذين تقادمت مجموعات مهاراتهم بسبب التكنولوجيات الجديدة.[3] ويعرض الإطار 20 (الصفحة 70) مثالًا من البرازيل على الحالة الثانية. وعلى أي حال، لا يزال من الممكن للأتمتة أن تُحسّن سُبل عيش صغار المنتجين نظرًا لأنها تُمكّن أفراد الأسرة من تخصيص مزيد من الوقت للتعليم وفرص العمل خارج المزرعة وتعزيز الكفاءة والإنتاجية والقدرة على الصمود.

وهناك سيناريو آخر يتمثل في أتمتة أقلّ من اللازم، وخاصة إذا كانت السياسات الحكومية تتسبب في إيجاد عقبات أمام الأتمتة في المزارع على افتراض أن هذا سيحافظ على الوظائف في قطاع الزراعة. وفي سياق انكماش المعروض من اليد العاملة الزراعية وارتفاع الأجور، من المرجح أن يكون الافتراض بأن الحد من الأتمتة سيحافظ على العمالة الزراعية والدخل الزراعي افتراضًا غير سليم لسببين. أولًا، تجعل سياسات الأتمتة التقييدية المزارع أقلّ قدرة على المنافسة وغير قادرة على توسيع إنتاجها لإرضاء الأسواق المحلية المتنامية أو الصادرات. وثانيًا، من المهم لتحسين الأجور وظروف العمل لعمال المزارع زيادة إنتاجيتهم من خلال ربط عملهم بالتكنولوجيات الجديدة. ويحصل معظم عمال المزارع في العالم على دخل أسري دون خط الفقر، ولا تزال احتمالات خروجهم من الفقر قاتمة من دون تكنولوجيات تعزز إنتاجيتهم. ويؤدي تقييد الأخذ بالتكنولوجيات

الموفرة لليد العاملة (وبالتالي تعزيز إنتاجية العمال) إلى انخفاض مستمر في أجور عمال المزارع.[3]

وفي ضوء ذلك، يُشكل توسيع إنتاج الأغذية في حقبة يتراجع فيها المعروض من اليد العاملة الزراعية، مع الاستمرار في بناء نُظم تعليمية لإعداد القوة العاملة للغد، يُشكل تحديًا رئيسيًا للسياسات في جميع أنحاء العالم. ولا يقتصر هذا التحدي على الإنتاج الأوّلي – بل ينطبق أيضًا على سائر أجزاء النُظم الغذائية والزراعية، بما في ذلك التجهيز والتوزيع. وإذا لم يكن العمال متاحين بالمهارات اللازمة لتكميل التكنولوجيات الجديدة، سيكون من الصعب تلبية الطلب العالمي المتزايد على الغذاء، وخاصة في الأماكن التي تشهد نموًا بطيئًا، بل انخفاضًا، في القوة العاملة الزراعية.■

الاستنتاجات

يتطلب فهم الآثار الاجتماعية لأتمتة المزارع اتخاذ خطوة إلى الداخل للتعرّف على المهام المؤتمتة داخل المزرعة وكيفية ارتباطها بالمهام الأخرى. ويتطلب أيضًا النظر إلى الخارج لمعرفة كيفية تفاعل الإنتاج الزراعي مع النقاط المفصلية التمهيدية والنهائية في النُظم الزراعية والغذائية والاقتصاد الأوسع. وتؤثر الأتمتة، في أي مرحلة زمنية، على المهام الفردية في بعض المزارع. وهي تُطلق اليد العاملة من هذه المهام المحددة إلى مهام أخرى أكثر كثافة في استخدام اليد العاملة في المزرعة، وكذلك إلى أنشطة أخرى في المراحل الأوّلية والنهائية من السلسلة الزراعية والغذائية وفي سائر قطاعات الاقتصاد.

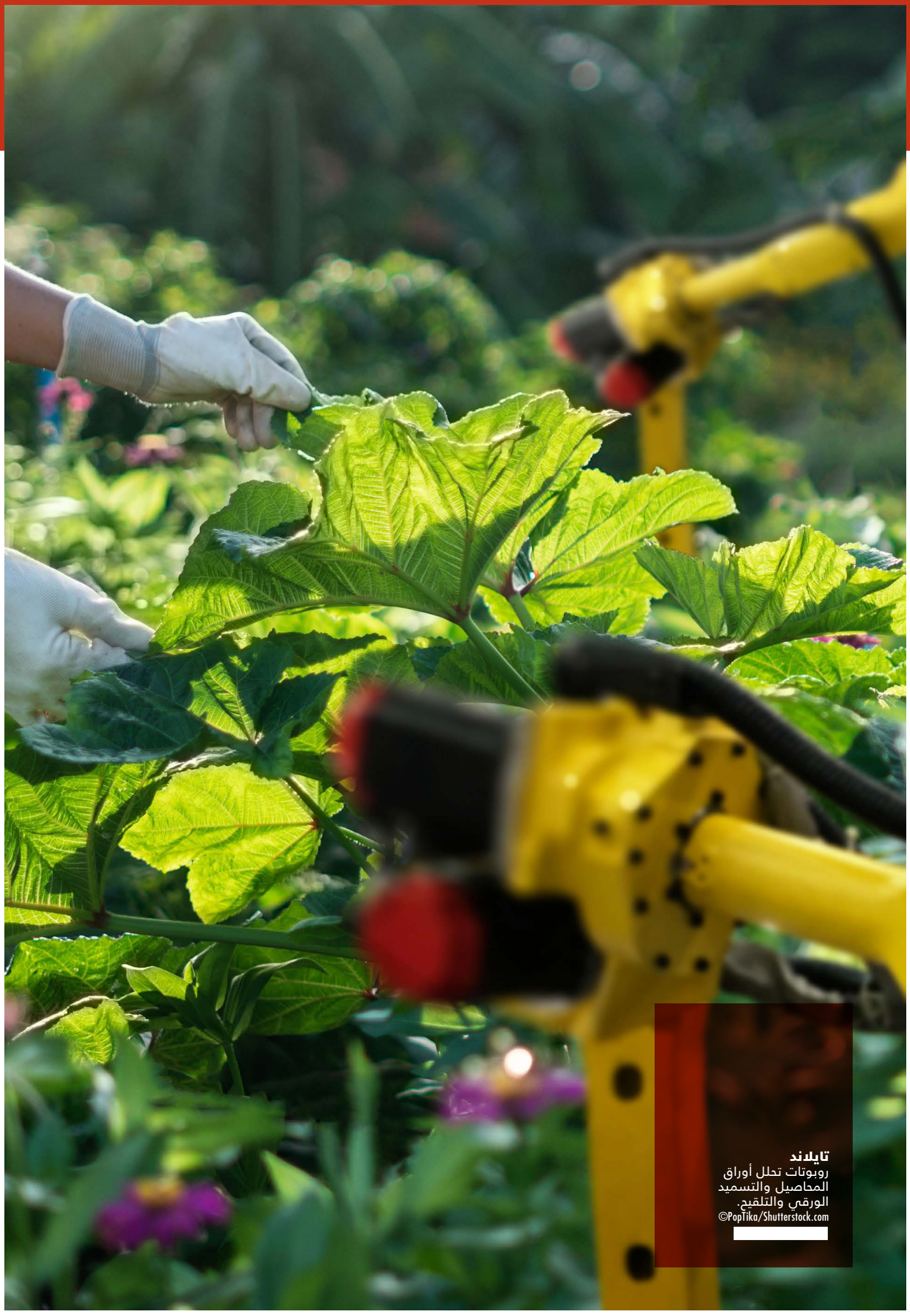
ومن السهل تخيّل ما تفضي إليه الأتمتة من بطالة وانخفاض في الأجور الزراعية. وهذه النتيجة ممكنة بالفعل في بعض السيناريوهات. غير أن الخبرة السابقة تُشير إلى أن الابتكار والأخذ بالتكنولوجيات الموفِّرة لليد العاملة يُشكلان في العادة عملية طويلة. وليس من السهل إنشاء آلات تحاكي براعة البشر ومهارتهم في أداء المهام الزراعية. وهناك أمثلة كثيرة تؤدي فيها أتمتة مهمّة واحدة في المزرعة (على سبيل المثال، تمهيد التربة باستخدام جرّار) إلى زيادة الطلب على العمال في مهام أخرى (على سبيل المثال، البذر، وإزالة الأعشاب الضارة، والتفريج بين النباتات، والحصاد). وبذلك يمكن للأتمتة أن تحفّز العمالة الزراعية من خلال تمكين المزارع من توسيع إنتاجها استجابة للطلب المحلي والعالمي المتزايد على الأغذية.

وهناك أدلة على أن نمو الإنتاج الزراعي الذي تيسّره الأتمتة، يُحفز تهيئة الوظائف وسائر مراحل النُظم الزراعية والغذائية – في أنشطة توريد المدخلات في المراحل التمهيدية وفي الخدمات اللوجستية والتخزين والتجهيز والتسويق في المراحل النهائية من المزارع. وبالإضافة إلى ذلك فإنه يهيئ فرص ريادة أعمال جديدة لتطوير أنشطة أعمال جديدة.

ويتوقف تأثير تطوير التكنولوجيات الزراعية الموفّرة لليد العاملة والأخذ بها على العمالة والأجور اعتمادًا كبيرًا على دوافع استخدام الأتمتة في المزارع. وتُحفِّز إشارات السوق – وتحديدًا التغيُّرات في الأجور مقارنة بأسعار العوامل الأخرى – أو تُثبط الأخذ بالأساليب الموفرة لليد العاملة في المزارع. ومن جانب العرض، ستستمر التطورات الهائلة في البحث والتطوير في وضع حلول جديدة للأتمتة في المزارع من أجل أداء مهام جديدة تكون في متناول المزارعين وبتكلفة متناقصة تدريجيًا. وسيظل الأثر العام في نهاية المطاف تجريبيًا وسيتوقف أيضًا على أهمية الزراعة في الاقتصاد والآثار المحتملة التي يمكن أن تنشأ عن الأتمتة الزراعية على مستوى الاقتصاد.

وهذه بشائر سارة من منظور زيادة الإنتاج العالمي من الأغذية في ظل انكماش القوى العاملة الزراعية في جميع أنحاء العالم. وفي الوقت نفسه، يمكن أن يؤدي التطور السريع جدًا في أتمتة المزارع، أو السياسات الحكومية التي تُعزز الأتمتة قبل أن يحين الوقت المناسب، إلى تغييرات مفاجئة في الطلب على اليد العاملة وقطع الصلة بين الأتمتة وتوافر اليد العاملة. ويمكن أن يسفر ذلك عن تزامن الأتمتة مع ارتفاع معدلات البطالة وانخفاض الأجور أو ركودها في المزارع في بعض الأماكن وفي بعض الأوقات. وينبغي أن تتلخص الاستجابة الواضحة من السياسات في تجنب إيجاد تشوهات في السوق تُشجع على الأتمتة السابقة لأوانها، والبدء فورًا بتزويد العمال بالمهارات اللازمة للوصول إلى وظائف جديدة تتطلب مهارات أعلى. ويتسم ذلك بأهمية خاصة للشباب والنساء الذين يعوق عدد من الحواجز التقنية والاقتصادية والثقافية مشاركتهم الكاملة في هذه الفوائد. وبالنظر إلى خطر دفع صغار المنتجين إلى الخروج من قطاع الزراعة بسبب إقبال المزارع التجارية على الأخذ بالتكنولوجيا، من المهم حماية سُبل عيشهم وضمان عدم تركهم خلف الركب.

وقدّم هذا الفصل اقتراحات تدعو إلى اتخاذ مبادرات لتعزيز الأتمتة الزراعية الشاملة للجميع التي تحقق المشاركة الكاملة للنساء والشباب وصغار المنتجين. ولسياسات الحكومات بشأن الأتمتة الزراعية دور في هذا الاتجاه، بالإضافة إلى ضمان أن تكون الأتمتة الزراعية دافعًا لتحويل النُظم الزراعية والغذائية. ويناقش الفصل الخامس دور السياسات والتشريعات الحكومية بمزيد من التفصيل. ■



تايلاند
روبوتات تحلل أوراق المحاصيل والتسميد الورقي والتلقيح.
©PopTika/Shutterstock.com

الفصل 5

خيارات السياسات من أجل أتمتة زراعية متسمة بالكفاءة ومستدامة وشاملة للجميع

الرسائل الرئيسية

- تهيئة بيئة مؤاتية للإقبال المسؤول على تكنولوجيات الأتمتة أمر أساسي ويتطلب مجموعة من أدوات السياسات للعمل معًا بطريقة متسقة. ويرتبط ذلك بجملة أمور تشمل الأُطر القانونية والمؤسسية المناسبة، والحوافز، ودعم الخدمات العامة للبنية التحتية، والتعليم، والتدريب، والبحوث، وعمليات الابتكار الخاصة.
- ينبغي أن تستند الاستثمارات التي تعزز الأتمتة المسؤولة إلى الظروف في كل سياق على حدة، مثل حالة إمكانية الاتصال الإلكتروني والبنية التحتية، وتحديات المعارف والمهارات، وعدم المساواة في الوصول إلى تكنولوجيات الأتمتة.
- ينبغي أن تعترف سياسات معالجة مسائل الاستدامة البيئية وتعزيز القدرة على الصمود بأوجه التآزر المحتملة بين الأتمتة ونُهج الاستدامة الأخرى، مثل تخطيط المناظر الطبيعية والزراعة الحافظة للموارد.
- ينبغي أن يركز صانعو السياسات على وضع تشريعات وأُطر تنظيمية شفافة، وتوفير دعم للخدمات العامة لا يُحدث تشوهات – بما في ذلك البحوث المتعلقة بالتكنولوجيات (التجارب والاختبارات وما إلى ذلك) التي تُركز على المزارعين وتكون مدفوعة بقوى الطلب – وكذلك التدريب لمساعدة العمال على الانتقال إلى مهام جديدة داخل قطاع الزراعة وخارجه.
- في حين يجب على المنتجين الزراعيين اختيار التكنولوجيات التي يأخذون بها من بين المجموعة الواسعة المتاحة، فإن دور التدخلات العامة هو ضمان وصول الجميع إلى الأتمتة الزراعية. ويمكن لمبادرات أصحاب المصلحة المتعددين التي تتقاسم، على سبيل المثال، معارف الأتمتة، أن تساعد على الأخذ بالأتمتة.

كما نوقش في الفصول السابقة، توفر الأتمتة الزراعية فرصًا كثيرة لإحداث تحوّل مستدام وشامل للجميع في النُظم الزراعية والغذائية، ولكنها تنطوي أيضًا على مخاطر. وتتطلب الأتمتة الزراعية جهودًا موازية من جانب الجهات الفاعلة في القطاعين الخاص والعام والقطاع الثالث سعيًا إلى تحقيق أهداف متسقة وتكاملية لتهيئة بيئة مؤاتية للأتمتة الزراعية، من أجل تسخير الفرص وتخفيف المخاطر وضمان تحقيق تحوّل زراعي مستدام وشامل للجميع. وبالاستناد كذلك إلى الدروس المستفادة من دراسات الحالة التي أُعدّت لهذا التقرير (انظر الملحق) والمؤلفات المتاحة، يُحدد هذا الفصل أدوات السياسات والأدوات القانونية اللازمة للتشجيع على الأخذ بالأتمتة الزراعية على نحو مستدام وشامل للجميع من دون ترك أحدٍ خلف الركب. والمبدأ الشامل للأتمتة الزراعية هو التغيير التكنولوجي المسؤول الذي يفضي إلى نُظم زراعية وغذائية متسمة بالكفاءة ومنتجة وشاملة للجميع وقادرة على الصمود ومستدامة. وتتطلب عملية التغيير التكنولوجي المسؤول توقّع آثار التكنولوجيات على الإنتاجية والقدرة على الصمود والاستدامة، والتركيز في الوقت نفسه على المجموعات المهمَّشة والضعيفة، بما في ذلك النساء والشباب وصغار المنتجين. ويجب أن تشمل العملية طيفًا واسعًا من أصحاب المصلحة، والاستجابة لشواغلهم، والاستفادة من أفكارهم ومعارفهم.[1] ولكي تكون الأتمتة الزراعية مسؤولة، يجب أن تكون مرنة وأن تُركز على المزارعين وأن تكون مدفوعة بقوى الطلب وأن تحترم خصوصية البيانات والتنوع الثقافي وأن تكون تشاركية وشاملة في التصميم وشفافة. ويجب أن تعترف بأهمية السياق وأن تُصمَّم

التكنولوجيات وفقًا للاحتياجات المحلية عن طريق إشراك الجهات الفاعلة المحلية والاستفادة من قدرتها على الابتكار التكيّفي. ■

نحو أتمتة زراعية مسؤولة

على غرار أي تغيير تكنولوجي، يترتب عن الأتمتة الزراعية حتمًا اختلال في النُظم الزراعية والغذائية، ما يُحقق فوائد ولكنه يؤدي أيضًا إلى مقايضات، ويفضي في نهاية المطاف إلى فائزين وخاسرين. وينبغي لجهود التعجيل بالأخذ بالأتمتة أن تنظر في العمليات الاجتماعية والاقتصادية والسياسية التي تعوق أو تُحفز تطوير التكنولوجيا والأخذ بها. وتؤثر الأتمتة الزراعية على النُظم الزراعية والغذائية بطرق عدة. فهي تؤثر على سُبل عيش المجموعات الضعيفة من خلال آثارها المحتملة على الأمن الغذائي والتغذية، والقدرة على الصمود، والحد من الفقر، وفرص العمل في المناطق الريفية – ويمكن بالتالي أن تؤثر على عدم المساواة. ويؤثر ذلك تأثيرًا مباشرًا على الرفاه العام للمجتمعات المحلية ويمكن أن يؤثر على الاستدامة البيئية، بما في ذلك صون الموارد الطبيعية والتنوع البيولوجي. وفي ضوء هذه الآثار، ينبغي أن يكون التغيير التكنولوجي المسؤول محوريًا في مناقشات السياسات، مع وضع الشمول والاستدامة في صميمها.

ويجب أن يشمل العمل نحو تحقيق نُظم زراعية وغذائية أكثر استدامة وشمولًا وقدرة على الصمود جميع أصحاب المصلحة المعنيين – وخاصة صغار المنتجين والمجموعات الأخرى المهمَّشة والضعيفة التي لا تزال في العادة غير قادرة على الوصول إلى تكنولوجيات الأتمتة الزراعية.[1,2] ويعرض هذا الفصل مجموعة من الخيارات الممكنة بشأن السياسات والمؤسسات والتشريعات والاستثمارات – من أجل تطبيق فكرة التغيير التكنولوجي المسؤول – في أربعة مجالات رئيسية. وهي تُشكل معًا خارطة طريق لضمان مساهمة الأتمتة الزراعية في نُظم زراعية وغذائية فعالة ومنتجة ومستدامة وقادرة على الصمود وشاملة للجميع. ويستند كل خيار من هذه الخيارات إلى النتائج الرئيسية المنبثقة عن دراسات الحالة والمؤلفات المتاحة الواردة في هذا التقرير. وهي تُعالج الحواجز الرئيسية التي تحول دون الأخذ بالأتمتة التي جرت مناقشتها وتحليلها من قبل في الفصول من الثاني إلى الرابع. ويُلخص الشكل 8 الوارد أدناه السياسات التي يُكمِّل كل منها الآخر ويُعززه.

- **سياسات عامة من أجل تهيئة بيئة مؤاتية.** تشمل السياسات غير المرتبطة مباشرةً بالأغذية والزراعة ولكنها على الرغم من ذلك تدعم الإقبال على الأتمتة الزراعية. وتعالج هذه السياسات أوجه القصور القائمة أو المحتملة في البنى التحتية – مثل الطرق والطاقة وإمكانية الاتصال الإلكتروني – بالإضافة إلى السياسات الوطنية المتعلقة بالتمويل وإدارة البيانات.

- **سياسات وتشريعات واستثمارات تستهدف الزراعة.** ترتبط هذه السياسات والتشريعات والاستثمارات ارتباطًا مباشرًا بالأغذية والزراعة وتستهدف القطاع بشكل جماعي. وهي تشمل في جملة أمور البحوث الزراعية، وخدمات نقل المعرفة، والتمويل الذي يستهدف الأتمتة الزراعية.

- **سياسات لضمان مساهمة الأتمتة الزراعية في نُظم زراعية وغذائية مستدامة وقادرة على الصمود.** تُركز هذه السياسات على تشجيع المنتجين الزراعيين على الأخذ بتكنولوجيات الأتمتة التي تحقق، في جملة أمور، الحفاظ على الموارد الطبيعية، ودعم الاستدامة البيئية وبناء القدرة على الصمود.

- **سياسات لضمان عملية أتمتة زراعية شاملة يستفيد منها الجميع.** تُكمل هذه السياسات ما هو قائم في المجموعات الثلاث الأخرى، وتهدف إلى ضمان استفادة الجميع – وخاصة الفئات المهمَّشة، مثل النساء وصغار المنتجين والشباب – من الأتمتة الزراعية، ومعالجة الآثار المحتملة على الدخل وسُبل العيش.

ومن مجالات السياسات المهمة للغاية دعم الخدمات العامة. ويمثّل ذلك الدعم الحكومي غير المرتبط مباشرة بالمخرجات الزراعية واستخدام المدخلات (انظر الإطار 25 في الصفحة 84). ويتسم دعم الخدمات العامة بأهمية رئيسية في تهيئة بيئة مؤاتية لأداء الأعمال في الزراعة وفي النُظم الزراعية والغذائية بشكل أعمّ. ولا يُشوه هذا الدعم الحوافز، بل يوفِّر مقومات التمكين للمنتجين الزراعيين، ولمقدمي مدخلاتهم وخدماتهم، وغيرهم من أصحاب المصلحة المعنيين، من إنشاء شركات مزدهرة، واتخاذ قرارات مستنيرة بشأن الأتمتة، وتحفيز الابتكارات. ومما يؤسف له أن سُدس إجمالي الدعم العالمي للأغذية والزراعة (نحو 111 مليار دولار أمريكي) يدخل ضمن بند دعم الخدمات العامة.[3] ويبلغ هذا الدعم أدنى مستوياته في الحالات التي تشتد فيها الحاجة إليه، وهي البلدان التي

الشكل 8 خارطة طريق لخيارات السياسات من أجل الاستفادة من الأتمتة الزراعية بطريقة مسؤولة

المصدر: أعدته منظمة الأغذية والزراعة لهذا التقرير.

الإطار 25 كيف يمكن لمختلف أنواع الدعم الحكومي تعزيز الأتمتة الزراعية

بلغ الدعم المقدّم للأغذية والزراعة في جميع أنحاء العالم ما يقرب من 630 مليار دولار أمريكي سنويًا في المتوسط خلال الفترة 2013–2018.[3] وتستهدف أكبر حصة من هذا الدعم المنتجين الزراعيين بصورة فردية، من خلال سياسات التجارة والسوق، ومن خلال الإعانات المالية المرتبطة إلى حد كبير بالإنتاج (على سبيل المثال، دعم أسعار سلع محددة) أو مدخلات متغيّرة محددة (مثل الأسمدة في بعض البلدان). ويمكن أن يؤثر هذا الدعم على الجدوى التجارية للأتمتة من خلال مسارات متعددة. من ذلك على سبيل المثال أنه يمكن أن يؤثر على مزيج السلع المنتجة نظرًا لأن الدعم الزراعي يوجه في معظمه إلى السلع الأساسية النشوية (في البلدان المنخفضة الدخل والبلدان المتوسطة الدخل من الشريحة الدنيا) ومنتجات الألبان والأغذية الأخرى الغنية بالبروتين (في البلدان المرتفعة الدخل والبلدان المتوسطة الدخل من الشريحة العليا). ويُحدد هذا المزيج من المنتجات بدوره خيارات الأخذ بتكنولوجيات الأتمتة التي قد تناسب بعض المنتجات ولا تناسب منتجات أخرى. وعلى الصعيد العالمي، يوجه ما يقرب من ثلث جميع أشكال الدعم من خلال حوافز الأسعار المرتبطة بمنتج محدّد أو مجموعة من المنتجات.

وبالمثل، يمكن أن يتأثر الأخذ بالأتمتة بالدعم المقدّم إلى عوامل الإنتاج، وتحديدًا الحوافز التي تفضل تراكم رأس المال. ومن ذلك على سبيل المثال أن إعانات الائتمان المقدمة إلى المنتجين الزراعيين تفضل تكنولوجيات الأتمتة الأكثر كثافة في رأس المال. ومن العوامل الرئيسية التي تُحدد شمول الأتمتة من يحصلون على الدعم – كبار المنتجين أو صغار المنتجين. وعلى الصعيد العالمي، يستند ما يقرب من عُشر الدعم المقدم إلى المزارعين بصورة فردية إلى عوامل الإنتاج.

ويشوه الدعم المرتبط بالإنتاج – سواءً من خلال الأسعار أو عوامل الإنتاج – الحوافز بطرق يمكن أن تفضي إلى نتائج عكسية، وتفضيل عن غير قصد بعض المنتجين على غيرهم. وبينما توجد تدابير دعم محددة تفضل الشمول فإن هذا ليس في العادة الأساس المنطقي التوجيهي.

ويستهدف دعم الخدمات العامة الأغذية والزراعة بصورة جماعية ولا يرتبط ارتباطًا مباشرًا بالإنتاج أو المنتجين الأفراد أو عوامل إنتاج محددة. ويشمل ذلك دعم البحث والتطوير الزراعيين وخدمات نقل المعرفة (على سبيل المثال، التدريب والمساعدة التقنية)، وكذلك تطوير البنية التحتية وصيانتها (مثل تحسين الطرق الريفية، ونُظم الري، والبنية التحتية للتخزين، وإمكانية الاتصال الإلكتروني). وهذا الدعم مهم للأخذ بالأتمتة، من دون تشويه للحوافز أو تفضيل مجموعات معيّنة من المنتجين على غيرها.

لا تزال فيها الزراعة قطاعًا رئيسيًا للاقتصاد والوظائف وسُبل العيش (أي البلدان المنخفضة الدخل وبعض البلدان المتوسطة الدخل من الشريحة الدنيا).[4] وفي هذه البلدان، من المرجح أن يتطلب تحقيق التكافؤ في الأتمتة الزراعية زيادة في دعم الخدمات العامة، غير أن ذلك يمكن أن يتطلب تمويلًا إنمائيًا كبيرًا.

وعند تصميم السياسات وتخطيط الاستثمارات، سيتعيّن أيضًا على الحكومات موازنة المقايضات بين الأهداف الاقتصادية والبيئية والاجتماعية المختلفة، بل والمتضاربة في بعض الأحيان. وتختلف أهمية السياسات والاستثمارات والإجراءات العامة الأخرى المقترحة أدناه تبعًا للسياق. وينبغي للحكومات إعطاء الأولوية للإجراءات بالاستناد ليس إلى التحديات المحلية وحسب، بل وكذلك القدرات والموارد الوطنية – بما في ذلك المالية – التي يمكنها تعبئتها لتصميم السياسات وتحويلها إلى أفعال.

وتُقدم الأقسام التالية بمزيد من التفصيل السياسات والاستثمارات الموصى بها وفقًا لفئات السياسات الأربع. ■

السياسات العامة لتهيئة بيئة مؤاتية

على الصعيد العالمي، كان الطلب على التكنولوجيات كي تحل محل اليد العاملة البشرية وتحسّن دقة العمليات الزراعية دافعًا رئيسيًا للميكنة السابقة، وهو يُشكل حاليًا القوة الدافعة الرئيسية للأتمتة الرقمية والروبوتية.

ومن خلال السياسات العامة والتشريعات والاستثمارات المؤثرة على التنمية الزراعية، يمكن للحكومات تهيئة البيئة المؤاتية لأصحاب المصلحة المعنيين، من المنتجين الزراعيين إلى مقدمي الخدمات ومشغلي اللوجستيات والمصنعين.[4] وبصفة خاصة، يمكن أن يساعد تعزيز التنمية الزراعية والاستثمار فيها، على سبيل المثال، من خلال تحسين البنى التحتية، على تعزيز الجدوى التجارية لتكنولوجيات الأتمتة الرقمية. وتؤدي هذه السياسات والاستثمارات دورًا حاسمًا في تصحيح إخفاقات السوق والحد من كلفة المعاملات الناشئة عن ضعف إمكانية الاتصال الإلكتروني، وإمدادات الكهرباء، وحماية البيانات، والوصول إلى الخدمات (على سبيل المثال، التمويل والتأمين والتعليم)، وبالتالي تحسين الكفاءة الاقتصادية العامة. وتُسلط الأقسام التالية الضوء على مجالات التركيز المهمة.

تحسين البنية التحتية للنقل

يمكن أن تؤدي البنية التحتية السيئة إلى ارتفاع كلفة المعاملات في الوصول إلى عناصر الإنتاج والمدخلات، والوصول إلى أسواق المخرجات، وبالتالي تقليل الحوافز التي تُشجع على الاستثمار في التكنولوجيا، بما في ذلك الأتمتة الزراعية. وتتحسن سُبل وصول المزارعين إلى الأسواق العالية القيمة عندما تكون هناك بنية تحتية أفضل للنقل، ويؤدي ذلك إلى خفض كلفة المعاملات المتعلقة بالآلات وقطاع الغيار والإصلاحات والوقود، ويُسهّل ظهور أسواق الخدمات (المهاجرة).[5] ويتسم تحسين النقل في أفريقيا جنوب الصحراء بأهمية خاصة نظرًا لتدني مستوياته بصفة عامة (انظر الفصلين الثاني والثالث). ومع ذلك، يتسم ذلك أيضًا بأهميته في بلدان أخرى منخفضة ومتوسطة الدخل يبدو أن الأخذ فيها بالأتمتة الزراعية محدود.

الاستثمار في البنية التحتية للطاقة

لا توجد تكنولوجيا للأتمتة من دون طاقة. وتعتمد معظم الآلات على الوقود الأحفوري (مع أن بعضها يعتمد على الكهرباء) وتحتاج الأتمتة الرقمية إلى الكهرباء. وحتى في البلدان التي تمتد فيها الشبكة الكهربائية إلى المناطق الريفية، لا تتوافر الكهرباء في العادة إلّا في المدن. وقلما تصل الكهرباء إلى الحقول، حتى في البلدان المرتفعة الدخل. ولهذا السبب، يعتمد العديد من البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل على الكهرباء غير المتصلة بالشبكة الكهربائية لتوصيل إمدادات الطاقة إلى المناطق الريفية – إذا كان من الممكن توصيل الكهرباء إليها أصلًا. ويمكن للسياسات التي تُحسّن إمدادات الكهرباء (على سبيل المثال، من خلال الكهرباء غير المتصلة بشبكة توزيع الكهرباء من الموارد المتجددة) أن تساعد على دعم قطاع التصنيع المحلي وتيسير الإقبال على الأتمتة الرقمية الزراعية والميكنة (على سبيل المثال، مضخات الري، وآلات التجهيز والحفظ).[6،7] وقد ترغب الحكومات في التركيز على إمكانات الطاقة المتجددة في الميكنة الكهربائية على طول سلسلة القيمة.[8] ويمكن أيضًا للطاقة المتجددة المستندة إلى الاستثمارات المحلية أن تحمي، على الأقل إلى حد ما، من الصدمات في قطاع الطاقة والتقلبات في أسعار الوقود التي تؤثر على ربحية الزراعة.

تحسين البنية التحتية للاتصالات

يُساهم تحسين البنية التحتية للاتصالات بدور مهم بصفة خاصة لاستيعاب التكنولوجيات الرقمية وتكنولوجيات الأتمتة. ويشيع ضعف إمكانية الاتصال الإلكتروني في كثير من البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل، ولكنه يمكن أن يؤثر أيضًا على بعض البلدان المرتفعة الدخل. والأكثر من ذلك أن الوصول إلى الإنترنت أساسي أيضًا للأتمتة الرقمية، إذ يتيح إجراء تحديثات للبرمجيات، وتحسين سعة الحاسوب (من خلال الحوسبة السحابية) ويتيح الوصول إلى بيانات الاستشعار عن بُعد وقواعد البيانات الأخرى. وغالبًا ما يكون الاتصال بالإنترنت في المناطق الريفية في جميع أنحاء العالم مشتتًا وباهظ الكلفة، وخاصة في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل. ويمكن أن تشمل سياسات تشجيع تطوير البنية التحتية الرقمية في المناطق الريفية قروضًا منخفضة الفائدة لمقدمي خدمات الإنترنت في المناطق الريفية ودعم تعاونيات الاتصالات التي توفّر خدمات البيانات. وفي أوروبا، تحسّنت إمكانية الاتصال الإلكتروني في المناطق الريفية من خلال تنفيذ مجموعة متنوعة من الحلول، بما في ذلك المبادرات الخاصة والعامة والتي يقودها المجتمع المحلي، وينطوي معظمها على تعاون بين عدة أطراف مختلفة (انظر حالة سلوفينيا في الإطار 26 في الصفحة 86). وتبيّن هذه الأمثلة أهمية الشراكات بين القطاعين العام والخاص والمجتمع المحلي لتحسين إمكانية الاتصال الإلكتروني والبنية التحتية في المناطق الريفية.[9] ويمكن أن يكون للتشريعات أيضًا دور مهم؛ وفي بعض الولايات القضائية، يُشكل الوصول إلى الإنترنت حقًا قانونيًا مشمولًا بالحماية (على سبيل المثال، فنلندا).[10]

الإطار 26 شبكة النطاق العريض المفتوحة في كومين، سلوفينيا

يعيش ما يقرب من 50 في المائة من سكان سلوفينيا – ما يقرب من مليون شخص – في المناطق الريفية، بمتوسط 30 نسمة لكل كيلومتر. وتلقت بلدية كومين، وهي منطقة ينخفض، بل ويتراجع فيها، عدد السكان، في إقليم كارست الغربي، أموالًا من الاتحاد الأوروبي لبناء شبكات نطاق عريض مفتوحة. واغتنمت شراكة بين القطاعين العام والخاص هذه الفرصة لسد الفجوة الرقمية المحلية من خلال النشر السريع للبنى التحتية، وحققت معدلات اختراق عالية. وكان التركيز القوي على استدامة المشروع على المدى الطويل وكلفته التشغيلية عاملًا أساسيًا لنجاحه بشكل عام.

وتضم منطقة كومين التي تبلغ مساحتها 103 كيلومترات ما يقرب من 1 340 أسرة معيشية في 35 قرية. وجعلتها طبيعتها الصخرية الصعبة وانخفاض عدد سكانها غير مجدية لمقدمي الخدمات التجارية بالنظر إلى أن الكلفة مرتفعة والعائد يكاد لا يُذكر. وطوّرت البلدية المحلية هذا المشروع بدعم من شريك من القطاع الخاص.

ومضى العمل بسرعة وكان لا بدّ من إنجازه في غضون فترات زمنية ضيقة. وتعاونت السلطات المحلية بنشاط مع الشريك الخاص؛ وأدّت مساعدته في التغلب على مسائل التصاريح إلى إصدار البلدية الأوراق اللازمة على الفور – وهو أمر أساسي للالتزام بجدول العمل. وكانت الاتصالات والتوعية التي استهدفت جميع مواطني منطقة كارست، فعالة جدًا وأدّت إلى تلطيف العلاقات مع السكان المحليين. وسرعان ما أدى هذا التعاون الوثيق بين الشركاء أثناء مرحلة التشييد إلى معدلات اختراق عالية.

المصدر: المفوضية الأوروبية، 2020.[11]

وينبغي أن تستهدف الاستثمارات أيضًا البنى التحتية المؤاتية ذات الصلة، مثل مجموعات البيانات العامة المتعلقة بتوقعات الأحوال الجوية والجداول الزمنية لزراعة المحاصيل والإنتاج الحيواني. ومن أمثلة الجهود التعاونية في هذا المجال تحالف المنافع العامة الرقمية، وهو مبادرة لأصحاب المصلحة المتعددين تشترك في عضويته منظمة الأغذية والزراعة. ويُيسّر التحالف المذكور اكتشاف المنافع العامة الرقمية وتطويرها واستخدامها، فضلًا عن الاستثمار فيها، في قطاعات متعددة، بما فيها الزراعة.

تحسين أسواق الائتمان العامة وسياسات أسعار الصرف

يتسم الائتمان بأهمية حاسمة للاستثمار في الأتمتة الزراعية وتمويل التكنولوجيات الزراعية بصفة عامة. وعادة ما تكون إمكانية وصول صغار المنتجين إلى الائتمان محدودة، ولا سيما النساء، بسبب الافتقار إلى الضمانات (مثل سندات ملكية الأراضي) وارتفاع كلفة المعاملات، إلى جانب تحديات أخرى.[12] وغالبًا ما تجعل أسعار الفائدة الباهظة من غير الممكن الحصول على الائتمان لتمويل الآلات[12,5] وغيرها من تكنولوجيات الأتمتة. وخلافًا للبذور والأسمدة ومبيدات الآفات فإن تكنولوجيات الأتمتة مكلفة، وتتوزّع الكلفة على عدة سنوات. ويمكن أن تؤثر سياسات أسعار الفائدة بشكل كبير على أنماط الأتمتة، وهو ما نشهده في مختلف البلدان الآسيوية.[13,6] ويمكن لسياسات أسعار الصرف أن تؤثر أيضًا على الأتمتة بسبب آثارها على كلفة استيراد الآلات وقطع الغيار، والوقود.[13,5] ومن الضروري ضمان أسعار فائدة معقولة للائتمان، وضمان استقرار أسعار الصرف، للاستثمارات الطويلة الأجل في معظم تكنولوجيات الأتمتة.

وضع سياسات وتشريعات وطنية شفافة بشأن البيانات

غالبًا ما تجمع تكنولوجيا الأتمتة الرقمية كميات هائلة من البيانات المتعلقة بالمحاصيل والثروة الحيوانية وتربية الأحياء المائية والغابات. وقد يشمل ذلك معلومات عن الملكية، ويطرح ذلك مسائل الخصوصية للمنتجين الزراعيين. ويمكن للبيانات التي لا تحميها تشريعات الخصوصية أن تكون سلعة قيّمة، وقد تكون هناك حاجة إلى أُطر قانونية لتوضيح المستفيد من استخدام البيانات.

وتُعد التشريعات الشفافة بشأن حماية البيانات وإطلاع الآخرين عليها وخصوصيتها عاملًا تمكينيًا رئيسيًا للأتمتة الرقمية لأنها تبني الثقة بين المزارعين. وهناك بصفة خاصة حاجة إلى قواعد واضحة بشأن ملكية البيانات والتحكم فيها. ويوصى بالنظر في مفهوم «الخصوصية منذ مرحلة التصميم» الذي تُشكل فيه حماية البيانات جزءًا لا يتجزأ من تصميم التكنولوجيا.

ويتعيّن أيضًا دعم الرقمنة المسؤولة والتدريجية لقطاع الزراعة، بما في ذلك تطوير ودعم البنية التحتية الوطنية للبيانات. وتتسم القابلية للتشغيل البيني (الاتصال الدقيق والموثوق بين الآلات) بأهميتها الحيوية لاطلاع الآخرين على البيانات، ويجب تعريفها تقنيًا وإنفاذها قانونيًا. وتُحدِّد القابلية للتشغيل البيني الإطار التنظيمي لتبادل البيانات، مع حماية جوانب مثل الخصوصية.

ومن المجالات الأخرى ذات الصلة القدرة المؤسسية والسياسية اللازمة لتحقيق الرقمنة والأتمتة. وتبيّن التجربة المستمدة من البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل أن شركات التكنولوجيا الخاصة القوية تتوقع في كثير من الأحيان نظامًا للحوكمة من هذا القبيل، ويمكن أن تترتب على ذلك عواقب سلبية. ويشار إلى ذلك بأنه الاستعمار الرقمي،[15,14] حيث تتركز مقاليد السلطة والنفوذ في يد الشركات الكبيرة من خلال وسائل تشمل، على سبيل المثال، البرمجيات الاحتكارية، استخراج البيانات وتحقيق أرباح من المستخدمين. ولا يستطيع معظم البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل تطوير صناعة رقمية تنافسية باستخدام مواردها الخاصة. ولكن، من المهم الارتقاء بقدرة الحوكمة الوطنية والإقليمية التي تمكّنها على الأقل من توجيه تكنولوجيات الأتمتة، وليس العكس. ومن المهم أيضًا بذل جهود للتغلب على تحديات البيانات، وهو ما تشهد عليه المجموعة المتنوعة من الشركاء في تحالف المنافع العامة الرقمية الذي ينشر المنافع العامة الرقمية. وتؤكد هذه الجهود أيضًا إمكانات الاتصال الرقمي في تبادل المعلومات بشأن تكنولوجيات الأتمتة والتوعية بإمكاناتها. ■

سياسات وتشريعات واستثمارات تستهدف الزراعة

بالإضافة إلى السياسات العامة والتشريعات والاستثمارات، يحتاج صانعو السياسات إلى استهداف قطاع الزراعة لدعم الأتمتة بصورة مباشرة أكثر. ويمكن للحكومات استخدام مجموعة من السياسات والتشريعات والاستثمارات والتدخلات الأخرى لاستهداف القطاع، وخاصة صغار المنتجين، لدعم الأخذ بتكنولوجيات الأتمتة. ويشمل ذلك سياسات حيازة الأراضي، والاستثمارات في بناء القدرات، والتشريعات المتعلقة بضمان الجودة، والبحوث التطبيقية، والتمويل الموجه. ويعتمد ترتيب الأولويات لهذه الإجراءات اعتمادًا كبيرًا على السياق، بما في ذلك مستوى التنمية الشاملة في البلد أو الإقليم والخصائص الزراعية المناخية والطبوغرافية للزراعة. وهناك حاجة إلى استراتيجيات وطنية للأتمتة لتوجيه إجراءات وسياسات واستثمارات محددة بشكل أكبر. وهذا ضروري في المجالات التي تفتقر إلى الأتمتة أو التي لا تزال الأتمتة فيها في مراحلها المبكرة. وينبغي أن تكون هذه الاستراتيجيات الوطنية مستندة إلى دراسات استقصائية ودراسات ميدانية تأخذ في الاعتبار تجارب الباحثين والمنتجين الزراعيين ومقدمي الخدمات والمصنعين. ويجب أن يكون الأساس الذي يستند إليه المنتجون في أخذهم بآلات محددة ومعدات رقمية بعينها هو ظروفهم واحتياجاتهم التي تتفاوت داخل البلدان وفي ما بينها. وفي أفريقيا حيث لا تزال الأتمتة الزراعية محدودة، تضافرت الحكومات على تسريع وتيرة الأخذ بالأتمتة، إدراكًا منها لمزايا الثورة الرقمية (انظر الإطار 27 في الصفحة 88).

وتُقدّم الأقسام التالية السياسات والاستثمارات والتشريعات المحتملة التي يمكن للحكومات التركيز عليها تبعًا لظروف المنتجين واحتياجاتهم، لتسخير إمكانات تكنولوجيات الأتمتة وتحديد الجدوى التجارية لأوسع مجموعة ممكنة من المنتجين.

تحسين سُبل الوصول إلى تكنولوجيات الأتمتة وخاصة أمام صغار المنتجين

ينطوي أداء أسواق الائتمان، كما جاء من قبل، على آثار مهمة بالنسبة إلى الوصول إلى التمويل اللازم للأخذ بالتكنولوجيات المكلفة، مثل الأتمتة. ويمكن للمزارعين

الإطار 27 استراتيجيات وطنية من أجل تعزيز الأخذ بالأدوات الرقمية في الزراعة الأفريقية

يُسرِّع الاتحاد الأفريقي والعديد من الحكومات الأفريقية وتيرة جهود تهيئة بيئة مؤاتية لاستخدام الأدوات الرقمية بفعالية من أجل تحويل النُظم الزراعية والغذائية. ومن الخطوات الرئيسية التي اتُخذت مؤخرًا استراتيجية الاتحاد الأفريقي بشأن الزراعة الرقمية تحت قيادة إدارة الاقتصاد الريفي والزراعي في الاتحاد الأفريقي. ويأتي ذلك في إطار متابعة استراتيجية التحوّل الرقمي لأفريقيا (2020–2030) التي تشمل الزراعة.[16] وتُشجع استراتيجية الزراعة الرقمية التي لم تُعتمد رسميًا بعد، الحكومات على الاستفادة بصورة أفضل من قوة الابتكارات الرقمية لتعزيز أداء الزراعة والقطاعات الريفية الأخرى وشمولها للجميع واستدامتها، وتدعو إلى استراتيجيات للزراعة الرقمية واستخدام الرقمنة لتعزيز خدمات الميكنة.

وبالإضافة إلى ذلك، وضعت منظمة أفريقيا الذكية، وهي وكالة حكومية دولية أنشأها رؤساء دول وحكومات أفريقية، مخطط التكنولوجيا الزراعية من أجل أفريقيا[17] وكانت منظمة الأغذية والزراعة والاتحاد الدولي للاتصالات قد اقترحا على الحكومات قبل بضع سنوات دليلًا لاستراتيجياتها الزراعية الرقمية.[18] وبناءً على هذه الجهود المختلفة، يقوم كثير من وزارات الزراعة في أفريقيا بتصميم سياسات جديدة للاستفادة بصورة أفضل من الفرص التي تتيحها الرقمنة.

استخدام مدخراتهم لشراء الآلات، ولكن عندما تكون المدخرات محدودة فإنهم يلجؤون إلى الائتمان. ويمكن للحكومات التأثير على هذه العملية من خلال سياسات الائتمان التي تستهدف بصورة مباشرة الأتمتة الزراعية. وتُمثّل قروض الاستثمار الحل الأكثر شيوعًا لتمويل الأتمتة، ولكن يمكن أن يقوضها الافتقار إلى الضمان أو يمكن أن تنطوي على كلفة كبيرة. وتمثّل سندات ضمان العقود، ومخططات ضمان القروض، ومجموعات الالتزامات المشتركة، والتأجير، خيارات محتملة. ويمكن من خلال التأجير تطبيق حوافز مختلفة، مثل مطابقة المِنح أو توفير إعانات «ذكية» (أي إعانات لا تشوّه الأسواق».[26] وتُستخدم هذه الأدوات في بعض البلدان الآسيوية لتعزيز إمكانية وصول المزارعين إلى الائتمان.[13] وتشمل الخيارات الأخرى للمضي قدمًا تمويل سلاسل القيمة، والائتمان التعاوني (كما هو الحال في الهند)،[27] ومنتجات الادخار والتأمين، وخاصة للمعدات الأكبر حجمًا.[26] وبالإضافة إلى المنتجين ومقدمي الخدمات، قد يحتاج أيضًا المصنعون المحليون ومتاجر الصيانة والإصلاح إلى قروض.[22,5]

وتبيّن الأدلة المستمدة من دراسات الحالة السبع والعشرين التي نوقشت في الفصل الثالث أنه عندما يفتقر المنتجون الزراعيون – وخاصة صغار المزارعين – إلى القدرة المالية، يمكن لمقدمي خدمات البحث عن نماذج أعمال بديلة لجعل حلولهم مربحة. وفي بعض الحالات، ترتبط الخدمات بالائتمان أو التأمين أو عقود الزراعة، مثل اتفاقات الزراعة التعاقدية التي تضمن تصريف المواد الخام وثبات أسعارها. ويساعد ذلك على الحد من مخاطر الإنتاج، وتحسين القدرة الاستثمارية، ويفضي إلى زيادة في الغلات وتحسّن في المخرجات ذات الجودة. وفي ظل غياب الزراعة التعاقدية أو تشريعات سلاسل الإمداد التي تُحسّن القدرة التعاقدية لصغار المنتجين، يمكن أن تؤدي هذه النماذج من الأعمال إلى قيود تكنولوجية (أي مطالبة المزارعين باستخدام خدمات محددة)، أو تبعيات غير مرغوب فيها، واختلالات في موازين القوة، مع ما يترتب على ذلك من عواقب اجتماعية واقتصادية غير مقصودة. وقد تُجبر هذه الحلول أيضًا المزارعين والمشترين ومقدمي الخدمات على اتباع أنماط سلوك معيّنة وممارسات زراعية مرغوبة لدى الجهات الفاعلة الأكثر قوة في السوق. وفي الوقت نفسه، تضع هذه الحلول المزارعين في نظام ملكية مغلق.[25] وتساعد الخدمات الرسمية الأكثر تنظيمًا على الحد من مخاطر الإنتاج، ولكنها يمكن أن تُقيّد أيضًا الخيارات المتاحة للمزارعين. ويلزم وضع تشريعات لحماية صغار المنتجين من الوقوع في عقود قسرية.

ومن مجالات السياسات الأخرى التي يمكن للحكومات أن تُيسّر فيها الوصول إلى التمويل حيازة الأراضي. وتؤدي الحيازة غير الآمنة إلى تثبيط المنتجين الزراعيين عن الاستثمار في التكنولوجيات الزراعية – وفي مزارعهم بصفة

عامة – لأنها تُسبب قدرًا كبيرًا من عدم اليقين بشأن ما إذا كان يمكن للمزارعين جني فوائد استثماراتهم. وهي تُقيِّد الوصول إلى الائتمان، إذ لا يمكنهم استخدام سندات ملكية الأراضي كضمان. ويُشكل ذلك مشكلة بصفة خاصة عندما يكون الاستثمار مكلفًا ويستغرق سداده عدة سنوات، كما هو الحال في الآلات المزوّدة بمحركات. ويُيسِّر تحسين أمن حيازة الأراضي الحصول على الائتمان، وخاصة بالنسبة لصغار المنتجين، ويُحفز الاستثمار في الآلات. وفي ميانمار، على سبيل المثال، أدّت إصلاحات حيازة الأراضي إلى زيادة كبيرة في احتمالات الحصول على قروض مصرفية لشراء الآلات الزراعية.[23] ويمكن للمزارعين استخدام هذا الائتمان لشراء مدخلات مثل الأسمدة والبذور المحسّنة؛ وتُساهم أوجه التآزر بين المدخلات واستخدام الآلات والمعدات الرقمية في رفع مستوى الإنتاجية وتحقيق كفاءة استخدام الموارد. وينبغي أن تقود الجهات الفاعلة في السوق الائتمان اللازم للأتمتة وأن تسترشد بالجدوى التجارية. وتواجه الجهود العامة لتمويل الأتمتة الزراعية بطريقة مباشرة تحديات كبيرة في مجال الحوكمة.[28,26]

ويمكن للسياسات التجارية أداء دور في الوصول إلى تكنولوجيات الأتمتة الزراعية. ويمكن لتوفير الأتمتة الزراعية أن يتأثر بارتفاع رسوم الاستيراد، والإجراءات الجمركية المطوّلة، والحواجز غير الجمركية أمام التجارة، مثل التدابير الصحية. وفي آسيا، ساهمت إزالة القيود المفروضة على الاستيراد بدور كبير في الميكنة،[13] في حين أن الآلات في أفريقيا معفاة حاليًا من رسوم الاستيراد في كثير من البلدان، مع أنها لا تزال مفروضة في بعضها.[13,12] وفي البلدان الأخرى التي تُعفى فيها معظم الآلات، تجتذب قطع الغيار في كثير من الأحيان رسومًا كبيرة، مما يُقوِّض استدامة الميكنة. ويمكن لخفض الرسوم المفروضة على الآلات والمعدات الرقمية وقطع الغيار، إلى جانب تحسين الإجراءات الجمركية، أن يساعد على خفض كلفة المعاملات المتعلقة بتكنولوجيات الأتمتة وتحفيز الإقبال عليها. وينبغي للحكومات إعطاء الأولوية للإعفاءات من الرسوم والضرائب المفروضة على الآلات والمعدات التي تناسب الظروف المحلية على أفضل وجه، وأن تتصدى للتحديات الرئيسية المتصلة بالأهداف الوطنية لتحسين الإنتاجية وتعزيز الاستدامة وتقوية القدرة على الصمود.

بناء المعارف والمهارات

يحتاج المصنعون والمالكون والمشغلون والفنيون المختصون بالآلات، وكذلك المنتجون الزراعيون، جميعًا إلى اكتساب المعارف والمهارات بشأن كيفية إنشاء معدات الأتمتة الزراعية وإدارتها وتشغيلها وصيانتها وإصلاحها. ويمكن للافتقار إلى هذه الخبرة المحددة أن يقوِّض ربحية تكنولوجيات الأتمتة واستدامتها؛ وعلى الرغم من ذلك، غالبًا ما يتم الترويج لها بصورة سيئة.5 ومن أمثلة ذلك غانا التي يعاني فيها 86 في المائة من الجرّارات من أعطال متكررة وطويلة الأمد بسبب سوء الصيانة ونقص المشغلين والميكانيكيين المهرة.[19] وكان للجهود العامة في مجال بناء المعارف والمهارات دورًا رئيسيًا طوال تاريخ الميكنة في جميع أنحاء العالم.[20] ويمكن تكييف مراكز التدريب المهني، التي تجمع بين التدريب التطبيقي والتدريب النظري، بشكل خاص لتوفير المعارف والمهارات اللازمة. ويُعد التدريب أيضًا ضروريًا للمشرفين البشريين على الأتمتة الرقمية. وفي أستراليا، تُركز مدونة قواعد السلوك المعدة تحديدًا لمستخدمي الآلات ذات الوظائف الذاتية التشغيل تركيزًا كبيرًا على كيفية تنبيه المشرفين وكيفية الإبلاغ عن الحوادث.[21]

وتُشكل الأمية الرقمية، فضلًا عن الافتقار إلى المهارات اللازمة للإشراف على تكنولوجيات الأتمتة وصيانتها وإصلاحها، حاجزًا رئيسيًا آخر أمام الأخذ بالأتمتة الرقمية في جميع أنحاء العالم، وخاصة بالنسبة لصغار المنتجين (انظر الفصل الثالث). ومن الضروري تنمية رأس المال البشري ويلزم وضع جدول أعمال لبناء القدرات، بما في ذلك إجراء استثمارات لتوسيع المهارات الرقمية. وينبغي ألّا يستهدف جدول الأعمال المنتجين الزراعيين فحسب، بل ينبغي أن يستهدف أيضًا الجهات الفاعلة الأخرى في سلاسل القيمة الزراعية، بما يغطي جميع المراحل، من توفير المدخلات والخدمات إلى المراحل النهائية الأخرى (على سبيل المثال، التجهيز والتجارة). ومن الضروري وضع جدول أعمال من هذا القبيل لدعم انتقال العمال من الوظائف ذات المهارات المنخفضة إلى الوظائف ذات المهارات العالية، وهو مهم بصفة خاصة للشباب – الذين يُنظر إليهم في كثير من الأحيان على أنهم قوة دافعة رئيسية لتحويل الزراعة الأسرية نحو الأتمتة الزراعية، لأنهم يميلون إلى تبنّيها أكثر من آبائهم. ولذلك ينبغي أن تستهدف السياسات والاستثمارات الحكومية العمال الريفيين الشباب.

الإطار 28 تكييف الأتمتة الرقمية مع السياقات المختلفة: أدلة من 27 دراسة حالة

توضح دراسات الحالة السبعة والعشرين الواردة في هذا التقرير كيفية تكييف الأتمتة الرقمية مع الاحتياجات المحلية في نُظم الإنتاج والبلدان وأنواع المزارع. وعلى سبيل المثال، هناك أدلة في قطاع إنتاج المحاصيل على قيام البلدان المنخفضة الدخل بتطوير آلات مؤتمتة صغيرة – منها على سبيل المثال آلات قطف أوراق الشاي في أوغندا، وآلات مؤتمتة لجني القطن (وهي عملية من الصعب أتمتتها، كما هو مبيّن في الفصل الثالث) في الهند وأفريقيا الغربية. وتتاح هذه التكنولوجيات حاليًا للمنتجين على النطاقين المتوسط والكبير، ومن المتوقع أن يصبح استخدامها أكثر انتشارًا، وتديره منظمات المنتجين من خلال مراكز التأجير.

وفي قطاع تربية الماشية الدقيقة، توفّر نماذج أعمال وخدمات روبوتات الحلب دروسًا قيّمة من حيث استخدام التكنولوجيات في مختلف أنواع المزارع. وفي حين أن روبوتات الحلب تُستخدم أساسًا في المزارع المتوسطة والكبيرة في البلدان المرتفعة الدخل، هناك تكنولوجيات أخرى متكيّفة مع المزارع الداخلية الصغيرة النطاق، فضلًا عن منشآت قائمة على الرعي تتيح للأبقار حرية الحركة في البلدان المتوسطة الدخل.

وأخيرًا، في ما يتعلق بالزراعة في البيئات التي يتم التحكم فيها، تزداد الدفيئات الزراعية شيوعًا في البلدان المرتفعة والمتوسطة الدخل حيث يوجد مستوى معيّن من الأتمتة (مثل التحكم في المناخ). وتظهر هذه الحلول في بلدان في جميع أنحاء العالم، ومنها، على سبيل المثال، شيلي والمكسيك والمملكة العربية السعودية، من بين بلدان أخرى. وتُمثّل الزراعة التي يتم التحكم فيها، ولا سيما الدفيئات، فرصة مهمة للروبوتات المزوّدة بالذكاء الاصطناعي.

المصدر: Ceccarelli وآخرون، 2022.[25]

الاستثمار في أعمال البحث والتطوير التطبيقية

تدفع أعمال البحث والتطوير الخاصة إلى حد كبير تكنولوجيات الأتمتة. ويمكن للحكومات أن تُقدم دعمًا عامًا من خلال المؤسسات ذات الصلة، ويمكن أن تُجري بحوثًا أو تموّلها في مجال الحلول التقنية أو الزراعية أو الاقتصادية من أجل الأتمتة المتكيّفة محليًا والمستدامة. وينبغي أن يغطي جدول أعمال البحوث أيضًا دراسات عن أثر حلول محددة للزراعة الدقيقة على الربحية، والاستدامة البيئية (بما في ذلك بصمة الكربون والمياه والطاقة)، وسلامة اليد العاملة، وإدماج النساء والشباب والمجموعات الضعيفة الأخرى. ومن المجالات الأخرى ذات الصلة الأنواع المختلفة للزراعة في البيئات المحمية والتي يمكن التحكم فيها (على سبيل المثال، الزراعة العمودية أو الدفيئات) التي لا ينظر إليها المستهلكون وصانعو السياسات دائمًا نظرة إيجابية. ومن الضروري أيضًا وضع نماذج زراعية محددة والتحقق منها، من أجل بلورة فهم أفضل لاستجابات المحاصيل لتكنولوجيا الزراعة الدقيقة المحددة، مثل تكنولوجيا المعدل المتغيِّر.

ويمكن للحكومات دعم نُظم البحث والابتكار الوطنية – لتكييف الآلات والمعدات الرقمية وتصميمها بما يناسب احتياجات المنتجين في ظل تطور نُظم الزراعة.

ويلزم إجراء بحوث حول استخدام البيانات الزراعية الضخمة والتحليلات كمنفعة عامة قادرة على توفير خدمات استشارية مجانية لصغار المنتجين. ويوصى أيضًا بإجراء بحوث تطبيقية لاستكشاف تكييف الحلول المؤتمتة مع مختلف الأقاليم والبلدان والظروف الزراعية والإيكولوجية وتوجهات الإنتاج وأنواع المزارع (انظر الإطار 28). وقد لا تكون الأفكار التي نجحت في مكان ما مناسبة في مكان آخر. ولتشجيع تطوير الزراعة الذاتية التشغيل ذات الصلة، ينبغي أن تجمع أُطر البحث والتطوير بين المبتكرين والمزارعين لتصميم الحلول وتوسيع نطاقها. ومن أمثلة ذلك في المملكة المتحدة مخطط وضعته شركة Innovate UK للتطبيق العملي للعلوم والتكنولوجيا (Science and Technology into Practice). ويموّل هذا البرنامج من القطاع العام ويتطلب من المبتكرين العمل مع المستخدمين النهائيين في

جميع مراحل المشروع، وإقامة أحداث إيضاحية، وجمع التعقيبات من المزارعين والتصرف بناءً عليها.

وهناك مجال أخير من مجالات البحوث، وهو ديناميكيات القوى الناشئة في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل نتيجة لازدياد الاعتماد على تكنولوجيات الرقمنة والأتمتة. ومن الضروري فهم المصالح التجارية للجهات الفاعلة الكبيرة في تطوير التكنولوجيا وتقديم الخدمات، والآثار المحتملة على صغار المنتجين، ولا سيما من حيث تركز السلطة، وإعادة توزيع الأراضي والثروة، وفقدان المعارف والمهارات أو بنائها، فضلًا عن الآثار المترتبة على العمل والعمالة.

ضمان الجودة ووضع معايير للسلامة

يمكن للافتقار إلى ضمانات للجودة في شكل اختبارات للآلات والمعدات وقطع الغيار واعتمادها أن يقوِّض إقبال مختلف تكنولوجيات الأتمتة الزراعية عليها لأنه يزيد من عدم اليقين والمخاطر المرتبطة بشرائها.[13] وفي غانا، على سبيل المثال، تقل كلفة آلة تفريط الذرة المصنّعة محليًا التي يمكن ربطها بجرّار عن مثيلتها المستوردة، ولكن من الصعب تقييم جودتها قبل الشراء بسبب الافتقار إلى المعايير أو مخططات الاعتماد. ويختار كثير من المزارعين بالتالي العلامات التجارية الأجنبية.[5] وقد لا يكون الاختبار ممكنًا في الواقع لصغار ومتوسطي المصنّعين الذين لا يملكون خطوط تجميع؛ والأكثر من ذلك أنهم يفتقرون إلى الحافز إذا كانت الأسواق المحلية لا تتطلب شهادة اعتماد رسمية. ولكن، يمكن لمنظمات القطاع العام والسوق والقطاع الثالث تنظيم الاختبارات للتخفيف بفعالية من عدم تناسق المعلومات من دون إحداث زيادة كبيرة في كلفة الآلات. ويمكن أن يكون لوجود خدمات عامة للتحقق من أجل تقييم كفاءة كلفة التكنولوجيات وفعاليتها وسهولة استخدامها أثر إيجابي على الإقبال عليها. وبالمثل فإن تعزيز المؤسسات التي تضع المعايير يمكن أن يدعم التصنيع والتجارة في مجال تكنولوجيات الأتمتة.[22]

ويحتاج صانعو السياسات إلى ضمان الأتمتة الزراعية المأمونة من خلال حُزمة متوازنة من القوانين واللوائح التنظيمية. وينبغي أن تغطي هذه القواعد جميع الجوانب، سواءً الإيجابية أو السلبية، وينبغي أن تكون مستندة إلى مشاورات شاملة، وأن تتفاعل مع جميع أصحاب المصلحة قبل تطبيق اللوائح التنظيمية وبعده. وفي المملكة المتحدة، على سبيل المثال، فرضت الحكومة قيودًا شديدة على استخدام الطائرات المسيّرة في المعالجة بالمدخلات لدواع تتعلق بالسلامة، على الرغم من الفوائد الكبيرة التي تعود على البيئة وسلامة الإنسان. وتقتضي التشريعات أيضًا إشرافًا بشريًا في الموقع بنسبة 100 في المائة على الآلات الذاتية التشغيل لضمان عدم تسببها في وقوع حوادث. وتبيّن من التحليل أن مثل هذه التشريعات يقضي على الفوائد الاقتصادية للمعدات الذاتية التشغيل التي يجنيها صغار ومتوسطو المنتجين وتزيد وفورات الحجم، ما يجعها مربحة فقط للمزارع الأكبر حجمًا.[24] وعندما تكون عمليات صنع السياسات شفافة وشاملة للجميع، يمكن أن تؤدي هذه النتائج إلى تنقيح للسياسة.

ولضمان السلامة، ينبغي أن تُطبّق الحكومات أُطرًا شفافة. وتتمثل العناصر الأساسية في إجراء عمليات تفتيش للتحقق من امتثال المستخدمين، ووضع معايير لتوفير التوجيه، وآليات للتمكين من التنظيم الذاتي من خلال مخططات الضمان على سبيل المثال (المخططات الطوعية التي تضع معايير للإنتاج تغطي سلامة الأغذية ورعاية الحيوان وحماية البيئة). ويمكن أن تكون المعايير مُلزمة أو غير ملزمة من الناحية القانونية. وفي أستراليا، تُطبق مدونة قواعد ممارسات لتوجيه استخدام الآلات الذاتية التشغيل في الزراعة.[21] وتُعطي هذه المدونة للمزارعين ثقة في الأخذ بالحلول الذاتية التشغيل، بينما تمنح المصنعين الثقة لتوسيع نطاق تلك الحلول. وتهدف إلى توحيد النهج المتبع في أتمتة الآلات. وتغطي مدونة قواعد السلوك عدة مجالات، بما فيها المكافحة العامة للأخطار والتأهب للطوارئ، ونقل المركبات بين الحقول، ومتطلبات الصيانة والإصلاح، وإدارة الطوارئ، والأحكام التشريعية، والمعايير. ويجري الاضطلاع بأعمال مماثلة في المملكة المتحدة في مجال الروبوتات، بما فيها الروبوتات المستخدمة في الزراعة.[9]

تسخير إمكانات تكنولوجيات الأتمتة الزراعية المنخفضة الكلفة

عندما لا توجد جدوى تجارية للاستثمار في الآلات الأكبر حجمًا بسبب القيود المالية أو بسبب عدم ملاءمة الآلات للظروف الطبوغرافية المحلية (مثل التضاريس الجبلية) أو أحجام المزارع (مثل قطع الأراضي الصغيرة جدًا والمجزئة)، يمكن للآلات الصغيرة أن تُحقق فوائد كبيرة لمنتجي المحاصيل، وخاصة أولئك الذين يديرون قطعًا

صغيرة من الأراضي في مناطق هامشية نسبيًا. وتشمل هذه الآلات والمعدات الجرّارات ذات العجلتين أو العرّاقات الكهربائية والبذّارات الأسطوانية والحفّارات الدوّارة وآلات إزالة الأعشاب الضارة الكهربائية.[29] وهناك أدلة على الجدوى التجارية للأخذ بالآلات الصغيرة (انظر الإطار 17 في الصفحة 55). والواقع أن هذه التكنولوجيات البسيطة يمكن أن تؤدي إلى تقليل المشقة بدرجة كبيرة، فضلًا عن توفير الوقت والمدخلات، ما يفضي إلى تحسين الإنتاجية وتعزيز القدرة على الصمود من خلال إجراء العمليات في الوقت المناسب. وهي أيضًا أنسب للبيئة لأنها لا تحتاج إلى أي وقود أحفوري أو لا تحتاج إلّا إلى القليل منه، والعديد منها مناسب للنُهج الزراعية والإيكولوجية، مثل نُظم تربية الأسماك في مزارع الأرزّ والترطيب والتجفيف البديلين (التي يستخدم فيها المزارعون تكنولوجيات موفِّرة للمياه لتقليل استهلاك المياه في حقول الأرزّ من دون التأثير على غلة المحصول). وتتيح في بعض السياقات زيادة مشاركة المرأة التي قد تُستبعد من الميكنة بسبب الأعراف والتقاليد الثقافية.[30,29]

وتتاح تكنولوجيات مثل الاستجابة الصوتية التفاعلية وبيانات الخدمات التكميلية غير المهيكلة والرسائل النصية القصيرة، بالإضافة إلى مراكز الاتصال، في معظم البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل، وهي بالتالي أكثر الحلول شيوعًا – إن لم تكن الوحيدة – أمام صغار المنتجين، وخاصة في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى. وهي تتيح الوصول إلى الخدمات المجمّعة، لأنها يمكن أن تصل إلى المزارعين (بغض النظر عن الأجهزة التي يستخدمونها ومهاراتهم الرقمية)، ومنخفضة الكلفة ولا تتطلب سوى القليل من الصيانة. وغالبًا ما تجمع الخدمات المجمَّعة بين الخدمات الفرعية المختلفة (مثل توفير المعلومات المتعلقة بالأسواق، والمناخ، والطقس، وبيانات رصد المزارع في الوقت الحقيقي) وتربط أيضًا بين الجهات المانحة. ويمكن لهذه التكنولوجيات أن تحد من الفجوات الرقمية بفضل السهولة الكبيرة في الوصول إليها. وهي أقل حساسية للإخفاقات المرتبطة بالبنية التحتية لأنها تتطلب طاقة أقل وبنية تحتية أبسط للبيانات مقارنة بالتكنولوجيات المتقدمة المدفوعة بالبيانات، وتولِّد عائدًا أعلى على الاستثمار. غير أن من المهم ألّا تفي الحلول المقدمة بالاحتياجات المحلية فحسب، بل ينبغي أن توفِّر أيضًا مشورة موثوقة.■ [25]

سياسات لضمان مساهمة الأتمتة الزراعية في نُظم زراعية وغذائية مستدامة وقادرة على الصمود

ناقش هذا الفصل حتى الآن دور مجموعة من التدابير للتغلب على الحواجز التي تحول دون الأخذ بالأتمتة الزراعية، مع التركيز على احتياجات صغار المنتجين. ويستعرض هذا القسم ما يتعيّن القيام به لضمان مساهمة الأخذ بالأتمتة الزراعية في نُظم زراعية وغذائية مستدامة وقادرة على الصمود، وتجنب مزيد من التدهور البيئي. وكما ذكرنا، حققت الميكنة الآلية فوائد كثيرة، بما في ذلك زيادات في الإنتاجية، ما أدى إلى تعزيز الأمن الغذائي، والحد من الفقر، وتحسين الصحة والرفاه، من بين أمور أخرى كثيرة. ولكن، تحقق ذلك في كثير من الأحيان على حساب الاستدامة البيئية وصاحبته آثار، مثل فقدان التنوع البيولوجي، وتراص التربة وتآكلها، وتدهور المياه. ويمكن أن تقل هذه الآثار بدرجة كبيرة وتصل إلى أدنى حدودها إذا كانت مصحوبة بسياسات وتشريعات واستثمارات مناسبة، وإذا استُخدمت تكنولوجيات أكثر تقدمًا، مثل حلول الأتمتة الرقمية. وتتناول الأقسام الواردة أدناه مجالات التركيز المهمة.

الحماية من فقدان التنوع البيولوجي وتدهور الأراضي وانبعاثات الكربون

يمكن أن تؤدي الميكنة الآلية إلى توسيع الأراضي الزراعية على حساب الغابات والسافانا، ما يُساهم في تغيُّر المناخ وفقدان التنوع البيولوجي (انظر الفصل الثالث). ويمكن معالجة هذه الآثار السلبية أو تجنبها – على الأقل جزئيًا – من خلال تخطيط ورصد استخدام الأراضي بالاستعانة بتكنولوجيات الأتمتة الرقمية التي تستهدف الأراضي الأكثر قيمة للتخفيف من تغيُّر المناخ والحفاظ على التنوع البيولوجي. وينبغي أن تُطبق الاستثمارات أيضًا مبادئ الاستثمار المسؤول في الزراعة والنُظم الزراعية والغذائية التي أقرتها لجنة الأمن الغذائي العالمي.[31]

ويمكن لاستراتيجيات الزراعة المستدامة، مثل نُظم المحاصيل والثروة الحيوانية والغابات، التي تُسبب آثارًا مناخية أقل وتسمح بمزيد من التنوع البيولوجي، أن تؤدي أيضًا دورًا في التخفيف من الآثار البيئية السلبية.[32] وتُشجع

إحدى دراسات الحالة السبع والعشرين التي تناولها الفصل الثالث، وهي دراسة الحالة الخاصة بشركة Justdiggit (انظر الملحق 1)، على استعادة المناظر الطبيعية على نطاق واسع في أفريقيا بوسائل تشمل على سبيل المثال تحويل المراعي المتدهورة إلى أرض خضراء خصبة. وتُنفذ عملية استعادة المناظر الطبيعية المذكورة من خلال تجميع مياه الأمطار وإدارة الرعي وتقليم الأشجار. وتُساعدها أجهزة استشعار عن بُعد تراقب نمو الأشجار وتحسب ما يرتبط بذلك من أحجام مطلوبة لاحتجاز الكربون.[33] وفي بعض البلدان، نجحت الحكومات في الحد من التوسّع في الأراضي الزراعية إلى أدنى حد من خلال تخطيط ورصد استخدام الأراضي. وينبغي تشجيع هذه المبادرات والممارسات وربما تكرارها في أماكن أخرى. وفي بلدان أخرى، ساهمت التدخلات العامة في إحداث آثار سلبية، على سبيل المثال، عند دعم مخططات زراعة تجمعات الحيازات الصغيرة على نطاق واسع أو الاستثمارات في الأراضي. وينبغي وقف أي تدخلات من هذا القبيل وتجنبها في الأماكن الأخرى.

ويمكن لمجموعة من التكنولوجيات أن تُخفض انبعاثات غازات الدفيئة وتُعزز تخزين الكربون في التربة، ما يتيح للزراعة تحقيق انبعاثات صافية سلبية، والحفاظ في الوقت نفسه على إنتاجية عالية. ومن خلال أوجه التآزر بين الأتمتة الرقمية وعلم الوراثة للمحاصيل والميكروبات، والكهربة، يمكن تحقيق انخفاض يُقدَّر بنحو 71 في المائة في انبعاثات غازات الدفيئة الناشئة عن زراعة المحاصيل الموزعة على خطوط في غضون السنوات الخمس عشرة المقبلة. وتُشير التقديرات إلى أن الممارسات الزراعية للمحاصيل الموزعة على خطوط تولِّد حوالي 5 في المائة من إجمالي انبعاثات غازات الدفيئة في الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة الأمريكية. ويمكن لأسواق خدمات النُظم الإيكولوجية الطوعية والتنظيمية الناشئة أن تُحفز التقدم على طول هذا المسار الانتقالي وان توجه الاستثمارات العامة والخاصة نحو تطوير التكنولوجيا.[34]

ويمكن للآلات الأخف وزنًا أن تُقلل من تراص التربة وتآكلها اللذين تسببهما في كثير من الأحيان الآلات الكبيرة المزودة بمحركات. وعلاوة على ذلك، يمكن للزراعة الحافظة للموارد، إلى جانب تناوب المحاصيل، أن تُقلل من تآكل التربة بنسبة تصل إلى 99 في المائة، باستخدام أمشاط شق التربة أو الغرّاسات المباشرة للاستعاضة بها عن المحاريث، وبالتالي تعزيز الحد الأدنى من اختلال التربة (أي عدم الحراثة)، والحفاظ على غطاء دائم للتربة، وتنويع أنواع النباتات.[35] ويبدو أن هذا هو الطريق للمضي قدمًا بالنسبة للزراعة في جميع أنحاء العالم، بما في ذلك في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل.[22] وهناك أدلة على أن الجمع بين الميكنة الآلية والحراثة المنخفضة يمكن أن يؤدي إلى تآزر بين الإنتاجية وصحة التربة.[36] ولكن، من أجل التغلب على بعض التحديات المرتبطة بهذه الممارسة، يجب وضع حلول مكيَّفة محليًا.[37] ويمكن للبحوث التقنية والزراعية التطبيقية استكشاف حلول الميكنة الأنسب للظروف الإيكولوجية الزراعية المحلية. ومن ذلك على سبيل المثال أن هناك أبحاثًا متزايدة بشأن المعالجة بالمدخلات باستخدام الطائرات المسيّرة في المزارع الصغيرة – وهي تكنولوجيا يمكن أن تحقق العديد من الفوائد المحتملة: تقليل التعرّض لمبيدات الآفات، وإمكانية الاستخدام في الحقول الرطبة أكثر من اللازم أو التي لا يمكن للآلات الوصول إليها، وكذلك في المحاصيل المنزرعة (تجنّب تلف المحاصيل بسبب تحركات الآلات).

الدفع نحو استخدام تكنولوجيات الأتمتة المعروفة بمراعاتها للبيئة

يمكن أن يساعد مفهوم الميكنة المناسبة للحجم التي يتم فيها تكييف الآلات مع حجم المزرعة (وليس تكييف حجم المزرعة مع الآلات)،[38] في الحد من الآثار البيئة السلبية. وعلى سبيل المثال، فإن الجرّارات الصغيرة ذات العجلات الأربع أو ذات العجلتين أكثر قدرة من الجرّارات الكبيرة على المناورة حول المناظر الطبيعية والأشجار داخل المزرعة. ويمكن لأسراب الروبوتات الصغيرة التي لا تزال في المراحل التجريبية، تحقيق فوائد بيئية مثل تقليل تراص التربة، وتوفير غلات أعلى. وفي حين أن معظم الروبوتات الزراعية التي لا تزال حاليًا في طور الإعداد لديها قدرة محدودة جدًا على صنع القرار، فإن للذكاء الاصطناعي، على المدى الطويل، القدرة على جعلها مفيدة للاستدامة البيئية. وعلى سبيل المثال، يمكن لأسراب الروبوتات المزوّدة بالذكاء الاصطناعي أن تتجنب العقبات الحقلية ويمكنها استهداف الآفات والأعشاب الضارة بدقة، وبالتالي الحد من استخدام المواد الكيميائية وحماية التنوع البيولوجي.

ويمثّل توسيع نطاق هذه التكنولوجيات تحديًا كبيرًا؛ ومن دون التوسّع فيها، لن يكون ممكنًا تحقيق المستوى الأمثل لإمكاناتها في الحد من الآثار البيئية السلبية وزيادة الإنتاجية على نحو مستدام (انظر الفصل الثالث). ويمثّل

ارتفاع كلفة الشراء والتشغيل عقبة مهمة أمام التوسّع، ولا سيما بالنسبة لصغار المنتجين؛ ولزيادة القدرة على تحمّل الكلفة، يتعيّن التركيز على تحسين التكنولوجيا ونماذج الأعمال المبتكرة. ومن أمثلة ذلك الهواتف المحمولة: إذ أن قابليتها للتوسّع جعلتها ميسورة الكلفة، ما مهّد الطريق للهواتف الذكية التي يزداد استخدامها في الزراعة الدقيقة.

وأفضل من يختار حلول الميكنة الأنسب للظروف الزراعية والإيكولوجية هم المزارعون أنفسهم. ويجب على الحكومات تهيئة بيئة مؤاتية، ونشر المعلومات عن التكنولوجيات المتاحة وكيفية استخدامها لتحقيق أهداف متعددة، بما في ذلك الاستدامة البيئية. ومن أمثلة هذا الدعم المعلوماتي فهرس الميكنة الذي أعدته منظمة الأغذية والزراعة بالتعاون مع مركز تطوير البنية التحتية الزراعية وتعزيز الميكنة، ورابطة رواد الأعمال في مجال الآلات الزراعية في نيبال. ويحتوي الفهرس على معلومات مباشرة عن مختلف الآلات المتاحة في السوق في نيبال، ويركز على الآلات التي تراعي الفوارق بين الجنسين والمتكيِّفة مع الإنتاج الزراعي على النطاق الصغير.[29]

وأدخلت عدة حكومات تشريعات للتخفيف من الآثار البيئية والاجتماعية الضارة لسلاسل الإمدادات الزراعية من خلال مطالبة الشركات بإنشاء نُظم إلزامية لبذل العناية الواجبة بالاستناد إلى المخاطر.[39] وعلى سبيل المثال، اعتمدت المفوضية الأوروبية اقتراحًا يدعو إلى إصدار توجيه بشأن العناية الواجبة لاستدامة الشركات. ويهدف إلى تعزيز السلوك المستدام والمسؤول للشركات في جميع مراحل سلاسل الإمداد العالمية. ويجب على الشركات تحديد الآثار السلبية لأنشطتها على حقوق الإنسان (مثل عمل الأطفال واستغلال العمال) وعلى البيئة (مثل التلوث وفقدان التنوع البيولوجي)، أو منعها أو وقفها أو التخفيف منها. وفي ما يتعلق بقطاع الأعمال ستحقق هذه القواعد الجديدة اليقين القانوني وستهيئ مجالًا متكافئًا؛ وبالنسبة للمستهلكين والمستثمرين، ستوفِّر مزيدًا من الشفافية.[40]

التوعية وتحسين التواصل

أحد الدروس المستفادة من دراسات الحالة السبع والعشرين هو أن المستهلكين لا يقدّرون بعد الزراعة الدقيقة وإمكاناتها من حيث الكفاءة والاستدامة البيئية ورعاية الحيوان. والواقع أنه في حين أن المستهلكين يفهمون مباشرة مصطلح «الزراعة المنخفضة المدخلات» (وارتباطها بالاستدامة البيئية) فإن «الزراعة الدقيقة» لم تلق بعد صدى لديهم. والتواصل أساسي. ونظرًا لعدم إمكانية وصف الزراعة العمودية، على سبيل المثال، بأنها عضوية في بعض البلدان، فإن ذلك يعوق التعريف بفوائدها بين المستهلكين. ويمكن للسياسات أن تساعد على تحديد أولويات التشريعات وإصدار شهادات الاعتماد للزراعة الدقيقة من أجل تعريف المستهلكين بوضوح بمزاياها، وبالتالي تعزيز الجدوى التجارية للاستثمار فيها (انظر الفصل الثالث). ولكي تحقق الزراعة الدقيقة فوائدها البيئية المحتملة، من الضروري إقامة حوار عبر النُظم الزراعية والغذائية في مجملها.[25] ويمكن للتواصل الرقمي نفسه أن يؤدي دورًا رئيسيًا في زيادة الوعي ونشر المعلومات والدعوة إلى الزراعة الدقيقة. ■

سياسات لضمان عملية أتمتة زراعية شاملة يستفيد منها الجميع

من التحديات الرئيسية التي تواجهها الأتمتة الزراعية خطر التخلي عن المجموعات المهمَّشة – كالنساء، والمنتجين على النطاق الصغير والشباب – نظرًا لتحيُّز الأتمتة، على أساس الحجم، للمزارع الأكبر حجمًا. ويمكن أن يؤدي ارتفاع كلفة العديد من تكنولوجيات الأتمتة الحالية وما يرتبط بها من متطلبات المهارات إلى توسيع أوجه عدم المساواة وتعميق الفجوات الرقمية. وقد ترتبط الأتمتة بزيادة البطالة وإزاحة وظائف العمال غير المهرة؛ ولا ينطوي ذلك على آثار سلبية على الشمول فحسب، بل يمكن أن يشوّه التصورات بشأن فوائده. ويمكن أن يكون للسياسات دور محوري في تخفيف أو تجنب أيٍ من الآثار السلبية المذكورة أعلاه وضمان مساهمة الأتمتة في تحوّل زراعي شامل للجميع.

معالجة الفجوة التكنولوجية من خلال الابتكارات التقنية والمؤسسية

يمكن للتكنولوجيات الأحدث، بما فيها التكنولوجيات المرتبطة بالثورة الرقمية، تقريب الأتمتة من حيادية الحجم لتصبح بالتالي في متناول الجميع بدرجة أكبر. ومكّن نشر الآلات الصغيرة صغار المنتجين من أتمتة عمليات زراعية كثيرة (الفصل الثالث). ودعمت الآليات المؤسسية، مثل توفير الخدمات المشتركة والملكية التعاونية التي تيسّرها

التكنولوجيات الرقمية، الأخذ بتكنولوجيات الأتمتة.[41] وينبغي أن يكون المزارعون هم من يختار حلول الأتمتة الأنسب لظروفهم الزراعية والإيكولوجية المحلية، بينما ينبغي على الحكومات تحقيق تكافؤ الفرص. ويمكن للحكومات أن تدعم ظهور أسواق الخدمات من خلال تحسين البنية التحتية الريفية وتوفير الظروف القانونية الجيدة، وتيسير المعابر الحدودية، وتطوير معارف ومهارات مقدمي الخدمات، بما في ذلك التدريب على أنشطة الأعمال. ويمكن لمنظمات القطاع الثالث، مثل رابطات المنتجين والتعاونيات، أن تساعد على خفض كلفة المعاملات المترتبة على العمل مع صغار المنتجين، على سبيل المثال، عن طريق تنظيم المزارعين في مجموعات.[42] ويمكن للأدوات الرقمية معالجة بعض التحديات المرتبطة بأسواق الخدمات وخفض كلفة المعاملات. ويمكن للحكومات تيسير استخدام هذه الأدوات عن طريق بناء إمكانية الاتصال الإلكتروني الرقمي ومحو الأمية وبناء الثقة.[43]

ضمان استفادة المرأة من الأتمتة

يمكن أن تكون آثار الأتمتة على النساء إيجابية وسلبية على حد سواء؛ والسبيل إلى تجنّب الآثار السلبية هو مراعاة احتياجاتهن.[26] وغالبًا ما تتاح للنساء فرص أقل في الوصول إلى تكنولوجيات الأتمتة – ويرجع ذلك في جانب منه إلى أن قطع أراضي النساء أصغر حجمًا وأكثر تفتتًا وفرص وصولهن إلى الأسواق والائتمان والإرشاد أقل (انظر الفصل الرابع). ويمكن للسياسات والتشريعات والاستثمارات التي تُعالج هذه العيوب (على سبيل المثال، من خلال تحسين حقوق المرأة في الأرض والحصول على الائتمان والإرشاد) أن تُساعد على زيادة فرص وصولها إلى الأتمتة. ومن المهم الأخذ بنُهج رصد قائمة على حقوق الإنسان، وجمع بيانات مفصلة لقياس الآثار المترتبة على سُبل عيش المرأة وحقوقها وفرصها. وينبغي أن تنص الأُطر القانونية الوطنية أيضًا على إجراء تقييمات تنظيمية للأثر تراعي الفوارق بين الجنسين، وينبغي اتخاذ تدابير ورصد ميزانيات لها من أجل تجنب أي آثار متنوعة على النساء والتخفيف منها. ويجب أن تعترف الأُطر القانونية بالتحديات الجنسانية التي تواجهها المرأة وأن تتخذ تدابير لمعالجتها. ويمكن أن يشمل ذلك تخصيص موارد مالية لتوسيع إمكانية الوصول إلى ريادة الأعمال من خلال الائتمان وتوفير التدريب (بما في ذلك محو الأمية الرقمية)، والتدابير التي تهدف إلى تحسين وصولها إلى أسواق المدخلات والمخرجات.

ويتوقف عدم وصول المرأة إلى الميكنة أيضًا على المعايير الاجتماعية. وتشمل نقاط الدخول المحتملة لتغيير ذلك حملات التوعية الجنسانية (على سبيل المثال التعريف بالنساء مقدمات الخدمات أو المشغلات الناجحات) ودعم تعاونيات أو رابطات الميكنة النسائية التي تدير فيها النساء الآلات بصورة جماعية، ويمكنهن الحصول على المعرفة وتنمية المهارات والتمويل. ويلزم إجراء مزيد من البحث لبلورة فهم أفضل لكيفية تحسين وصول المرأة إلى الميكنة. وتنطوي الأتمتة في العادة على كلفة أوّلية كبيرة؛ وبالنظر إلى أن أنشطة الأعمال المملوكة للنساء أصغر حجمًا والقدرة على الاستثمار أقلّ فإن ذلك ينطوي على آثار مهمة على القدرة التنافسية للمرأة.

وقد تكون النساء أيضًا أقلّ قدرة على التعبير عن احتياجاتهن بسبب الافتقار إلى التمكين.[44] ويمكن للسياسات والتشريعات والاستثمارات التي تستخدم نُهج الرصد القائمة على حقوق الإنسان وتعزيز قوة المرأة أن تساعدها على التعبير عن احتياجاتها بصورة أفضل. ويمكن لأعمال البحث والتطوير العامة أن تُركز على تكنولوجيات الميكنة المراعية للفوارق بين الجنسين، وتكييف تصميمها مع احتياجات المرأة.

التركيز على الشباب الريفيين لضمان انتقال سلس وشامل للجميع في العصر الرقمي

من التحديات الرئيسية للتنمية الزراعية هجرة الشباب من المناطق الريفية – وخاصة الشباب الذين لديهم مستويات تعليم أعلى – لتبقى الزراعة بذلك بين يدي السكان المتزايدة شيخوختهم وتظل عرضة لتحديات جسيمة من حيث استدامة الزراعة والنُظم الزراعية والغذائية. ويمكن أن يكون للأتمتة الزراعية دور رئيسي في عكس مسار هذا الاتجاه. ويمكن أن تسد فجوات اليد العاملة؛ ويمكن للتكنولوجيات الرقمية أن تُحفز اهتمام الشباب بالحصول على وظائف في القطاع الزراعي والغذائي، بما في ذلك على مستوى المزرعة، ما يهيئ فرص عمل جديدة وظروف عمل ودخل أفضل.[45]

وكما جاء في الفصول السابقة، فإن المزارعين الشباب هم في كثير من الأحيان أول من يأخذ بتكنولوجيات الأتمتة ويُشغلها – ويرجع ذلك في جانب منه إلى تحسّن سُبل وصولهم إلى المعلومات والتكنولوجيات الرقمية، مثل

الهواتف الذكية – وبالتالي فإن لهم دورًا أساسيًا في الأتمتة الرقمية في الزراعة.[25] وهم يجمعون بين الأفكار والخبرة في الممارسات الزراعية والمهارات الرقمية الضرورية للتكنولوجيات الجديدة.[46] وينبغي أن تصبح من أولوية السياسات وضع جدول أعمال محدّد للأتمتة الزراعية يستهدف الشباب الريفيين ويضمن اكتسابهم المهارات اللازمة لأداء وظائف جديدة ذات مهارات عالية. وينبغي أن يهدف جدول الأعمال المذكور إلى بناء كفاءاتهم ليس من أجل الإنتاج الزراعي وحسب، بل وكذلك لأداء العمليات العالية التكنولوجيا على طول سلاسل القيمة الزراعية والغذائية. وينبغي تكميل ذلك بدعم مالي ودعم من السياسات، فضلًا عن البحث والتطوير والمساعدة التقنية لضمان الأخذ بنهج شامل في تحويل النُظم الزراعية والغذائية. ويمكن للتعليم العام أن يؤدي دورًا حيويًا في الانتقال السلس والوصول العادل إلى فرص العمل الجديدة.[47] ويتسم ذلك بأهمية خاصة في ظل استمرار الشباب الريفيين على الأرجح في ترك الزراعة، وخاصة في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل، ولكن يمكنهم بعد ذلك الانتقال إلى وظائف ذات مهارات أعلى في مراحل أخرى من النُظم الزراعية والغذائية.

وينبغي لمبادرات التنمية الريفية التي يقودها المجتمع المحلي أن تُشرك الشباب في التشاور والتخطيط وصنع القرار. ويمكن للأُطر القانونية أن تدعم هذه المبادرات من خلال تهيئة بيئة مؤاتية للتنمية المحلية، وفرض حصص إلزامية لمشاركة الشباب، وإنشاء منظمات للشباب.

تحسين الإرشاد الزراعي والخدمات الاستشارية الريفية

تؤدي خدمات الإرشاد الممولة من الأموال العامة دومًا دورًا مهمًا في ضمان الأتمتة الزراعية الشاملة للجميع. وبصرف النظر عن التحديات المختلفة التي يواجهها صغار المنتجين، فإن الفرص المحدودة في الحصول على خدمات استشارية موثوقة وفي الوقت المناسب تُشكل عائقًا رئيسيًا أمام زيادة إنتاجيتهم. وفي جميع أنحاء العالم، تُمثّل خدمات الإرشاد الممولة من الأموال العامة جزءًا أساسيًا من عملية تحويل الزراعة لأنها تُمثّل مصدرًا رئيسيًا للمعلومات. وفي كثير من البلدان، لا يزال الإرشاد يستخدم نُهجًا مختلفة. ونظرًا للافتقار إلى اختصاصيين مدربين تدريبًا جيدًا في مجال الإرشاد – وهو عائق رئيسي في معظم البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل – فإن الإرشاد الإلكتروني يصلح لتكميل الإرشاد التقليدي باستخدام النماذج الرقمية لتوليد المعارف ونشرها. ويمكن أن يؤدي ذلك، عندما يتم التوسّع فيه، إلى جيل جديد من خدمات الإرشاد التي تدعم أيضًا حلول الأتمتة المناسبة للغرض.[49,48]

وهناك حاجة مُلحة إلى جمع المعارف المهملة ونقلها وإتاحتها للمنتجين من خلال نُظم جديدة لإيصال هذه المعارف؛ ويمكن لهذه النُظم تكييف النتائج العلمية، وتكييف المشورة لتناسب المنتجين بمختلف سياقاتهم وملامحهم. وتُشير الدروس المستفادة من دراستين تقنيتين تم إعدادهما لهذا التقرير إلى قدرة الأدوات الرقمية على إحداث ثورة في خدمات الإرشاد والخدمات الاستشارية؛ ويمكن لأساليب الإيصال أن تزيد بشكل كبير من الوصول إلى الخدمات وبناء المهارات اللازمة لاستخدام الأتمتة على نحو مستدام.[33,25] وفي عدد من الحالات (على سبيل المثال، شركة Igara Tea في أوغندا؛ وشركة SOWIT في إثيوبيا والمغرب والسنغال وتونس؛ وشركة Tun Yat في ميانمار) يوفر مقدمو الخدمات أيضًا خدمات الإرشاد. ويُساعد بعضهم المنتجين الزراعيين على استخدام الخدمة وتشغيل الآلات كجزء من الحل. ويمكن للتكنولوجيات الرقمية – على سبيل المثال، إنترنت الأشياء، والتسجيلات الصوتية وتسجيلات الفيديو، والمكالمات باستخدام الهواتف الخلوية، ونُظم المعلومات الجغرافية، ونماذج المحاكاة، والاستشعار عن بُعد – أن تفتح آفاقًا جديدة تمامًا لتقديم المعرفة بفعالية. ويجب تسخير هذه التكنولوجيات واستغلالها لسد فجوات المعلومات القائمة وتوفير التوجيه الفعال الذي يحتاج إليه المزارعون. ويُشير هذا أيضًا إلى أنه بالإضافة إلى خدمات الإرشاد الممولة من الأموال العامة فإن الشراكة بين القطاعين العام والخاص لها دور مهم في تحسين وصول المزارعين إلى الدعم الحقلي. وأخيرًا، يمكن للأدوات الرقمية أيضًا تيسير الخدمات الاستشارية الزراعية الموجهة من خلال عمليات الزراعة التعاقدية أو عقود سلاسل الإمداد.

الحماية من الآثار السلبية على العمالة

يمكن أن تنشأ عن الأتمتة مجموعة واسعة من الآثار الإيجابية والسلبية على العمالة الريفية (انظر الفصل الرابع). وعندما تظهر الأتمتة كاستجابة لقوى السوق (على سبيل المثال، ارتفاع الأجور الريفية بسبب التحوّل الهيكلي) أو عندما تحل محل العمل الأسري غير المأجور، فإنها لن تتسبب على

الأرجح في بطالة، ولكنها ستساعد على سدّ فجوات اليد العاملة. ومن ناحية أخرى، يمكن لتعزيز الأتمتة بصورة مصطنعة من خلال الجهود العامة الواسعة النطاق (مثل الإعانات الممنوحة لواردات الآلات) – قبل ظهور الطلب على الأتمتة – أن يؤدي إلى حدوث بطالة وإزاحة الوظائف وتراجع أو ركود في الأجور الريفية. وينبغي لصانعي السياسات توخي عدم الترويج للأتمتة قبل الحاجة إليها – ولكن ينبغي عليهم أيضًا عدم منع الأخذ بها على افتراض أنها ستزيح اليد العاملة وتؤدي إلى حدوث بطالة.

ويُحقق دعم السياسات الذي يوفِّر المنافع العامة أو الجماعية من خلال دعم الخدمات العامة – ما يُساهم في تهيئة بيئة مؤاتية للقطاع الزراعي والغذائي وخارجه – على الأرجح انتقالًا سلسًا نحو مزيد من الأتمتة من دون التسبب في حدوث بطالة. ويشمل ذلك دعم البحث والتطوير الزراعيين وخدمات نقل المعرفة (على سبيل المثال، التدريب والمساعدة التقنية)، وكذلك تطوير البنية التحتية وصيانتها (على سبيل المثال، تحسين الطرق الريفية، ونُظم الري، والبنية التحتية للتخزين، وإمكانية الاتصال بالإنترنت). ولا يزال التقدم الهائل في البحث والتطوير، ومعظمه في القطاع الخاص، يجعل حلول الأتمتة في متناول المزارعين بكلفة متناقصة. وهذه بشائر سارة بالنسبة للحاجة إلى زيادة إنتاج الأغذية في الوقت الذي تنكمش فيه القوى العاملة الزراعية في جميع أنحاء العالم.

بناء المهارات الرقمية من أجل الشمول

يجب أن يكتسب المزارعون والمهنيون الزراعيون المهارات اللازمة لإدارة نُظم الأتمتة الزراعية الجديدة وكذلك الوصول إلى وظائف جديدة ذات مهارات أعلى في النُظم الزراعية والغذائية؛ ويحتاج ذلك إلى أن يكون محور تركيز الحكومات. ويتسم اكتساب المهارات بأهميته الخاصة للشباب الذين يشكلون قوة تحويلية.[25] وفي بعض السياقات، يمكن أن يُساعد استهداف الأطفال في المدارس على مدّ الجسور التكنولوجية لآبائهم،[41] ويمكن للمدارس التي تزوِّد المزارعين بالفعل بالمعرفة في مجال الهندسة الزراعية وتكنولوجيا تربية الحيوان أن تتوسّع لتشمل محو الأمية الرقمية. ومن الحاسم لتمكين المنتجين من مواكبة عالم تزداد فيه التنافسية تمكينهم من الوصول إلى المعلومات. وعلاوة على ذلك، ينبغي أن تكون المعلومات دائمًا منفعة عامة؛ وتقع المسؤولية عن توفيرها على عاتق الحكومة. وفي ظل المهارات المناسبة والوصول إلى المعلومات سيجري تجهيز من يفقدون وظائفهم بسبب الأتمتة إما لمواكبة التكنولوجيا الجديدة في المزرعة أو الحصول على عمل بديل في المراحل النهائية أو التمهيدية من سلسلة الإمدادات الزراعية والغذائية. وفي الوقت نفسه، يمكن للمنتجين الزراعيين اكتساب مهارات أفضل للحصول على عمل خارج المزرعة وتحسين دخلهم وتنويعه. ■

الاستنتاجات

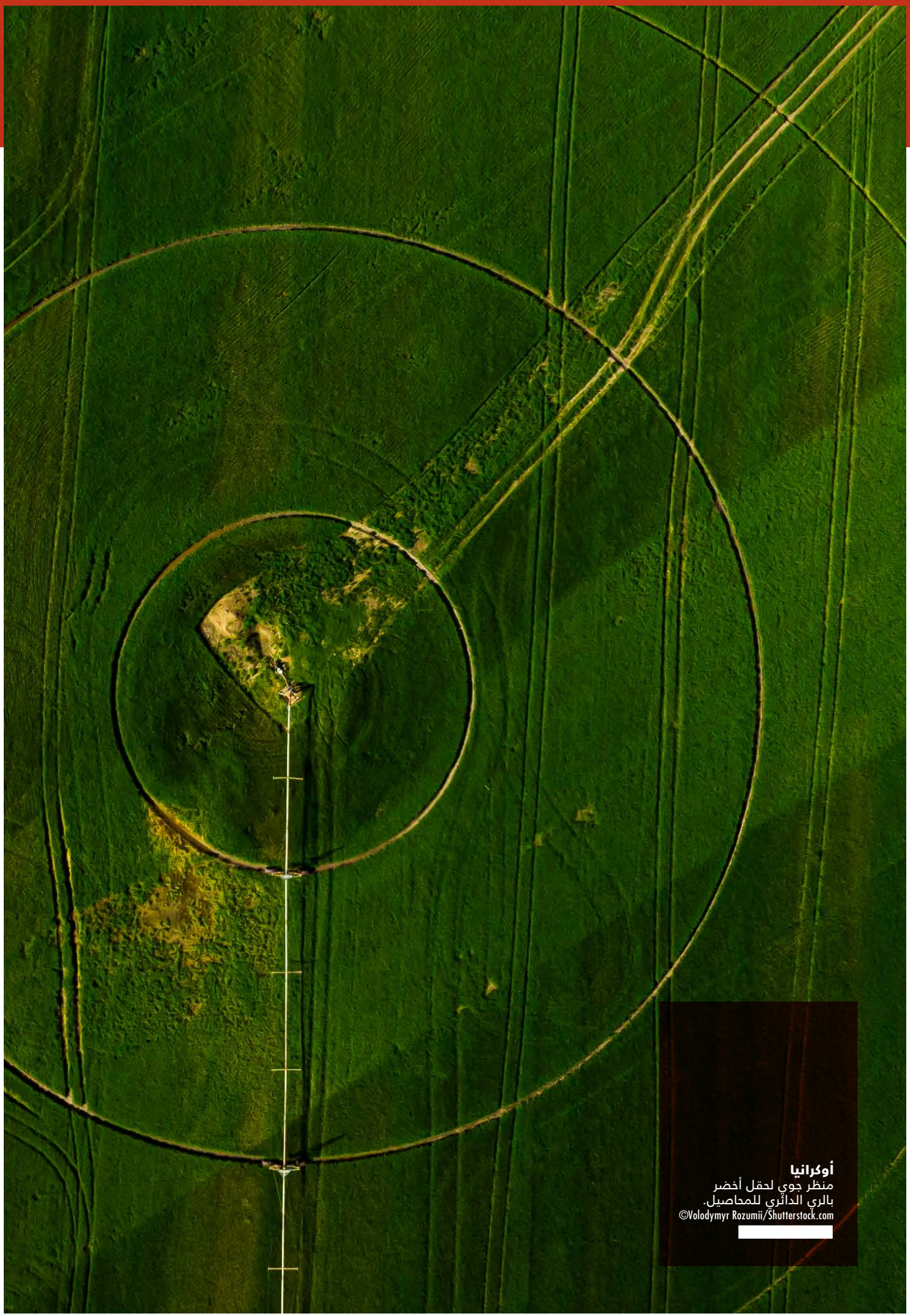
الأتمتة الزراعية ضرورية لتحقيق أهداف التنمية المستدامة. ويُركز إصدار عام 2022 من تقرير *حالة الأغذية والزراعة* على إمكانات الميكنة والأتمتة الرقمية في تحويل الزراعة بطرق تُساهم في نُظم زراعية وغذائية أكثر كفاءة ومنتجة ومستدامة وشاملة للجميع وقادرة على الصمود. ويُحلل هذا الإصدار من التقرير مختلف القيود التي يواجهها المنتجون في ما يتعلق بالإقبال على الأخذ بتكنولوجيات الأتمتة، ويوفِّر إرشادات بشأن السياسات والتشريعات والتدخلات والاستثمارات، مع مراعاة عدم تجانس المنتجين الزراعيين (كبار المنتجين مقابل صغار المنتجين، والنساء مقابل الرجال، وكبار السن مقابل الشباب) في مختلف قطاعات الإنتاج، بما في ذلك المحاصيل والثروة الحيوانية وتربية الأحياء المائية والحراجة الزراعية.

ويُشير التقرير أيضًا إلى الكيفية التي يمكن أن تؤدي بها الزراعة إلى مقايضات بين الأهداف الاقتصادية والبيئية والاجتماعية، وإلى أن التوازن السليم بين هذه المقايضات يعتمد على السياق. وسيعتمد مزيج التكنولوجيات – وكذلك السياسات والتشريعات والتدخلات والاستثمارات الملائمة – التي يتعيّن تعزيزها على مستوى التنمية الاقتصادية والمؤسسات القائمة والظروف الزراعية المحلية وخصائص المنتجين وأهداف صناعي السياسات. ولا يوجد تعارض بين سلسلة السياسات والصكوك القانونية الواردة في هذا الفصل. بل على العكس من ذلك، يتعيّن أن تعمل معًا لتهيئة الظروف المناسبة للأخذ بالأتمتة الزراعية. وينبغي لصناعي السياسات ملاحظة خصوصية سياق الأخذ بالأتمتة وفهم المشاكل الملحة التي تواجهها منطقة ما (مثل إمكانية الاتصال الإلكتروني وعدم المساواة والفقر)، قبل الجمع بين السياسات أو الصكوك القانونية من أجل العمل المستهدف.

وقد يكون لدى المزارعين ومقدمي الخدمات والمصنعين جميعًا حافز مالي للاستثمار في تكنولوجيات الأتمتة، ولكنهم لا يملكون المستوى نفسه من القوة المؤثرة في السوق. وتتمثل إحدى الرسائل الرئيسية في أنه على الرغم من ضرورة أن يختار المزارعون التكنولوجيات التي يأخذون بها – من بين مجموعة تكنولوجيات الأتمتة الشديدة التنوع – يكمن الدور الرئيسي للتدخلات العامة في تهيئة بيئة مؤاتية يمكن أن يزدهر فيها الابتكار، وتجعل فيها الحوافز عملية الأخذ بالأتمتة شاملة للجميع قدر المستطاع. ويمكن أن تشكل مبادرات أصحاب المصلحة المتعددين، على المستوى الوطني أو الدولي، التي تتبادل المعارف بشأن الأتمتة، وسيلة فعالة للتغلب على الحواجز التي تحول دون الأخذ بالأتمتة.

ويُشدّد التقرير على أن الاستثمارات والتدخلات العامة التي تهدف إلى تحقيق تنمية اقتصادية واسعة النطاق ضرورية لتهيئة بيئة مؤاتية. ومع ذلك تختلف الأولويات باختلاف الأهداف النهائية لصناعي السياسات. وفي حين أن المخاوف بشأن ندرة اليد العاملة تدفع نحو الأخذ بالأتمتة في البلدان المرتفعة الدخل، فإن البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل قد تكون أكثر قلقًا بشأن تحسين سُبل العيش الريفية والأمن الغذائي والتغذية بصفة عامة. وقد تختار الحكومات في هذه البلدان التركيز على تسخير الثورة الرقمية لتهيئة فرص العمل اللائق التي يمكن للفئات الضعيفة الوصول إليها، بما في ذلك صغار المنتجين والنساء والشباب، وبالتالي عدم ترك أي شخص خلف الركب أثناء التقدم نحو تحقيق أهداف التنمية المستدامة. ويتطلب ذلك اهتمامًا خاصًا بالاحتياجات المحددة التي تواجهها هذه المجموعات لكي يكون الانتقال شاملًا للجميع.

وباختصار، نأمل أن يُساهم هذا الإصدار من تقرير *حالة الأغذية والزراعة* في الحوار والنقاش حول كيفية تسخير الأتمتة الزراعية وتوجيه العمل نحو تحويل النُظم الزراعية والغذائية لجعلها أكثر استدامة وإنتاجية وشمولًا وكفاءة وقدرة على الصمود.■



أوكرانيا
منظر جوي لحقل أخضر
بالري الدائري للمحاصيل.
©Volodymyr Rozumii/Shutterstock.com

الملاحق

الملحق 1

وصف دراسات الحالة 100

الملحق 2

الجداول الإحصائية 128

الملحق 1
وصف دراسات الحالة

المنهجية التي تقوم عليها دراسات الحالة السبع والعشرون

تولّى جمع دراسات الحالة فريق من الباحثين من جامعة ومركز بحوث فاغينيغن، وMariette McCampbell، لتقييم تكنولوجيات الأتمتة الزراعية في جميع أنحاء العالم وتحليل حواجز ودوافع الأخذ بالتكنولوجيا. وتُمثّل كل حالة شركة أو منظمة طوَّرت و/أو نفذت واحدًا أو أكثر من الحلول المتوافقة مع تعريف الأتمتة الزراعية الوارد في الفصل الأول. وتم اختيار دراسات الحالة عن قصد استنادًا إلى المعايير التالية: (1) تغطية جميع الأقاليم التي يشملها تقرير *حالة الأغذية والزراعة* (Ceccarelli وآخرون، 2022) أو التي تُمثّل الجنوب العالمي (أي آسيا الشرقية وجنوب شرق آسيا، وآسيا الجنوبية، وأفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، وأمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي) (McCampbell، 2022)؛ (2) وتغطية نُظم الإنتاج الزراعي التالية – المحاصيل، والثروة الحيوانية، وتربية الأحياء المائية، والحراجة الزراعية؛ (3) وتمثيل حلّ جديد للأتمتة الزراعية يمكن التوسّع فيه، أو تم توسيعه بالفعل؛ (4) واستهداف صغار وكبار المنتجين الزراعيين.

وجُمعت المعلومات من خلال مقابلات مع مخبرين رئيسيين، واستُكملت بمعلومات عن الزراعة، ومستوى الدراية، والأتمتة، والسياسات والتشريعات مستمدة من مصادر بيانات وطنية ثانوية، والمؤلفات المتاحة. وأُجريت المقابلات عبر الإنترنت باللغتين الإنجليزية أو الإسبانية وتم تسجيلها بالصوت والصورة لنسخها وتحليلها. وأُجريت مقابلات حول كل حل تم التركيز فيها على الاستدامة الاقتصادية والبيئية والاجتماعية، والحواجز التي تحول دون الأخذ بذلك الحل والدوافع وراء الأخذ به. وأجري تحليل مواضيعي لبيانات المقابلة باستخدام إطار ترميزي.

وفي حين أن دراسات الحالة المختارة السبع والعشرين قد لا تُمثّل تمامًا المجموعة الواسعة من التكنولوجيات المتاحة، فإنها تعطي صورة شاملة عن الاتجاهات والتطورات العالمية في مجال الأتمتة الزراعية. واستُخدمت بيانات دراسات الحالة كمدخل لوثيقتي معلومات أساسية استخدم فيها Ceccarelli بيانات من 22 حالة واستخدم McCampbell (2022) بيانات من 10 حالات؛ وتناولت الوثيقتان 5 حالات.

المصادر: McCampbell، 2022؛[1] Ceccarelli وآخرون، 2022.[2]

ملخص دراسات الحالة

ABACO

سنة الإنشاء
2013

العدد الحالي للمستخدمين
لم يُكشف عنه

تعمل في
أوروبا (مقرّها إيطاليا) وآسيا الوسطى وأمريكا الجنوبية

القطاعات المستهدفة
المحاصيل والغابات والثروة الحيوانية

الخدمات المقدمة

منصة رقمية في مجال الزراعة الدقيقة تجمع بيانات عن الأراضي والزراعة والطقس وتتبادلها. وهناك تطبيقات أخرى في قطاع الزراعة العضوية وإدارة الأراضي تستخدمها الحكومات الوطنية والمحلية.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

منظمات المزارعين، والمزارعون الفرديون (على النطاقين الصغير والكبير على حد سواء) والحكومات الوطنية والمحلية. وتشمل المجموعات المستهدفة الأخرى شركات التأمين، ومختبرات التربة، ومشغلي المركبات الجوية غير المأهولة.

نموذج الأعمال والاستدامة المالية

الإيرادات الناتجة من الاشتراكات المتعددة المستويات (المزارعون) وعقود الخدمات (الحكومات). وتُناسب الخدمات المقدَّمة احتياجات العميل وتتراوح بين نموذج الخدمة المجانية المحدودة الخصائص والاشتراك المدفوع الرسوم المستند إلى حجم الحيازة وغيرها من البارامترات.

الدوافع

الطلب على تكنولوجيات الزراعة الدقيقة والحاجة إلى الامتثال للمعايير والأنظمة البيئية. ويمكن لصغار المنتجين استخدامها مجانًا لفترة محدودة.

الحواجز

المدة الزمنية المطلوبة لتعلّم كيفية التعامل مع المنصة والحاجة إلى ترجمتها إلى لغات مختلفة لتوسيعها في بلدان أخرى. وفي بعض البلدان (على سبيل المثال في أفريقيا)، تُشكل اللغات المحلية، بالإضافة إلى انخفاض مستوى تغلغل الهواتف الذكية ومحدودية البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات، حواجز أمام تخصيص الحلول.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

لم تُلاحظ أي حواجز متصلة بالسياسات تحول دون الأخذ بالتكنولوجيا. أما الدوافع المتصلة بالسياسات وراء الأخذ بها فهي السياسة الزراعية المشتركة للاتحاد الأوروبي وأهداف سياسة الصفقة الخضراء وآليات الإعانات المقابلة، وكذلك الأنظمة المحددة الخاصة باستخدام مبيدات الآفات.

اسمي من أُجريت معهما المقابلات
Fabio Slavieroو Giovanna Roversi

AEROBOTICS

سنة الإنشاء
2014

العدد الحالي للمستخدمين
300

تعمل في
18 بلدًا، بما في ذلك أستراليا وشيلي وبيرو والبرتغال وجنوب أفريقيا وإسبانيا والولايات المتحدة الأمريكية

القطاعات المستهدفة
الفاكهة وأشجار الجوزيات

الخدمات المقدمة

استخدام أجهزة الاستشعار والصور الملتقطة بالطائرات المسيَّرة والسواتل للكشف المبكر عن الآفات والأمراض. وتُقدم أيضًا شركة Aerobotics مجموعات بيانات المواقع التي يتطلبها استخدام تكنولوجيا المعدل المتغيِّر في الري ومتطلبات الأسمدة، وتقيس نمو الأشجار وأدائها لأغراض تقدير الغلة والتخطيط للحصاد.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

كبار مزارعي الفاكهة والجوزيات في 18 بلدًا (معظمها من البلدان المرتفعة الدخل)؛ والشركات التي تُقدّم التأمين للمزارعين ومصنعي عصير الفاكهة وتجار التجزئة.

نموذج الأعمال والاستدامة المالية

يستند إلى اشتراكات سنوية مقابل الخدمات المتعددة المستويات. ويدفع المزارعون رسومًا عن كل هكتار (أو عن كل أكر) سنويًا أو شهريًا. وتقدَّم باقات خدمات مختلفة تبعًا لاحتياجات العميل، وتتوقف الكلفة على الخصائص المطلوبة. وينطبق نموذج عمل مختلف على شركات التأمين على المحاصيل، التي تدفع رسومًا عن كل هكتار/أكر لجمع بيانات لأغراض التفتيش أو المراجعة. وتحقق الشركة 95 في المائة من إيراداتها في الولايات المتحدة الأمريكية التي تحصل فيها على 40 في المائة من هذه الإيرادات من سوق التأمين على المحاصيل. ويتخذ الاستثمار في الشركة حتى الآن شكل أسهم خاصة.

الدوافع

الطلب على استخدام المواد الكيميائية الزراعية بمعدل متغيِّر، وبالتالي الاقتصاد في الاستخدام والتخفيف من الآثار البيئية السلبية. وفي الولايات المتحدة الأمريكية، يتبنى المزارعون الابتكارات التكنولوجية والحلول الرقمية، وبالتالي خدمات Aerobotics.

الحواجز

عدم الوعي بين المزارعين.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

في الولايات المتحدة الأمريكية، تُطبق أنظمة واضحة بشأن الطائرات المسيَّرة ويُسمح باستخدامها، أما الامتثال للأنظمة في جنوب أفريقيا فقد ثبت أنه مكلف جدًا.

اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Benjamin Meltzer

AGRINAPSIS

سنة الإنشاء
2020

العدد الحالي للمستخدمين
غير معروف

تعمل في
دولة بوليفيا المتعددة القوميات وكوستاريكا وإكوادور وغواتيمالا والمكسيك

القطاعات المستهدفة
جميع القطاعات

الخدمات المقدمة

منصة تواصل اجتماعي متخصصة في الزراعة لتمكين المزارعين من الوصول إلى المعارف والمعلومات من خلال التفاعل مع الخبراء والممارسين. ويتحقق المستخدمون من المعلومات ويقيّمونها بحيث يمكن لشركة Agrinapsis أن تضمن أن هذه المعلومات يمكن الوثوق بها وأنها ذات جودة عالية. وتوفر أيضًا شركة Agrinapsis للمزارعين منصة للتجارة الإلكترونية تمكّنهم من بيع إنتاجهم الزراعي وشراء المدخلات (مثل البذور والأسمدة) بحسب ما تقتضيه الحاجة.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

معظمهم من صغار المزارعين، مع التركيز بصفة خاصة على النساء والشباب. ولكن، يمكن لجميع المشاركين في الزراعة – من الأوساط الأكاديمية والطلاب إلى المهندسين الزراعيين – الاستفادة من الحل. ولا يمكن استخدام منصة التجارة الإلكترونية إلّا للمزارعين؛ ولا يُسمح لمزارع الشركات الكبيرة باستخدامها.

نموذج الأعمال والاستدامة المالية

يمولها معهد البلدان الأمريكية للتعاون في مجال الزراعة. وهي منظمة غير ربحية ولا تحصل على إيرادات من الخدمات التي تقدمها. وبالنظر إلى أن المشروع لا يزال في مهده، لا يزال من الصعب تقييم استدامته.

الدوافع

ثروة من المعرفة غير المنشورة المستمدة من تجارب صغار المنتجين. وبالتالي فإن Agrinapsis تهدف إلى جعل هذه المعرفة متاحة عبر البلدان بعد التحقق من صحتها. ويُنظر إليها باعتبارها أداة لتحقيق الديمقراطية في مجال المعرفة ودفع التغيير الاجتماعي والبيئي. وكان لزيادة الإلمام بالتكنولوجيا الرقمية، وخاصة بين الشباب، وبالتالي تجميع النساء (وخاصة النساء الأكبر سنًا) وصعود المؤثرين الذين يروجون لمنصة Agrinapsis، دور مهم في نشر المنصة، خاصة وأنها أول منصة وسائط اجتماعية متخصصة في الزراعة في أمريكا اللاتينية.

الحواجز

عدم الاتصال بالإنترنت في المناطق النائية والريفية على الرغم من الجهود الوطنية والدولية لزيادة إمكانية الاتصال الإلكتروني. ولا تزال الأمية الرقمية مرتفعة في المناطق الريفية، ولا سيما بين كبار السن؛ ويتعيّن أن يكون دمج اللغات شاملًا (على سبيل المثال، توجد ثماني لغات رسمية في دولة بوليفيا المتعددة القوميات وحدها).

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

يمكن أن يؤثر عدم اليقين السياسي على استدامة المنصة لأنها مموَّلة من معهد البلدان الأمريكية للتعاون في مجال الزراعة، الذي يعتمد على الدعم من دوله الأعضاء الأربع والثلاثين.

اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Santiago Velez

AQUACONNECT

سنة الإنشاء
2018

العدد الحالي للمستخدمين
60 000

تعمل في
الهند

القطاعات المستهدفة
تربية الأحياء المائية (الروبيان)

الخدمات المقدمة

حلول رقمية في قطاع تربية الأحياء المائية لرصد الأداء وتوثيقه في مزارع تربية الأحياء المائية، وربط المستزرعين بمقدمي الخدمات ومشتري المنتجات، ودعم الوصول إلى التمويل والتأمين والأسواق. وتحتفظ Aquaconnect أيضًا بمراكز فعلية (AquaHUBs) في المجتمعات المحلية، ما يُعزز اتصالها بالعملاء، حيث يمكن للمنتجين شراء المدخلات وبيع المنتجات والحصول على الخدمات الاستشارية.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

مستزرعو الروبيان على النطاقين الصغير والمتوسط.

نموذج الأعمال والاستدامة المالية

تُستخدم مجانًا حلول مثل تطبيق Aquaconnect، والبازار الإلكتروني، والمتجر الإلكتروني. ويتم توليد الإيرادات من أصحاب المصلحة الذين يرتبط بهم المزارعون (مثل المصارف وشركات التأمين والمجهزين ومقدمي المدخلات). وتتولد الإيرادات في كل معاملة من خلال خدمات الربط والحصول على البيانات. وبالإضافة إلى ذلك يُجمع تمويل الأسهم ويُستخدم لتوسيع العمليات. ولا يزال نموذج العمل مربحًا حتى الآن.

الدوافع

الطلب الناتج من الإنتاجية المنخفضة وعدم كفاءة الروابط مع الأسواق. وتتيح الخدمة تعزيز الاستدامة البيئية، وكذلك تحقيق الكفاءة وإمكانية القدرة على التنبؤ والشفافية في سلسلة القيمة. ويتزايد ببطء اهتمام المزارعين بالتكنولوجيات الرقمية. ويُسهِّل وجود فريق فعلي على الأرض الأخذ بالتكنولوجيا ويوفِّر الدعم التقني.

الحواجز

ضعف قدرة المزارعين على تشغيل التكنولوجيات الرقمية. ويؤدي ارتفاع كلفة التكنولوجيا المتقدمة، مثل أجهزة إنترنت الأشياء، من الحد من القدرة على تحمّل الكلفة. وهناك سقف لحجم القروض التي يمكن للمزارعين الحصول عليها لكل هكتار من الأراضي، وهو لا يكفي للاستثمار في المعدات وإنتاج تربية الأحياء المائية بصفة عامة. وتزيد معدلات أقساط التأمين على تربية الأحياء المائية كثيرًا على مثيلاتها في قطاع إنتاج المحاصيل.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

خصصت حكومة الهند 3 مليارات دولار أمريكي لتحديث الزراعة، بما في ذلك سلاسل قيمة مصايد الأسماك وتربية الأحياء المائية. وهناك اهتمام من الحكومة في شكل سياسات لدعم الشركات الناشئة التي تُطبق التكنولوجيات عبر سلسلة القيمة. ومع ذلك، لا تُقدِّم حاليًا أي إعانات لتربية الأحياء المائية ولا توجد إعانات محددة لأدوات إنترنت الأشياء.

اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Sudhakar Velayutham

ATARRAYA

سنة الإنشاء
2019

العدد الحالي للمستخدمين
غير معروف

تعمل في
المكسيك والولايات المتحدة الأمريكية

القطاعات المستهدفة
تربية الأحياء المائية (الروبيان)

الخدمات المقدمة

Shrimpbox: مزرعة روبيان مؤتمتة ويتم التحكم فيها تقع في حاويات الشحن – "صناديق الروبيان". ويستخدم كل صندوق أجهزة استشعار وتعلّم الآلة والبيانات الضخمة والتكنولوجيا الحيوية والروبوتات للتحكم في عمليات تربية الأحياء المائية، بما في ذلك المدخول التغذوي وجودة المياه ومحتوى الأوكسجين.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

معظمهم من منتجي الروبيان، ولكنهم يشملون أيضًا مُربي الدواجن الذين يرغبون في التحوّل إلى تربية الروبيان. وتُستَهدف أيضًا المطاعم والجامعات والشركات وقطاعات المستهلكين التي ترغب في الحصول على مأكولات بحرية طازجة ومستدامة وتقديمها. وترتبط أيضًا بعض المطاعم بعلاقات شراكة مع شركة Atarraya.

نموذج الأعمال والاستدامة المالية

ليست مربحة بعد لأنها لا تزال في مرحلتها المبكرة. وكان مشروع Shrimpbox يعتمد من قبل على الإعانات المقدمة من حكومة المكسيك، بينما يزداد حاليًا اهتمام المستثمرين من القطاع الخاص. ولا يزال يتعيَّن تحديد نموذج العمل. ولا يبدو أن Atarraya تميل إلى استخدام الحل مباشرة بسبب صعوبات في التوسّع. والخيار المفضل لها هو الزراعة التعاقدية الذي تؤجر فيه الشركة حلولها؛ ومع ذلك، لا بدّ لكي يكون هذا الخيار جذابًا أن يكون نقل التكنولوجيا سلسًا. وهناك اهتمام من العملاء (في الصين) بشراء صناديق الروبيان Shrimpbox، ولكن Atarraya ليست مستعدة للدخول في ذلك بعد.

الدوافع

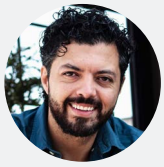
الطلب الكبير على الروبيان في جميع أنحاء العالم إلى جانب الممارسات الضارة بيئيًا المتبعة في معظم مزارع الروبيان. وترتبط الممارسات الحالية بخسائر كبيرة بسبب الأمراض السريعة الانتشار، ويتسبب ذلك أيضًا في تدمير غابات المنغروف، وهي أداة مهمة لاحتجاز الكربون في العالم. وفي مقابل ذلك فإن الخدمة التي تقدّمها شركة Atarraya تُحسّن إنتاج الروبيان على نحو مستدام وبطريقة مرنة من خلال عدم الحاجة إلى القرب من المحيط، على سبيل المثال. ومن العوامل المهمة والواعدة لزيادة الأخذ بهذه التكنولوجيا التحوّل بين الأجيال: فالمزارعون الشباب أكثر انفتاحًا على تنفيذ التكنولوجيات الجديدة.

الحواجز

الشكوك التي تساور منتجي الروبيان الأكبر سنًا، إلى جانب البعد، ما يؤدي إلى مقاومة تغيير نموذج العمل. كما أن البنية التحتية السيئة للطرق تُشكل عائقًا مهمًا بالنظر إلى الخدمات اللوجستية الثقيلة المطلوبة.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

ساعدت المِنح العامة على البحث والتطوير أثناء المراحل المبكرة ولكنها وصلت الآن إلى نهايتها.



اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Daniel Russek

CATTLER

سنة الإنشاء
2019

العدد الحالي للمستخدمين
غير معروف

تعمل في
أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي، والولايات المتحدة الأمريكية

القطاعات المستهدفة
الثروة الحيوانية (الأبقار)

الخدمات المقدمة

بدأت الشركة في البداية بمنتجين مستقلين: (1) جهاز للتنبؤ بوزن الحيوان؛ (2) وأتمتة إدارة الحظائر. وطوَّرت منذ ذلك الحين نظامًا مؤتمتًا لإدارة مزارع الماشية، حيث تقوم أجهزة الاستشعار والصور الساتلية وعمليات الوسم الإلكتروني ونُظم التغذية بأداء العمليات التي تتراوح بين التغذية الآلية والتنبؤ بمعدلات النمو اليومي والتغذية، والمسح الصحي والتشخيص.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

معظمهم من متوسطي وكبار مربي الماشية الذين يمتلكون ما يتراوح بين 000 2 و000 40 رأس من الماشية ويعملون في الغالب في قطاع لحوم الأبقار (المعلوفة). ومن المحتمل أيضًا استهداف المشغّلين في قطاعات تسمين عجول الأبقار وماشية المراعي.

نموذج الأعمال والاستدامة المالية

لا تزال الإيرادات تتولَّد من بيع المنتجين الاثنين القائمين بذاتهما، ويمكن الحصول عليهما من خلال منصة برمجيات متنقلة ومكتبية، على الرغم من التركيز المتزايد على النظام المؤتمت بالكامل. ولتشغيل النظام، تحوّلت شركة Cattler إلى النموذج المجاني: مستوى الدخول الأوّلي مجاني، ولكنه يقتصر على الميزات الأساسية للمنتج. وإذا أراد المستخدمون إضافة أجهزة أو ميزات، يتعيَّن عليهم سداد اشتراك تبعًا للخصائص الوظيفية التي يتم إدراجها. وعلى الرغم من أن عدد المستخدمين غير معروف، يُقدَّر عدد الحيوانات المشمولة بهذا المشروع حوالي 90 مليونًا في الولايات المتحدة الأمريكية، و200 مليون في البرازيل، و50 مليونًا في الأرجنتين.

الدوافع

تخفيض الكلفة لأن ذلك يُساعد على أتمتة العديد من العمليات. ويحتاج المزارعون في هذا القطاع إلى أداء هذه العمليات بطريقة أكثر تكاملًا لتحسين الكفاءة.

الحواجز

بطء معدل الأخذ بهذا الحل في الولايات المتحدة الأمريكية مقارنة بالأرجنتين. والسبب في ذلك هو أن المزارعين في الأرجنتين يحتاجون إلى أن يكونوا أكثر دينامية وأكثر قدرة على المنافسة في السوق الدولية.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

سهولة وصول المزارعين إلى الائتمان يُشكل عاملًا تمكينيًا. وفي الأرجنتين، يُشكل عدم اليقين السياسي حاجزًا، أما في الولايات المتحدة الأمريكية فإن سياسات الحماية يمكن أن تُثني المزارعين عن الأخذ بالحلول الجديدة.

اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Ignacio Albornoz

COOPECAN

سنة الإنشاء
2008

العدد الحالي للمستخدمين
1 500

تعمل في
بيرو

القطاعات المستهدفة
الثروة الحيوانية (الألبكة)

الخدمات المقدمة

خدمات رقمية – تتراوح بين الخدمات الاستشارية ورصد المراعي وتتبّع الحيوانات، وقواعد البيانات التسلسلية (أُدخلت في عام 2020) – لتحسين واعتماد معايير رعاية الحيوان وجودة ألياف الألبكة، وبالتالي زيادة قيمتها.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

معظمهم من صغار المربين الذين تتراوح قطعانهم بين 50 و100 رأس في مرتفعات بيرو، ويحصلون على إيرادات سنوية تتراوح بين 500 1 و800 1 دولار أمريكي. وتستهدف الشركة أيضًا الوسطاء على طول سلسلة قيمة ألياف الألبكة، بما في ذلك الموزعون والموردون والمستهلكون الذين يساورهم القلق إزاء منشأ المنتج.

نموذج الأعمال والاستدامة المالية

تعمل الشركة منذ عام 2008. وخلال العقد الأخير، وسعت الشركة انتشارها وطورت مشاريع مهمة لتحسين ظروف العمل، وتقديم أجور عادلة، وحماية الحيوان. وتدعم الأموال الخارجية المقدمة من المانحين الخدمة ولا تهدف إلى إدرار أرباح.

الدوافع

زيادة الطلب على معايير الشفافية ورعاية الحيوان في سلسلة قيمة ألياف الألبكة، ما يُترجم إلى منتج ذي قيمة أعلى.

الحواجز

عدم توافر إنترنت في المناطق النائية وعدم وجود شركات وطنية في مجال تكنولوجيا المعلومات لدعم الخدمة، بالإضافة إلى شيخوخة القائمين بتربية الألبكة. والغالبية العظمى حاليًا من النساء والمسنين، لأن الشباب غير مهتمين بمواصلة تربية الألبكة بسبب ظروف العمل والبعد. وهم يفضلون الحصول على تعليم في المدن ثم البحث عن وظائف ذات أجور أفضل.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

يُترجم عدم اليقين السياسي إلى تغييرات متكررة في السياسة، ما يحول بالتالي دون دعم القطاع.

اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Dagoberto Fernandez

CROPIN

سنة الإنشاء
2010

العدد الحالي للمستخدمين
225

تعمل في
للشركة حضور عالمي (الهند وأفريقيا جنوب الصحراء الكبرى في المقام الأول)

القطاعات المستهدفة
المحاصيل

الخدمات المقدمة

منصة برمجيات حاسوبية توفِّر نظامًا كاملًا لإدارة المزارع والمزارعين. وهي تستخدم تكنولوجيات، مثل تحليلات البيانات الضخمة والذكاء الاصطناعي وأجهزة استشعار إنترنت الأشياء، والاستشعار عن بُعد، لتوفير أفكار عبر مختلف مستويات سلسلة القيمة، ولمساعدة المديرين على اتخاذ قرارات أفضل.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

الشركات الزراعية، وشركات إنتاج البذور، وشركات المدخلات الزراعية، ومصدّرو الفاكهة والخضار، وتجار السلع، والمصارف، والمؤسسات المالية ومؤسسات الإقراض البالغ الصغر، ومقدّمو خدمات التأمين على المحاصيل، والمؤسسات والوكالات الحكومية والإنمائية.

نموذج الأعمال والاستدامة المالية

تنقسم حافظة العملاء بين قطاع مؤسسات الأعمال وقطاع التنمية. وتنشأ معظم الإيرادات (ما يتراوح بين 60 و65 في المائة) عن قطاع مؤسسات الأعمال الذي يشمل العملاء الذين يعملون في قطاع الزراعة الذكية، والسوق الرقمية، وتتبّع سلسلة الإمداد. وفي ما يتعلق بقطاع التنمية، توفِّر الشركة بيانات ضخمة عن المزارع والمزارعين للحكومة والمصارف والمؤسسات الإنمائية مقابل مِنحة. وتُساعد البيانات عملاء الشركة في نهاية المطاف على تقييم الجدارة الائتمانية لصغار المنتجين وتُساعد المصارف على توفير القروض والتأمين للمزارعين.

الدوافع

الفجوات الكبيرة في البيانات والمعلومات، التي تؤدي إلى عدم تناسق المعلومات في جميع سلاسل القيمة، ومن هنا انطلقت الدعوة إلى البرمجيات الحاسوبية القائمة على البيانات. ويستفيد عملاء قطاع مؤسسات الأعمال من خدمات الشركة في أتمتة المزارع الفردية وميكنتها لتحقيق أقصى قدر من القيمة لكل هكتار وإمكانية التتبّع على مستوى المزرعة. ويستفيد العملاء في قطاع التنمية من نماذج البيانات المجمَّعة وعلوم البيانات التي توفرها الشركة، ويؤثرون أيضًا على الصناعة من خلال المشورة القائمة على البيانات على صعيد السياسات.

الحواجز

الافتقار إلى الأصول الرقمية، وتدني مستوى الدراية، وضعف إمكانية الاتصال الإلكتروني بالبيانات، والابتعاد عن المخاطرة.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

طورت وزارة الزراعة ورعاية المزارعين في الهند تطبيقات رقمية رئيسية في إطار النظام البيئي الرقمي للزراعة في الهند من أجل تعزيز الأخذ بالتكنولوجيا بين المزارعين. وتُمثّل السوق الزراعية الوطنية (eNAM) بوابة تداول إلكترونية لعموم الهند بغرض إنشاء سوق وطنية موحدة للسلع الزراعية. وأخيرًا تُمثّل البوابة الإلكترونية الزراعية المركزية لنقل المنافع المباشرة التي أُطلقت في عام 2013، بوابة مركزية موحدة للمخططات الزراعية في جميع أنحاء البلد. وتُساعد هذه البوابة الإلكترونية المزارعين على الأخذ بالآلات الزراعية الحديثة من خلال الإعانات الحكومية.

اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Arjun Goyal

EGISTIC

سنة الإنشاء
2018

العدد الحالي للمستخدمين
1 500 تقريبًا

تعمل في
كازاخستان

القطاعات المستهدفة
المحاصيل

الخدمات المقدمة

حل متكامل لرصد مناطق زراعة المحاصيل وإدارتها باستخدام تكنولوجيا الاستشعار عن بُعد، والملاحة الساتلية العالية الدقة، ونُظم المعلومات الجغرافية، وتكنولوجيات تعلّم الآلة. وتشمل الخدمات ما يلي: التحليلات (التنبؤ بغلات المحاصيل، والبيانات التاريخية عن تناوب المحاصيل)؛ والصور الساتلية للحقول؛ والاستشارات الرقمية؛ ونظام الرصد باستخدام النظام العالمي لتحديد المواقع مع الجرارات وآلات الضم والدراس؛ وإدارة الأنشطة الزراعية؛ وتحليل المواد الكيميائية الزراعية في التربة.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

معظمهم من صغار المزارعين ولكنهم يشملون أيضًا موزعي المواد الغذائية وشركات المواد الكيميائية الزراعية والأسمدة. وينتمي معظم المستخدمين المسجلين في المنصة إلى الفئة العمرية التي تتراوح بين 18 و45 عامًا.

نموذج الأعمال والاستدامة المالية

الإيرادات الناتجة من الاشتراكات السنوية في المنصة. واعتبارًا من عام 2022، أصبحت المنصة مستدامة من الناحية المالية وتجتذب المستثمرين. وفي عام 2021، تلقت المنصة آخر جولة من المِنح. ويغطي الاشتراك أيضًا الدعم التقني، مثل الحلقات الدراسية الإلكترونية ومقاطع الفيديو ودليلًا للمستخدم.

الدوافع

زيادة الطلب بين كبار المزارعين على حلول الإدارة المؤتمتة للمزارع. ويحقق هؤلاء المزارعون عائدًا مرتفعًا على استثماراتهم بسبب ما يتحقق من وفورات في الوقود المستخدم في الآلات الزراعية.

الحواجز

ضعف الاتصال الإلكتروني بالإنترنت في المناطق الريفية.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

ترغب الشركة في توسيع نطاق خدماتها عن طريق دمج بياناتها مع البيانات الحكومية، ولكن أُطر السياسات الحالية لا تشمل سياسات للشراكة بين القطاعين العام والخاص.

اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Zhandos Kerimkulov

FOOD AUTONOMY

سنة الإنشاء
2018

العدد الحالي للمستخدمين
2

تعمل في
هنغاريا

القطاعات المستهدفة
الخضار الصغيرة، والخضار الورقية، والشتلات، ونباتات مستحضرات التجميل في بيئات الزراعة العمودية.

الخدمات المقدمة

مختلف تكنولوجيات إنتاج المحاصيل ووصفات إعداد الطعام وحلول الأجهزة والبرامج المقابلة للزراعة العمودية، بالإضافة إلى المزارع العمودية النمطية الواسعة النطاق التي يتم التحكم فيها عن بُعد لأغراض التطبيقات الصناعية والبحثية. وتتاح جميع التكنولوجيات سواء كخدمات منفصلة أو كجزء لا يتجزأ من المزارع العمودية.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

المستخدمون على النطاقات الصغيرة والمتوسطة والكبيرة لأغراض الإنبات والبحث والإنتاج.

نموذج الأعمال والاستدامة المالية

توفر ذراع الأعمال المعنية بإضاءة زراعة النباتات الداخلية التابعة لشركة Food Autonomy الأموال الحالية الموجهة إلى أعمال الزراعة العمودية وذلك بشكل أساسي من خلال الاستثمار الداخلي. وتدعم مِنحة من حكومة هنغاريا مرفق مزرعة البحوث. ويتم تشغيل المزرعة بالنيابة عن المستخدم من خلال نموذج الزراعة كخدمة (FaaS)، بينما يوفِّر نموذج النباتات كخدمة (PaaS) للعميل قدرة إنتاجية مكرَّسة لهذا الغرض.

الدوافع

زيادة الطلب على المنتجات العضوية والمستدامة والعالية الجودة والميسورة الكلفة؛ وزيادة الاهتمام بالزراعة العمودية؛ وتقليل استخدام الطاقة والمياه؛ وإمكانية إنتاج الأغذية محليًا بجوار المدن وفي المناطق القاحلة.

الحواجز

ارتفاع الكلفة الأوّلية للاستثمار.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

تُشجع حكومة هنغاريا الأتمتة والعمليات القائمة على البيانات في الزراعة. ومع ذلك، في حين أنها تدعم الأغذية المنتجة محليًا فإنها لا تدعم الزراعة العمودية بشكل مباشر. وعلاوة على ذلك، لا تُحدِّد اللوائح التنظيمية الزراعة العمودية على أنها عضوية، حتى لو كان الإنتاج يتم في بيئة خالية من المواد الكيميائية.

اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Zoltan Sejpes

GARBAL

سنة الإنشاء
2017

العدد الحالي للمستخدمين
أكثر من 500 000

تعمل في
بوركينا فاسو ومالي
(وقريبًا في النيجر)

القطاعات المستهدفة
الثروة الحيوانية (الرعاة)
والمحاصيل الحقلية

الخدمات المقدمة

حل رقمي متكامل يوفِّر لصغار المنتجين والرعاة في منطقة الساحل معلومات إرشادية مرتبطة إلى حد كبير بالسياق في ما يتعلق بأماكن الرعي المناسبة، وهجرة قطعان الحيوانات، والطقس، والممارسات الزراعية، والأسواق. ويستخدم الحل بيانات السواتل وغيرها. وتمتلك الشركة أيضًا سوقًا رقمية للحصول على الأعلاف وبيع الحليب والحبوب.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

صغار المزارعين والرعاة والتجار وأصحاب قطعان الحيوانات. وتُمثِّل النساء ما يتراوح بين 22 و30 في المائة من المستخدمين.

نموذج الأعمال والاستدامة المالية

استنادًا إلى شراكة بين القطاعين العام والخاص، وهي ضرورية للتغلب على ابتعاد المانحين والممولين عن المخاطر لتطوير حلول رقمية مبتكرة في السياقات الهشة. وتعتمد شركة GARBAL بشكل أساسي على التمويل المقدَّم من المانحين والمساهمات من الشركاء في المشاريع. وتحصل الشركة على إيراداتها من المكالمات التي يتلقاها مركز الاتصال (تتحدد تبعًا لوقت البث) أو من المدفوعات المتواضعة مقابل استخدام بيانات الخدمة التكميلية غير المهيكلة. وعلى الرغم من هذا الدخل الذي يُعاد استثماره في الحل، فإنه ليس قريبًا من نقطة التعادل. وتهدف استراتيجية العمل إلى توليد تدفقات من الإيرادات الجديدة من خلال السوق الرقمية وحل للتمويل الرقمي.

الدوافع

تتعرض المعارف التقليدية للمزارعين والرعاة لتحديات جراء تغيُّر المناخ وانعدام الأمن؛ وتواجه سُبل عيش المزارعين تهديدات. ويمكن للحل أن يُحسِّن الوصول إلى الأسواق وأن يدعم قدرة المزارعين على الصمود والتكيُّف في وجه الصدمات. ومن العوامل الرئيسية التي تساهم بدور كبير في قبول المستخدمين النهائيين لهذا الحل كونه شراكة بين القطاعين العام والخاص. ويساعد أيضًا بناء القدرات وتغلل الهواتف المحمولة – على الرغم من أنها ليست في معظمها هواتف ذكية – في الأخذ بالحل. وأخيرًا من الضروري لكسب الثقة وزيادة التوعية وجود مشاركة مباشرة مع المزارعين المحليين والرعاة ومنظماتهم.

الحواجز

اختلاف الاحتياجات بين البلدان، وبالتالي من المهم تكييف الحل مع سياق كل بلد. وتُشكل الاضطرابات السياسية وانعدام الأمن في بعض البلدان تحديًا، وكذلك الافتقار إلى البنية التحتية الرقمية (مثل الطاقة وإمكانية الاتصال الإلكتروني والهواتف الذكية). وتتمثل التحديات الإضافية في الافتقار إلى المهارات، وضعف الوعي بفوائد التكنولوجيا، والافتقار إلى جودة البيانات وإدارتها.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

ساهم الدعم المقدم من الوزارات المحلية (مثل التشارك في قواعد البيانات) بدور مهم في توفير المحتوى للخدمة الاستشارية. غير أن الاضطرابات السياسية وحالات انعدام الأمن تعوق الاستثمارات في بعض البلدان.

اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Catherine Le Come

GROBOMAC

سنة الإنشاء
2014

العدد الحالي للمستخدمين
غير منطبق (الحل لا يزال قيد الاختبار)

تعمل في
الهند

القطاعات المستهدفة
القطن

الخدمات المقدمة

آلة شبه مؤتمتة يشغلها شخص واحد وتعمل بالطاقة الكهربائية لجني القطن بطريقة دقيقة، ويمكنها قطف القطن من دون إلحاق أضرار بالمحاصيل، باستخدام ذراع روبوتية عالية السرعة مدعومة برؤية حاسوبية وتكنولوجيا الذكاء الاصطناعي. وهي تسمح بالحصاد الدقيق للقطن المتعدد الإزهار في نُظم المحاصيل المتعددة الصفوف.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

مزارعو القطن على النطاقين الصغير والمتوسط في البداية، وربما صغار المزارعين لاحقًا. وعلى المدى الطويل، يمكن لمنظمات المنتجين الزراعيين وتجمعات المزارعين ومراكز التأجير تشغيل الآلة، ويجري الترويج لها في الهند لإدارة عمليات المزرعة وفق نموذج الرسوم مقابل كل استخدام. وصُممت الآلة بشكل أساسي لكي تشغلها النساء اللواتي يمثلن القوة العاملة الرئيسية في جني القطن في الهند.

نموذج الأعمال والاستدامة المالية

ليست تجارية بعد. وتحصل الشركة على الدعم أساسًا من خلال الاستثمارات الشخصية والمِنح. والهدف في المستقبل هو بيع الروبوتات الفردية مباشرة إلى العملاء، وعلى المدى الطويل، للمشغلين ومقدمي الخدمات.

الدوافع

الافتقار إلى القوة العاملة اليدوية أثناء مواسم الذروة.

الحواجز

لم تتبلور حتى الآن صورة كاملة عن فوائد هذه التكنولوجيا لدى المستثمرين. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يستغرق العائد على الاستثمارات وقتًا طويلًا.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

تُشجع حكومة الهند الشركات الزراعية الناشئة من خلال المِنح. وعلى سبيل المثال، تلقت شركة GRoboMac مِنحة بنحو 30 000 دولار أمريكي. وقدمت الشركة أيضًا اقتراحًا لجني القطن بعد طلب عروض للروبوتات كخدمة في ولاية تلانغانا في جنوب الهند.

اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Manohar Sambandam

HARVEST CROO ROBOTICS

سنة الإنشاء
2013

العدد الحالي للمستخدمين
غير معروف

تعمل في
الولايات المتحدة الأمريكية

القطاعات المستهدفة
الفراولة

الخدمات المقدمة

حصّادات روبوتية تنتقل بصورة ذاتية عبر المزرعة لقطف ثمار الفراولة وفحصها وتنظيفها وتعبئتها. ولكل حصّادة 16 "ذراعًا" مستقلة تؤدي الأنشطة الزراعية ذاتيًا على امتداد 16 صفًا.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

كبار مزارعي الفراولة (< 10 هكتارات).

نموذج الأعمال والاستدامة المالية

لم يُطرح الحل في السوق التجارية بعد. وتحصل الشركة على الأموال من مستثمري القطاع الخاص والمؤسسات المالية، ويؤدي القطاع العام دورًا ثانويًا. ونموذج العمل الذي تتبعه الشركة هو خدمة الدفع أولًا بأول، حيث يعتمد المبلغ على الحجم الذي يتم حصاده. وفي حال تزايد الطلب، من المتوقع أن تكون الأولوية للمساهمين الأوائل في الاستثمار.

الدوافع

نقص اليد العاملة وتزايد كلفتها، وخاصة أثناء فترات ذروة الحصاد. ونتيجة لذلك، استثمر نحو 70 في المائة من مزارعي الفراولة في البلد في هذه الشركة. وتم اختبار التكنولوجيا بنجاح في مزارع حقيقية.

الحواجز

توسيع نطاق تصنيع الأجهزة والبرمجيات الحاسوبية اللازمة.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

تُقدم المؤسسة الوطنية للعلوم دعمًا محدودًا. ولا تُعد السياسة محركًا قويًا ولا حاجزًا مباشرًا.

اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Gary Wishnatzki

HORTIKEY

سنة الإنشاء
2015

العدد الحالي للمستخدمين
لم يُكشف عنه

تعمل في
هولندا

القطاعات المستهدفة
الطماطم

الخدمات المقدمة

نظام متكامل مؤلف من روبوت ذاتي التشغيل مزود بأجهزة تصوير وبرامج ذكية بالاعتماد على خوارزميات الذكاء الاصطناعي لتوفير بيانات موثوقة وتقديرات للمحاصيل، بما في ذلك عدد ثمار الطماطم ومستوى نضجها، من خلال قياسات يومية، من دون الحاجة إلى بنية تحتية جديدة. وتُستخدم الأفكار المستمدة من البيانات، جنبًا إلى جنب مع البيانات المناخية وبيانات الأرصاد الجوية لإجراء التنبؤات الخاصة بنشاط من أنشطة الأعمال قبل ما يتراوح بين أسبوع واحد وأربعة أسابيع في المستقبل.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

مزارعو الطماطم التجاريون على النطاقين المتوسط إلى الكبير في البيئات التي يتم التحكم فيها (مثل الدفيئات).

نموذج الأعمال والاستدامة المالية

الإيرادات الناتجة من مبيعات الروبوتات ورسوم الاشتراكات الشهرية في البرمجية الحاسوبية. والبديل عن ذلك هو رسوم شهرية إجمالية بموجب عقد خدمة. وتدعم استثمارات المساهمين حاليًا عمليات التطوير.

الدوافع

القيمة التي يحصل عليها المزارعون من معلومات التنبؤ بالمحاصيل ويتطلب تغيُّر أسعار الطماطم تقديرات دقيقة للطاقة الإنتاجية، وهناك حاجة إلى الخبرة الفنية في مجال زراعة الطماطم في ظل تزايد أحجام المزارع.

الحواجز

شكوك بعض مزارعي الطماطم بشأن التكنولوجيا. ولا يمكن بناء الثقة إلّا بمرور الوقت.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

يُشجع برنامج المعرفة والابتكار في هولندا الاستثمار في الابتكار. وفي بعض البلدان، هناك قوانين تمنع تبادل البيانات مع البلدان الأخرى، ما يجعل من الصعب التوسّع في أسواق معيّنة.

اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Andreas Hofland

ICT4BXW

سنة الإنشاء
2018

العدد الحالي للمستخدمين
أكثر من 7 000

تعمل في
رواندا

القطاعات المستهدفة
الموز

الخدمات المقدمة

مجموعة من خدمات الاستشارات والمعلومات في مجال إنتاج الموز، بما في ذلك التدريب الإلكتروني. وتتاح الخدمات من خلال الهواتف الذكية والهواتف البسيطة على حد سواء، إلى جانب المعلومات غير الرقمية (على سبيل المثال، جدول زمني ورقي بمواعيد المحاصيل). وهناك تركيز على تشخيص مرض ذبول الموز *Xanthomonas* ورصده أثناء جمع البيانات عن الأراضي الزراعية. ويقوم مزارعو الموز بالتسجيل من خلال تطبيق أندرويد، ما يتيح لهم الوصول إلى الخدمات التي تساعد الاختصاصيين في مجال الإرشاد والمسؤولين الحكوميين على رصد الأمراض. وتستخدم شركة ICT4BXW الطائرات المسيَّرة لرسم خرائط الأراضي التي يُنتَج فيها الموز، وجمع المعلومات عن الأصناف المستخدمة ومحاصيل الموز المصابة بأمراض.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

صغار مزارعي الموز، والاختصاصيون المحليون في مجال الإرشاد، وحكومة رواندا (الباحثون والفنيون من مجلس تنمية الموارد الزراعية والحيوانية في رواندا بصورة أساسية).

نموذج الأعمال والاستدامة المالية

غير مربحة حاليًا. وتُقدّم الخدمة مجانًا وتعتمد على التبرعات من الوزارة الاتحادية الألمانية للتعاون الاقتصادي والتنمية، وبالتالي لا تحقق إيرادات. والأمل معقود على أن تستثمر وزارة الزراعة الرواندية في الحل في المستقبل، مع وضع خطط للتحوّل نحو تقديم حُزمة من الخدمات. وهناك نموذجان محتملان للعمل: (1) تتحول شركة ICT4BXW إلى نموذج منفعة عامة؛ (2) وتصبح الأدوات جزءًا من نظام بيئي رقمي أو أكبر يدفع المزارعون رسومًا رمزية مقابل استخدامه، وتوجه نسبة من هذه الإيرادات للحفاظ على خدمات ICT4BXW. وأقيمت شراكتان بالفعل مع شركتين ربحيّتين، هما Arifu وVIAMO.

الدوافع

تزايد الطلب على حلول تشخيص ومراقبة مرض ذبول الموز *Xanthomonas* الذي يُهدد إنتاج محصول رئيسي مهم للأمن الغذائي والدخل في رواندا. وبالإضافة إلى ذلك، فإن زيادة استخدام الهواتف الذكية واهتمام الحكومة باستخدام التكنولوجيات الرقمية في قطاع الزراعة يُسهلان الأخذ بهذه التكنولوجيا.

الحواجز

التغلغل المحدود للهواتف الذكية وضعف مستوى الإلمام بالتكنولوجيا الرقمية.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

تشجّع حكومة رواندا استخدام المزارعين للهواتف الذكية، ورقمنة قطاع الزراعة من خلال سياسات موجهة. وتوفِّر في بعض الأحيان بناء القدرات في مجال تطوير التكنولوجيات الرقمية وصيانتها.

اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Julius Adewopo

IGARA TEA

سنة الإنشاء
1996 (الاستثمار في الحلول الرقمية منذ عام 2017)

العدد الحالي للمستخدمين
أكثر من 7 000

تعمل في
أوغندا

القطاعات المستهدفة
الشاي

الخدمات المقدمة

ماستخدام التكنولوجيات الرقمية: توفير معلومات عن الملامح العامة لمزارعي الشاي، وحدود المزارع، واستخدام الأراضي وغطائها؛ وتعقّب إنتاج أوراق الشاي وتتبّعه ورصده؛ وتقييم الحالة الصحية لنباتات الشاي؛ ومحاكاة القدرة الإنتاجية؛ وتقديم المعلومات إلى المقرضين؛ وإسداء المشورة وتقديم خدمات الإرشاد الإلكتروني المصمَّمة خصيصًا للغرض المنشود؛ وتمكين الوصول إلى الائتمان. ومن المتوقع في المستقبل أن تؤدي أجهزة الميكنة الصغيرة إلى تحسين الدقة وتقليل اليد العاملة التي تعمل على سبيل المثال في قطف أوراق الشاي.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

صغار مزارعي الشاي. وتُمثّل النساء نحو 18 في المائة من المستخدمين ويؤدي الشباب 65 في المائة من العمل الزراعي. وفي مجال تجهيز أوراق الشاي، تُشكل النساء والشباب أكثر من نصف القوة العاملة. ويتم أيضًا استهداف المصارف ومقدمي الائتمان.

نموذج الأعمال والاستدامة المالية

جرى تمويل الشركة في البداية من خلال المِنح، وتحقق إيراداتها حاليًا من بيع الشاي بالنيابة عن المزارعين. وتعمل Igara Tea كمشتر ومجهِّز وبائع للشاي. وهي تضيف قيمة للشاي وتبيعه في الأسواق المحلية والدولية بالنيابة عن المساهمين (مزارعو الشاي)، الذين يبيعون موادهم الخام لها. وتساعد الرقمة على تحقيق المستوى الأمثل للمشتريات، إذ توفر ما يصل إلى 70 في المائة من الكلفة المرتبطة بدفاتر الإيصالات والأقلام والورق وما إلى ذلك. وتبلغ فترة استرداد الاستثمارات في الأجهزة الرقمية والبرمجيات الحاسوبية سنة ونصف. وتستثمر الشركة حاليًا، من دون تمويل بالمِنح، في الأجهزة والبرمجيات الحاسوبية.

الدوافع

الطلب على مزيد من اليقين والشفافية ودقة المواعيد للمشترين والمزارعين ومقدمي القروض. ويؤدي تزايد كلفة اليد العاملة إلى الدفع نحو تطوير آلات قطف أوراق الشاي.

الحواجز

القدرة المحدودة على تجهيز أوراق الشاي تعيق التوسّع، وانخفاض أسعار الشاي في جميع أنحاء العالم وافتقار المزارعين إلى القدرة المالية التي تمكنهم من الاستثمار في الآلات. وتبحث شركة Igara Tea في تطوير مخطط للميكنة المشتركة.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

حكومة أوغندا مصممة على الدفع باستخدام الحلول التكنولوجية من أجل التغلب على التحديات الإنمائية التي يواجهها البلد، ومع ذلك، لا يزال من الصعب الحصول على دعم مالي من الحكومة. وتُترجم المستويات العالية من البيروقراطية إلى تكاليف أعلى، وهناك افتقار إلى لوائح تنظيمية وسياسات واضحة بشأن استخدام الطائرات المسيَّرة.

اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Hamlus Owoyesiga

IOCROPS

سنة الإنشاء
2018

العدد الحالي للمستخدمين
أكثر من 200

تعمل في
جمهورية كوريا

القطاعات المستهدفة
المحاصيل الداخلية (على سبيل المثال، الطماطم والفلفل الحلو في الدفيئات)

الخدمات المقدمة

حلول ذاتية التشغيل لإدارة المحاصيل، بما في ذلك الرصد المناخي في المزارع الداخلية؛ ومنصة لتحليل البيانات واتخاذ القرارات؛ وإسداء المشورة وتقديم التنبؤات بشأن إدارة المحاصيل؛ والزراعة المؤتمتة؛ والعمليات التي تُشغَّل عن بعد لإدارة المزارع في جميع أنحاء العالم من دون الحاجة إلى مديرين متخصصين في إدارة الدفيئات في كل مزرعة.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

المزارعون الذين يستخدمون الدفيئات على النطاقين الكبير والمتوسط. وتشير التقديرات إلى أن أقل من 10 في المائة من الدفيئات الزراعية في جمهورية كوريا تملكها نساء، ويملك الشباب أقل من 30 في المائة.

نموذج العمل والاستدامة المالية

الإيرادات الناتجة من بيع أجهزة الاستشعار والحلول القائمة على الإنترنت. وتؤجر أيضًا شركة ioCrops الدفيئات الزراعية المؤتمتة وتقوم بالتحكم في جميع عمليات النباتات المزروعة في الدفيئات، بدءًا من إدارة المناخ والمحاصيل إلى إدارة اليد العاملة والخدمات اللوجستية بعد الحصاد. ويتحقق معظم الاستثمار من خلال صناديق رأس المال الاستثماري، مع مساهمة محدودة من الإعانات.

الدوافع

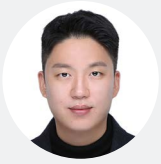
ازدياد الحاجة إلى حلول الأتمتة في ظل اتساع أحجام المزارع. وتتزايد المساحات التي تغطيها الدفيئات، كما يزداد عدد كبار المنتجين. ويتميَّز الجيل الأصغر سنًا بأنه أكثر انفتاحًا على حلول تكنولوجيا المعلومات. وتزداد الأجور وتتناقص اليد العاملة.

الحواجز

الشكوك بين بعض المزارعين بشأن الحلول العالية التكنولوجيا. وهناك أيضًا خطر يكمن في أن هذه التكنولوجيا يمكن أن تدفع صغار المنتجين إلى التوقف عن العمل.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

تستثمر حكومة كوريا في الدفيئات العالية التكنولوجيا، بما في ذلك تثقيف المشغلين والسماح لشركات مثل ioCrops بإجراء التجارب. وفي الوقت نفسه، تشعر الحكومة بالقلق من أن هذه الحلول ستضر بصغار المنتجين، ولذلك تُبذل جهود موازية للحفاظ على مزيد من النُظم التقليدية.



اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
JinHyung Cho

JUSTDIGGIT

سنة الإنشاء
2009

العدد الحالي للمستخدمين
أكثر من 700 000

تعمل في
كينيا، جمهورية تنزانيا المتحدة

القطاعات المستهدفة
الأشجار والأعشاب

الخدمات المقدمة

حلول رقمية وحلول للاتصالات (على سبيل المثال، الرسائل النصية القصيرة، والتطبيقات الهاتفية، والطائرات المسيّرة، والصور الساتلية، وتعلّم الآلة) لتعزيز استعادة المناظر الطبيعية على نطاق واسع في أفريقيا، مثل تحويل المراعي التي تدهورت بسبب الرعاة الماساي في كينيا إلى أراضٍ خضراء خصبة. وتوفِّر هذه الحلول تحديدًا للمزارعين معلومات عن استعادة المناظر الطبيعية، وبرصد نمو الأشجار، والتغييرات في المناظر الطبيعية بمرور الوقت، ويمكنها أيضًا حساب أحجام عزل الكربون المرتبطة بها. وتُساعد أيضًا شركة Justdiggit النساء على بيع بذور الأعشاب النجيلية والمحاصيل الأصلية.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

المزارعون والرعاة على النطاق الصغير وعلى المستوى الكفافي. وتعمل شركة Justdiggit أيضًا مع مدربين – نصفهم من النساء – يدربون المزارعين على الحراجة الزراعية وإعادة تخضير الأراضي.

نموذج الأعمال والاستدامة المالية

منظمة غير ربحية تعتمد على التمويل من خلال المِنح. وهي تعمل مع شبكة كبيرة من الشركاء في مجال الإعلام النشطين في هولندا وأفريقيا لجمع الأموال والتوعية. وتتلقى الشركة تبرعات من المستهلكين الأفراد والشركات الخاصة والمؤسسات الكبيرة وخطط التمويل، بالإضافة إلى بعض المؤسسات العائلية. وشهدت المنظمة نموًا مطردًا. وازداد عدد الموظفين من 4 إلى 40 على مدى نحو سبع سنوات. وتهدف الشركة إلى تقليل اعتمادها على التبرعات من أجل تيسير التوسّع.

الدوافع

زيادة الوعي بتسارع تغيُّر المناخ. ويزيد هذا الحل غلات المحاصيل وتوافر المياه، ويؤثر ذلك بصورة إيجابية على الدخل وسُبل العيش، ويحد من تآكل التربة والجريان السطحي، ما يفيد خصوبة التربة ورطوبتها. وهناك اهتمام متزايد بالحلول القائمة على الطبيعة وإعادة التخضير.

الحواجز

التغلغل المحدود للهواتف الذكية، والأمية الرقمية، ومحدودية سُبل الوصول إلى الإنترنت. وغالبًا ما تكون هناك حاجة إلى بناء القدرات الرقمية للمدربين.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

في كينيا، يمكن أن يتسبب تقسيم الأراضي في عدم الثقة، إذ يُقرر أصحاب الأراضي ما إذا كانت الأرض لا تزال عامة أم مملوكة ملكية خاصة ومقسمة إلى قطع أصغر.

اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Sander de Haas

LELY

سنة الإنشاء
1948

العدد الحالي للمستخدمين
أكثر من 25 000

تعمل في
أستراليا وأوروبا وأمريكا الشمالية

القطاعات المستهدفة
منتجات الألبان

الخدمات المقدمة

الروبوتات وحلول البرمجيات (الإدارة) في مجال إنتاج الألبان. وتوفِّر الشركة تحديدًا روبوتات الحلب الثابتة، وروبوتات التسميد والتغذية، وتعكف على تطوير حلول لإدارة الحظائر (للتحكم في انبعاثات الغازات) وكذلك روبوتات حصاد العشب النجيلي. وبالإضافة إلى ذلك، توفِّر برمجيات الإدارة خدمات المعلومات والاستشارات بشأن جميع عمليات المزرعة، بما في ذلك صحة الحيوان ورعايته.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

القائمون بتربية الأبقار الحلوب على النطاقين المتوسط إلى الكبير، ولكن ليس على النطاق الأكبر.

نموذج العمل والاستدامة المالية

الإيرادات الناتجة من مبيعات هذه الحلول وعقود الخدمة. وتوفِّر إنشاءات الإيجار المالي والتشغيلي، ما يؤدي إلى زيادة إقبال المزارعين على الأخذ بالتكنولوجيا. وتتلقى أيضًا تمويلًا من خلال المِنح الوطنية ومِنح من الاتحاد الأوروبي. ويُقدَّر معدل التداول بما قيمته 650 مليون يورو، ويعاد استثمار جزء مهم من هذه الأموال في البحث والابتكار.

الدوافع

الطلب على جداول عمل أكثر مرونة وأقل مشقة؛ ونقص اليد العاملة؛ والامتثال للوائح التنظيمية البيئية (مثل خفض الانبعاثات في مزارع الألبان)؛ والمخاوف بشأن رعاية الحيوان؛ وتوفير الخدمات المالية؛ والمكاسب في كفاءة استخدام الطاقة واستخدام مصادر الطاقة المتجددة. ويمكن أن تتكامل الحلول المقدمة بسهولة مع المزارع التقليدية.

الحواجز

لم تُذكر.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

من ناحية، تتمثل الدوافع المتصلة بالسياسات التي تُشجع على الأخذ بالتكنولوجيا في اللوائح التنظيمية البيئية واللوائح المتعلقة برعاية الحيوان، وبرامج الإعانات التي تستثمر في حلول الحظائر التي تحد من الانبعاثات. ومن ناحية أخرى، يمكن أن يكون الأخذ بالتكنولوجيا بطيئًا في ظل انتظار المزارعين إعانات قبل إقدامهم على الاستثمار. وتتطلب المناقشات بشأن اللوائح الجديدة لحرية حركة الحيوانات والسلوك الطبيعي استراتيجيات جديدة لتكييف حلول الحلب المقدمة في الوقت الحالي.

اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Martijn Bruggeman

SEED INNOVATIONS

سنة الإنشاء
2019

العدد الحالي للمستخدمين
1 500

تعمل في
نيبال

القطاعات المستهدفة
المحاصيل

الخدمات المقدمة

تطبيق يعمل بنظام أندرويد – PlantSat – للمزارعين لاستخدام التحليلات المستندة إلى السواتل من أجل رصد أداء المحاصيل، بما في ذلك تحديد التهديدات، مثل نقص المياه والمغذيات أو حدوث فائض فيها، والوصول إلى المعلومات الزراعية وتبادلها. وتشمل الخدمات المتكاملة: تحديد تهديدات الإنتاج، وحساب النيتروجين ورطوبة النبات، والإخطارات بشأن الجدول الزمني للمزرعة، ومساعدة الخبراء، والمعلومات عن الطقس وتسجيل بيانات المزرعة. وهذا الحل مبسَّط للخدمة المجمَّعة، وهو يُقلل من الحاجة إلى الاتصال الإلكتروني للوصول إلى البيانات (إدخال البيانات من دون الاتصال بالإنترنت) ويخفض كلفة التشغيل (على سبيل المثال، عن طريق تقليص مساحة الخادم الحاسوبي المطلوبة لتخزين نقاط البيانات).

العملاء والمستخدمون المستهدفون

معظمهم من المزارعين على النطاقين من المتوسط إلى الكبير الذين يستخدمون خدمات المعلومات الاستشارية القائمة على السواتل، وصغار المنتجين الذين يوجهون إنتاجهم إلى السوق ويستخدمون الخدمات الاستشارية العامة.

نموذج الأعمال والاستدامة المالية

يُقدَّم الحل حاليًا بصورة مجانية للمزارعين. وفي المستقبل، ستقوم الشركة ببيع خطط اشتراكات سنوية لشركات التأمين التي يمكنها بعد ذلك الوصول إلى المعلومات التي يتم جمعها، ويمكنها بالتالي رصد أداء المحاصيل وأداء المزارعين وأهليتهم للمطالبة بالتأمين. وتوفِّر المِنح ما يقرب من 40 في المائة من التمويل.

الدوافع

تقليل الحاجة إلى الاتصال الإلكتروني وخفض كلفة الحل.

الحواجز

الشكوك بشأن التكنولوجيات الجديدة.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

تدعم حكومة نيبال المزارعين ذوي الدخل المنخفض للمشاركة في خطط التأمين عن طريق دعم 75 في المائة من أقساط التأمين. وعلاوة على ذلك، لا توجد حماية صارمة للخصوصية أو أمن البيانات أو سياسات أو لوائح بخصوص الملكية الفكرية لإبطاء الأخذ بالتكنولوجيا.

اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Suman Ghimire

SEETREE

سنة الإنشاء
2017

العدد الحالي للمستخدمين
أكثر من 3 000

تعمل في
البرازيل وشيلي واليونان والمكسيك والبرتغال وجنوب أفريقيا وإسبانيا والولايات المتحدة الأمريكية (تحليل البيانات والبحث والتطوير في إسرائيل)

القطاعات المستهدفة
الفاكهة وأشجار الجوزيات

الخدمات المقدمة

حلول رقمية من خلال منصة بيانات لرصد صحة الأشجار وتحقيق المستوى الأمثل للفاكهة ونموها، وإدارة المخزونات والإنتاج، وتقدير الغلات، وتتبّع العمليات الزراعية، وقياس أثرها.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

معظمهم من كبار المزارعين، بالإضافة إلى تعاونيات الفاكهة من أجل الوصول إلى صغار المزارعين.

نموذج العمل والاستدامة المالية

اشتراك سنوي للوصول إلى منصة البيانات من خلال تطبيق على شبكة الإنترنت أو تطبيق على الهاتف المحمول. وتُساعد الخدمات المزارعين على استخدام الموارد بدقة، وإدارة المخزونات، والاستفادة بشكل أفضل من ساعات العمل. وتُحقق المنصة حاليًا إيرادات سنوية تتراوح بين 30 و100 دولار أمريكي للهكتار. وتنخفض الكلفة للهكتار كلما ازداد حجم الحيازة.

الدوافع

الطلب الهائل من كبار المزارعين الذين يمتلكون حيازات كبيرة من الأراضي على حلول زيادة الإنتاجية وكفاءة استخدام الموارد، والتقليل من عدم اليقين بشأن العائد وأسعار السوق. وهناك أيضًا اهتمام متزايد باحتجاز الكربون للحصول على أرصدة كربون.

الحواجز

شكوك المزارعين بشأن التكنولوجيات الرقمية والدراية الرقمية المحدودة، ما يعوق فهم قيمة الحل من خلال العروض الإيضاحية التجريبية. وعلاوة على ذلك، يتوقع المزارعون إجراءات شاملة لتنفيذ التوصيات المتخذة من خلال القرارات القائمة على البيانات والتواصل عبر الشبكات مع الجهات الفاعلة المحلية في سلسلة الإمداد. وفي بعض الأقاليم، يؤدي ضعف الروابط مع الأسواق بين موردي المدخلات إلى إبطاء الأخذ بالتكنولوجيا والحيلولة دون وصول بعض المزارعين إلى التوصيات وتنفيذها.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

غير منطبقة.

اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Israel Talpaz

SOWIT

سنة الإنشاء
2017

العدد الحالي للمستخدمين
أكثر من 17 490

تعمل في
إثيوبيا والمغرب والسنغال وتونس

القطاعات المستهدفة
الفاكهة والحبوب وبذور اللفت

الخدمات المقدمة

أدوات لدعم اتخاذ القرار ومعلومات مفيدة متعلقة أساسًا بالري والتسميد وتقدير الغلات.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

أنشطة الأعمال الكبيرة والمزارعون على النطاقين المتوسط والصغير. وفي المغرب، تُشكل النساء أكثر من 20 في المائة من المزارعين الذين يحصلون على الخدمة. ويتألف موظفو الشركة أيضًا من نسبة كبيرة من النساء (44 في المائة) وينتمي جميع الموظفين إلى فئة الشباب.

نموذج العمل والاستدامة المالية

اشتراك سنوي. ويختلف السعر السنوي للهكتار الواحد (10 دولارات أمريكية – 70 دولارًا أمريكيًا) تبعًا لعدد أدوات دعم القرار المطلوبة، بما في ذلك التطبيقات المتعددة اللغات المستخدمة على الهاتف المحمول أو على شبكة الإنترنت. وقامت شركة SOWIT، منذ إنشائها، بتوفير التمويل من خلال جمع الأموال والمِنح من الوكالات الإنمائية، مثل الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية. وفي عام 2021، وفّر التمويل من خلال المِنح 25 في المائة من حجم التداول.

الدوافع

أثر تغيُّر المناخ والعوامل الأخرى على توافر المياه اللازمة للري، وازدياد الحاجة إلى تحقيق الاستخدام الأمثل للمياه. ومن هنا نبعت الدعوة إلى نظام يُقدم توصيات يومية بشأن الري في كل موقع على حدة. ويمكن للحل أيضًا تحسين استخدام الأسمدة التي تشهد أيضًا زيادة في أسعارها. ويزداد احتياج شركات التأمين إلى تقديم وثائق تأمين على المحاصيل بكلفة ميسورة. وتُقدم شركة SOWIT بديلًا للتأمين القائم على المؤشرات، حيث يمكنها توفير تقديرات للغلات بناءً على الأوضاع الحقيقية. ويمكن للمُزارع تأمين محصوله مقابل الغلة المتوقعة، وهو ما يقابل متوسط الغلة في المنطقة المناخية الزراعية المحددة.

الحواجز

الحواجز في المغرب تتمثل في استيراد التكنولوجيا وخيارات الدفع الرقمية المحدودة المتاحة للعملاء.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

في المغرب، تستثمر الحكومة في الابتكار في قطاع الزراعة، وذلك على سبيل المثال من خلال تعزيز ريادة الأعمال الزراعية بين الشباب، وتعزيز دور التعاونيات الزراعية، وتطوير إعانات جديدة للحلول الرقمية. وتهدف استراتيجية الجيل الأخضر 2020–2030 على وجه الخصوص إلى ربط مليونين من المزارعين بالمنصات الرقمية، بما في ذلك منصة مشروع SOWIT. ومن ناحية أخرى، يُمثّل عدم وجود لوائح بشأن استخدام الطائرات المسيّرة عائقًا أمام تطوير التكنولوجيا. ولهذا السبب، تحولت شركة SOWIT إلى الاستشعار عن بُعد عبر السواتل.

اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Hamza Rkha Chaham

TRASEABLE SOLUTIONS

سنة الإنشاء
2018

العدد الحالي للمستخدمين
أكثر من 2 000

تعمل في
جزر كوك وفيجي
وبابوا غينيا الجديدة وساموا
وجزر سليمان وتونغا
وفانواتو

القطاعات المستهدفة
المحاصيل والتونة
والأخشاب

الخدمات المقدمة

مجموعة من الأدوات الرقمية التي تزوّد المزارعين بمعلومات عن الصناعة الزراعية وكذلك معلومات عن مزارعهم، بما في ذلك الموارد، والمخزونات، والمبيعات، والنفقات. ويمكن أن يساعد هذا الحل على إيجاد روابط مع الأسواق. وبالإضافة إلى ذلك، تُقدّم الشركة حلًا يُركز على مصايد أسماك التونة يشمل وسم أسماك التونة وتتبّعها على طول سلسلة القيمة. ويشمل الحل إدارة الأساطيل، وتوفير معلومات عن طاقم العمل، ونفقات التشغيل، وكلفة الصيانة، وتفاصيل عن محصول التونة، وما إلى ذلك.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

معظمهم من صغار المنتجين، بالإضافة إلى بعض المنتجين على النطاق المتوسط وكذلك منظمات المزارعين وأنشطة الأعمال الزراعية (وهي أساسًا أنشطة الأعمال التي تشارك في تصدير السلع). وتمثّل النساء والشباب نحو 40 في المائة أو 15 في المائة من المستخدمين، على التوالي. ويشمل العملاء بصورة أساسية منظمات التنمية المهتمة بالبيانات على النطاق الإقليمي.

نموذج الأعمال والاستدامة المالية

يمكن للمزارعين تنزيل الحل من دون أي كلفة، ولكن يتعيّن على منظمات المزارعين وأنشطة الأعمال الزراعية ومصايد الأسماك ومحطات التجهيز الراغبة في الحصول على الخدمات سداد اشتراك متعدد المستويات. وتوفّر الشركة خدمات استشارية تُمثّل الجزء الأكبر من الإيرادات، وتلقت مِنحًا لتمويل أعمالها.

الدوافع

زيادة الاهتمام بين المنتجين – وخاصة المصدّرين – بجمع البيانات الرخيصة الكلفة والفعالة؛ وازدياد الاهتمام بين منظمات المزارعين ببناء القدرات والخدمات الاستشارية؛ والحاجة إلى الامتثال للوائح سلامة الأغذية وإمكانية تتبّعها. وسرّعت جائحة كوفيد-19 من الإقبال على الحلول الرقمية والاهتمام بها. وترى الوكالات الإنمائية أن قدرة TraSeable Solutions في الربط ضمن شبكات في جميع أنحاء الإقليم وقدرتها على جمع البيانات قيمة مهمة تقدمها الشركة.

الحواجز

الأنظمة الصارمة بشأن البيانات التي تجعل من الصعب إنشاء حلول رقمية وإدارتها. وينخفض مستوى الإلمام بالتكنولوجيا الرقمية بين المزارعين.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

لم يُذكر.

اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Kenneth Katafono

TROTRO TRACTOR

سنة الإنشاء
2016

العدد الحالي للمستخدمين
75 000

تعمل في
بنن وغانا ونيجيريا وتوغو وزامبيا وزمبابوي

القطاعات المستهدفة
المحاصيل الحقلية

الخدمات المقدمة

منصة تأجير رقمية للتوفيق بين صغار المنتجين ومجموعة واسعة من الآلات والمعدات الزراعية والمالكين الذين يقدمون خدمات التأجير. وبدأ مؤخرًا مالكو الطائرات المسيَّرة في تقديم خدماتهم (على سبيل المثال، رسم الخرائط والرش). وجُهزت جميع الآلات بالجهاز الذي أنتجته شركة TROTRO للتتبّع باستخدام إنترنت الأشياء.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

صغار المزارعين، على الرغم من أن بعضهم يتراوح بين مزارعين متوسطي وكبار الحجم، وعلى نحو متزايد شركات الزراعة التعاقدية. وتُمثّل النساء نحو 40 في المائة من العملاء، وترغب الشركة في زيادة هذه النسبة.

نموذج الأعمال والاستدامة المالية

تدفقات الإيرادات الرئيسية تنتج من رسوم الوساطة (10 في المائة لكل معاملة) المستلمة عن كل خدمة من خدمات الآلات الزراعية التي يتم التعاقد عليها. ويتم توليد إيرادات إضافية من خلال مبيعات جهاز إنترنت الأشياء للتتبع من خلال النظام العالمي لسواتل الملاحة (شراء هذا الجهاز إلزامي للمالكين الذين يؤجرون المعدات من خلال منصتهم). وتحقق الشركة أرباحًا في جميع البلدان التي تعمل فيها، باستثناء غانا، ربما لأن نحو 40 في المائة فقط من المستخدمين المسجلين عملاء منتظمون. وتعتمد الشركة جزئيًا على المِنح التي تستخدمها أساسًا لتوسيع أنشطة أعمالها.

الدوافع

لا يمكن لمعظم صغار المزارعين تحمّل كلفة الجرارات، وعليهم بالتالي استئجارها إذا كانوا يرغبون في الميكنة. وتتيح المنصة الشفافية والوصول بطريقة موثوقة – وهو أمر غير ممكن في آليات السوق التقليدية. وتستخدم المزارعات هذه الخدمة بصورة متزايدة لأنها تحميهن من التمييز الناشئ عن الأعراف الاجتماعية. ويفضل المزارعون الشباب أيضًا هذه الخدمة لكونهم في العادة أكثر دينامية وانفتاحًا على الحلول المبتكرة، ويتم تدريب بعض الشباب على تشغيل الآلات. وسرّعت جائحة كوفيد-19 رقمنة الزراعة وحفزت هذا الحل. ويرجع استخدام الطائرات المسيَّرة إلى ازدياد الطلب من المزارعين على بيانات دقيقة عن الأراضي لمساعدتهم في الحصول على التمويل والائتمان والتأمين.

الحواجز

ارتفاع أسعار الوقود، ما يجعل الخدمة غير متاحة لبعض المزارعين؛ وافتقار المشغلين إلى الائتمان والتمويل لشراء الآلات ثم تأجيرها للمزارعين. ويمكن أن تمنع البنية التحتية السيئة نقل الآلات لإتاحتها في مختلف المناطق.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

شجع توفير الإعانات والحوافز للمزارعين من أجل إنتاج المحاصيل استخدام الميكنة، بالإضافة إلى الاستثمارات في البنية التحتية والتكنولوجيات الرقمية.

اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Kamal Yakub

TUN YAT

سنة الإنشاء
2017

العدد الحالي للمستخدمين
أكثر من 20 000

تعمل في
ميانمار

القطاعات المستهدفة
الأرزّ والفاصولياء والمونغ والسمسم والفول السوداني والذرة في المقام الأول

الخدمات المقدمة

خدمات الميكنة في مناطق الدلتا والأراضي الجافة من ميانمار. وتحتفظ الشركة بأسطولها الخاص من الجرارات، وتعمل كوسيط بين مالكي الآلات والمزارعين.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

معظمهم من صغار المنتجين، ولكن أيضًا المزارعين على النطاق المتوسط. وتمثّل النساء ما يقرب من 30 في المائة من العملاء، ويمثّل الشباب الذين تصل أعمارهم إلى 30 عامًا ما تتراوح نسبته بين 25 و30 في المائة.

نموذج العمل والاستدامة المالية

الإيرادات الناتجة من سداد رسوم الخدمة، سواء عن كل أكر أو عن كل ساعة. وتتحقق أعلى هوامش الربح من خلال الخدمات المباشرة باستخدام الأسطول الخاص بالشركة. وتتحقق هوامش أصغر من خدمات الوساطة. وتُحقق الشركة أيضًا إيرادات من خلال إجراء البحوث في جنوب شرقي آسيا.

الدوافع

عدم قدرة المزارعين على تحمّل كلفة الآلات؛ وعدم موثوقية الخدمة التي توفرها هذه الآلات؛ وزيادة تغلغل الهواتف المحمولة والهواتف الذكية.

الحواجز

ارتفاع أسعار المدخلات والوقود، مع تمكّن المستخدمين من تجاوز خدمات الوساطة مع شركة Tun Yat بمجرد أن يعرف كل منهم الآخر؛ وضعف مستوى الدراية الرقمية وإمكانية الاتصال الإلكتروني؛ وانخفاض مستويات الثقة (على سبيل المثال، المدفوعات عبر الهاتف المحمول)؛ والحاجة إلى الدعم التكنولوجي وبناء القدرات.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

تلتزم حكومة ميانمار بالسياسات الرقمية، ولكن البيئة السياسية الحالية التي تُخيم عليها أجواء من عدم اليقين تعوق الابتكار والاستثمار. وعلاوة على ذلك، فإن السياسات الحالية المرتبطة بالرقمنة واستخدام البيانات تُركز أكثر على الأمن الحاسوبي والمراقبة، ما قد يؤدي أيضًا إلى إبطاء الأخذ بالتكنولوجيا.

اسم الشخص الذي أُجريت معه المقابلة
Hujjat Nadarajah

URBANAGROW

سنة الإنشاء
2019

العدد الحالي للمستخدمين
غير معروف

تعمل في
شيلي

القطاعات المستهدفة
الخضار الورقية

الخدمات المقدمة

وحدات نمطية للزراعة العمودية في بيئة يتم التحكم فيها بدرجة كبيرة. ومعظم المنتجات من الخضار الورقية، مثل الخس والريحان. وتستخدم المزارع المصابيح ذات الصمامات الثنائية الباعثة للضوء (LED) وأجهزة الاستشعار للتحكم في درجة الحرارة والرطوبة، بالإضافة إلى نظام إعادة تدوير المياه للتقليل إلى أدنى حد من استهلاك المياه. ويتم تكييف الإنتاج مع احتياجات العملاء.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

جميع المشغلين في نهاية سلسلة الإمدادات الغذائية، بما يشمل تجار التجزئة والمتاجر الكبرى والمطاعم والمستهلكين وأحيانًا الحكومات، الذين يرغبون في إنتاج الخضار الورقية الطازجة لبيعها أو للاستهلاك الخاص.

نموذج الأعمال والاستدامة المالية

لا يزال هذا الحل في المرحلة المبكرة ولكنه سرعان ما سيصبح متاحًا تجاريًا. ويدعمه أيضًا متعاونون دوليون (على سبيل المثال، معهد فراونهوفر في ألمانيا). وتُزمع الشركة بيع مزارع نمطية في بيئة يتم التحكم فيها، مع كل ما يحتاج إليه نمو المحاصيل تبعًا لنوع الخضار وكمياتها التي يحتاج إليها كل عميل.

الدوافع

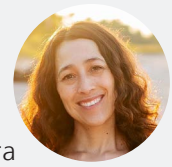
تزايد الطلب على المنتجات الطازجة، وخاصة في المناطق النائية التي تكون فيها الزراعة غير مجدية بسبب الظروف المناخية. وتستجيب هذه التكنولوجيا للطلب المتزايد على المنتجات الطازجة المستدامة بيئيًا والعالية الجودة والمأمونة. وسيكون للأخذ المتزايد بشبكات الجيل الخامس دور تيسيري في ظل الحاجة إلى مستوى جيد من الاتصال الإلكتروني.

الحواجز

الشكوك بين بعض المنتجين الزراعيين والمستهلكين بشأن الزراعة التي يتم التحكم فيها. وهناك أيضًا عدم الوعي بتغيُّر المناخ والمسائل البيئية الأخرى، ما يحد من القيمة المضافة التي تحققها الخدمة.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

ارتفاع مستوى المعايير البيئية في الزراعة يدفع إلى الأخذ بالتكنولوجيا؛ غير أن اللوائح غير الواضحة بشأن استخدام المواد الكيميائية الزراعية تُمكِّن المنافسين من إنتاج الأغذية – على الرغم من أنها أقل جودة – بأسعار أقل.



أسماء من أُجريت معهم المقابلات
Eduardo Vásquez وMaricruz Larrera

ZLTO

سنة الإنشاء
2013

العدد الحالي للمستخدمين
13 000

تعمل في
هولندا

القطاعات المستهدفة
البستنة، والثروة الحيوانية (بما في ذلك منتجات الألبان)، والمحاصيل الحقلية

الخدمات المقدمة

المساعدة التقنية والخدمات الاستشارية في مجال رقمنة البيانات وإدارتها وبالتعاون مع وكالة المشاريع الهولندية، تربط منظمة المزارعين التابعة لمنظمة الزراعة والبستنة الجنوبية المزارعين بالموردين وتدعم عمليات الابتكار للمزارعين، وتنصبّ أنشطتها الأساسية على الزراعة الدقيقة والإنتاج الحيواني.

العملاء والمستخدمون المستهدفون

أعضاء المنظمة. وتستهدف الأنشطة الرئيسية قطاع البستنة، وتربية الخنازير، وإنتاج الألبان، وإنتاج المحاصيل الحقلية.

نموذج الأعمال والاستدامة المالية

لا ينطبق بصورة مباشرة على منظمة المزارعين التابعة لمنظمة الزراعة والبستنة الجنوبية، لأن المنظمة ليست جهة لتوفير الحلول.

الدوافع

الإلمام بتكنولوجيا المعلومات والاتصالات واهتمام المزارعين الشباب بها. ويُشكل توافر اليد العاملة دافعًا آخر، ذلك أن هناك نقصًا في اليد العاملة غير الماهرة يدفع إلى الأخذ بالروبوتات والأتمتة، ووفرة اليد العاملة الماهرة التي لديها الرغبة والقدرة على العمل مع التكنولوجيات الرقمية.

الحواجز

فوائد الاستثمار في الآلات والتكنولوجيات الرقمية ليست مفهومة تمامًا بين المزارعين. وهناك عدم يقين بشأن العائد النقدي على الاستثمار في المعدات الجديدة والتدريب لتعلم كيفية تشغيلها.

السياسة كحاجز أو كعامل تمكيني

لا توجد حواجز مرتبطة بالسياسات تحول دون الأخذ بالتكنولوجيا. ومن حيث الدوافع، تدير منظمة المزارعين التابعة لمنظمة الزراعة والبستنة الجنوبية مشاريع للنشر تشمل الزراعة الدقيقة والأتمتة والروبوتات. ويُشجع الاتحاد الأوروبي أيضًا سياسة لتبادل البيانات الزراعية ويبحث في إتاحتها كمنفعة عامة.

اسماي من أُجريت معهما المقابلات
Peter Paree (منظمة المزارعين التابعة لمنظمة الزراعة والبستنة الجنوبية ZLTO) وFolkwin Polemen (وكالة المشاريع الهولندية RVO)

الملحق 2
الجداول الإحصائية

الجدول ألف 2-1 استخدام الجرارات لكل 1 000 هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة في آخر سنة متاحة

البلد/الإقليم	السنة	الجرارات (بالوحدات)	الأراضي الصالحة للزراعة بآلاف الهكتارات	الجرارات لكل 1 000 هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة
العالم				
أفريقيا				
أفريقيا الشمالية				
الجزائر	2008	104 529	7 489	14.0
جمهورية مصر العربية*	2009	110 304	2 884	38.2
ليبيا	2000	39 733	1 815	21.9
المغرب	1999	43 226	8 818	4.9
تونس*	2008	42 783	2 835	15.1
الصحراء الغربية	1975	11	2	5.5
أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى				
أفريقيا الشرقية				
بوروندي	1992	170	930	0.2
جيبوتي	2006	6	1	4.6
إريتريا	2000	463	560	0.8
كينيا	2002	12 844	5 091	2.5
مدغشقر	2004	550	2 950	0.2
ملاوي	1968	692	1 800	0.4
موريشيوس	1968	283	100	2.8
مايوت	2003	14	7	1.9
موزمبيق	1970	4 193	2 785	1.5
رواندا	2002	56	1 116	0.1
ريونيون	2005	2 941	35	84.0
سيشيل	1974	30	1	30.0
الصومال	2006	1 371	1 140	1.2
أوغندا	1977	2 076	4 023	0.5
جمهورية تنزانيا المتحدة	2002	21 207	8 600	2.5
زامبيا	1987	5 628	2 568	2.2
زمبابوي	1997	22 496	3 500	6.4
أفريقيا الوسطى				
أنغولا	1971	8 108	2 900	2.8
الكاميرون	1991	508	5 950	0.1
جمهورية أفريقيا الوسطى	1969	56	1 760	0.0
تشاد	1965	27	2 897	0.0
الكونغو	1974	647	526	1.2
جمهورية الكونغو الديمقراطية	1971	1 062	6 470	0.2

الجدول ألف 2-1 (تابع)

البلد/الإقليم	السنة	الجرارات (بالوحدات)	الأراضي الصالحة للزراعة بآلاف الهكتارات	الجرارات لكل 1 000 هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة
سان تومي وبرينسيبي	1971	117	1	117.0
أفريقيا الجنوبية				
بوتسوانا	2008	3 371	279	12.1
إسواتيني	2007	1 550	178	8.7
ليسوتو	1995	2 000	320	6.3
جنوب أفريقيا	2004	63 200	13 300	4.8
أفريقيا الغربية				
أسنسيون وسانت هيلانة وتريستان دا كونا	1996	12	4	3.0
بنن	1998	182	2 250	0.1
بوركينا فاسو	1995	1 933	3 380	0.6
كابو فيردي	2004	56	48	1.2
كوت ديفوار	2001	8 981	2 800	3.2
غامبيا*	2009	100	428	0.2
غانا	2005	1 807	4 076	0.4
غينيا	2000	5 388	2 149	2.5
غينيا بيساو	1996	19	270	0.1
مالي	2007	1 300	5 808	0.2
موريتانيا	2006	390	400	1.0
النيجر*	2006	375	14 137	0.0
نيجيريا	2007	24 800	37 000	0.7
السنغال	2004	645	2 987	0.2
سيراليون	1997	81	484	0.2
توغو*	2008	159	2 340	0.1
أمريكا				
أمريكا اللاتينية والبحر الكاريبي				
البحر الكاريبي				
أنتيغوا وبربودا	1976	228	3	76.0
جزر البهاما	1996	98	6	16.3
بربادوس	1989	577	16	36.1
جزر فيرجين البريطانية	1987	3	3	1.0
كوبا	2007	72 602	3 573	20.3
دومينيكا	1968	54	7	7.7
الجمهورية الدومينيكية*	2009	51	800	0.1
غرينادا	1999	12	1	12.0
غوادلوب	2005	853	19	44.9
هايتي	1998	146	900	0.2
جامايكا	1970	1 745	145	12.0
مارتينيك	2005	873	10	87.3
مونتسيرات	1987	12	2	6.0

الجدول ألف 2-1 (تابع)

البلد/الإقليم	السنة	الجرارات (بالوحدات)	الأراضي الصالحة للزراعة بآلاف الهكتارات	الجرارات لكل 1 000 هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة
بورتوريكو	2007	3 255	37	88.2
سانت كيتس ونيفيس*	2009	26	4	6.5
سانت لوسيا	2007	14	2	5.8
سانت فنسنت وجزر غرينادين	2003	112	2	56.0
ترينداد وتوباغو	2004	5 129	26	197.3
جزر فيرجن التابعة للولايات المتحدة	2007	119	1	119.0
أمريكا الوسطى				
بليز	1985	940	43	21.9
كوستاريكا	1973	5 432	283	19.2
السلفادور	1971	2 642	488	5.4
غواتيمالا	1970	3 150	1 100	2.9
هندوراس	2000	5 200	1 068	4.9
المكسيك	2007	238 830	23 519	10.2
نيكاراغوا	1997	2 700	1 750	1.5
بنما	2000	8 066	548	14.7
أمريكا الجنوبية				
الأرجنتين	2002	244 320	27 862	8.8
دولة بوليفيا (المتعددة القوميات)	2000	6 000	3 144	1.9
البرازيل	2006	788 053	48 914	16.1
شيلي	2007	53 915	1 262	42.7
كولومبيا	1997	21 000	2 539	8.3
إكوادور	2000	14 652	1 616	9.1
غيانا الفرنسية	2005	317	12	26.4
غيانا	1977	3 401	422	8.1
باراغواي	2008	25 823	3 757	6.9
بيرو	1995	13 191	3 740	3.5
سورينام*	2009	1 037	58	17.9
أوروغواي	2008	36 465	1 826	20.0
جمهورية فنزويلا البوليفارية	1977	33 888	2 964	11.4
أمريكا الشمالية				
برمودا	1998	45	0	112.5
كندا	2006	733 182	39 283	18.7
الولايات المتحدة الأمريكية	2007	4 389 812	161 780	27.1
آسيا				
آسيا الوسطى				
كازاخستان	2007	40 228	28 641	1.4
قيرغيزستان	2008	24 445	1 280	19.1
طاجيكستان	2008	15 951	741	21.5
تركمانستان	1993	52 304	1 586	33.0

الجدول ألف 2-1 (تابع)

البلد/الإقليم	السنة	الجرارات (بالوحدات)	الأراضي الصالحة للزراعة بآلاف الهكتارات	الجرارات لكل 1 000 هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة
آسيا الشرقية				
الصين*	2000	13 688 736	119 666	114.4
الصين - هونغ كونغ منطقة إدارية خاصة*	1996	4	6	0.7
الصين (القاريّة)*	2009	21 024 788	121 385	173.2
جمهورية كوريا الشعبية الديمقراطية	1984	67 500	2 285	29.5
اليابان	2005	1 910 724	4 360	438.2
منغوليا	2008	3 232	1 197	2.7
جمهورية كوريا	2008	253 531	1 565	162.0
منطقة تايوان الصينية	2009	47 004	595	79.0
جنوب شرقي آسيا				
بروني دار السلام	1983	72	3	24.0
كمبوديا	2008	4 611	3 700	1.2
إندونيسيا	2002	4 097	20 081	0.2
جمهورية لاو الديمقراطية الشعبية	1981	664	780	0.9
ماليزيا	1995	43 295	901	48.1
ميانمار*	2009	160 506	10 794	14.9
الفلبين*	2002	1 528 053	4 935	309.6
تايلند	2002	697 956	15 389	45.4
تيمور ليشتي	1997	90	127	0.7
فييت نام	2000	162 746	6 200	26.2
آسيا الجنوبية				
أفغانستان	2009	223	7 793	0.0
بنغلاديش	2006	3 000	7 880	0.4
بوتان	2008	136	100	1.4
الهند*	2003	2 812 200	159 799	17.6
جمهورية إيران الإسلامية	2007	308 422	16 869	18.3
نيبال*	2008	37 872	2 220	17.1
باكستان	2006	439 741	30 320	14.5
سري لانكا	1982	13 976	857	16.3
آسيا الغربية				
أرمينيا*	2009	14 777	449	32.9
أذربيجان	2009	21 542	1 874	11.5
البحرين*	2007	21	1	15.0
قبرص	2003	11 717	112	104.6
جورجيا*	2007	40 100	463	86.6
العراق	2001	72 775	4 300	16.9
إسرائيل*	2009	21 591	304	71.0
الأردن	2008	5 483	150	36.7
الكويت	2008	109	11	9.6

الجدول ألف 2-1 (تابع)

البلد/الإقليم	السنة	الجرارات (بالوحدات)	الأراضي الصالحة للزراعة بآلاف الهكتارات	الجرارات لكل 1 000 هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة
لبنان	1999	8 256	129	64.0
عمان	2004	201	29	6.9
فلسطين	2008	7 756	83	93.4
قطر	2005	73	12	6.3
المملكة العربية السعودية	1998	9 792	3 637	2.7
الجمهورية العربية السورية	2008	109 890	4 699	23.4
تركيا*	2008	1 070 746	21 555	49.7
الإمارات العربية المتحدة	2000	380	60	6.3
اليمن	2000	6 340	1 545	4.1
أوروبا				
أوروبا الشرقية				
بيلاروس	2009	48 100	5 544	8.7
بلغاريا	2008	53 100	3 088	17.2
تشيكيا	2007	83 813	2 626	31.9
هنغاريا*	2005	128 250	4 601	27.9
بولندا	2009	1 577 290	12 066	130.7
جمهورية مولدوفا*	2009	35 984	1 817	19.8
رومانيا	2009	176 841	8 789	20.1
الاتحاد الروسي	2009	329 980	121 649	2.7
سلوفاكيا	2008	21 372	1 382	15.5
أوكرانيا*	2009	369 131	32 478	11.4
أوروبا الشمالية				
الدانمرك	2005	113 402	2 332	48.6
إستونيا	2006	33 744	559	60.4
فنلندا	2005	175 232	2 237	78.4
آيسلندا	2009	11 432	124	92.2
أيرلندا	2005	174 800	1 184	147.6
لاتفيا	2007	59 562	1 188	50.1
ليتوانيا*	2009	118 041	2 054	57.5
النرويج	2005	132 673	862	153.9
السويد	2005	159 590	2 687	59.4
المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية	1989	509 780	6 702	76.1
أوروبا الجنوبية				
ألبانيا*	2009	7 883	609	12.9
أندورا	2009	353	1	458.4
البوسنة والهرسك	1996	29 000	900	32.2
كرواتيا	2002	4 242	858	4.9
اليونان	2006	259 613	2 584	100.5

الجدول ألف 2-1 (تتمة)

البلد/الإقليم	السنة	الجرارات (بالوحدات)	الأراضي الصالحة للزراعة بآلاف الهكتارات	الجرارات لكل 1 000 هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة
إيطاليا	2002	1 754 401	8 287	211.7
مالطة*	2002	2 012	9	223.6
مقدونيا الشمالية	2007	53 606	431	124.4
البرتغال	2005	176 394	1 305	135.1
صربيا	2008	5 844	2 661	2.2
سلوفينيا*	2005	108 461	176	616.3
إسبانيا*	2009	1 320 599	12 497	105.7
أوروبا الغربية				
النمسا*	2005	432 177	1 381	313.0
بلجيكا	2005	95 010	843	112.7
فرنسا	2005	1 176 425	18 378	64.0
ألمانيا*	2009	681 200	11 945	57.0
ليختنشتاين	1990	446	4	111.5
لكسمبرغ*	2009	6 527	62	105.7
هولندا	2005	144 600	1 111	130.2
سويسرا*	2009	163 600	406	403.0
أوسيانيا				
أستراليا ونيوزيلندا				
أستراليا	1974	332 560	14 778	22.5
نيوزيلندا	1986	81 441	2 585	31.5
ميلانيزيا				
فيجي	2008	5 983	169	35.4
كاليدونيا الجديدة	2002	1 941	7	285.4
بابوا غينيا الجديدة	1997	1 160	197	5.9
جزر سليمان	1990	8	11	0.7
فانواتو	1971	35	15	2.3
ميكرونيزيا				
غوام*	2007	84	1	84.0
كريباس	1975	14	2	7.0
جزر ماريانا الشمالية	2007	99	0	396.0
بولينيزيا				
ساموا الأمريكية	2003	36	4	9.3
جزر كوك	1998	165	2	82.5
بولينيزيا الفرنسية	1995	273	3	91.0
نيوي	1984	10	1	10.0
ساموا	2002	94	13	7.2
تونغا	2004	243	15	16.2

ملاحظة: تشير البيانات التي تم جمعها إلى ثلاثة أنوع من الجرارات (بعجلات والزاحفة والمجنزرة)؛ وأُدرج نوع رابع من الجرارات (جرارات المشاة) اعتبارًا من عام 2000 بالنسبة إلى البلدان التي وضعت علامة (*) إلى جانبها.

المراجع

مسرد المصطلحات

Klerkx, L., Jakku, E. & Labarthe, P. 2019. A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91: 100315. https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315

Schroeder, K., Lampietti, J. & Elabed, G. 2021. *What's cooking: Digital transformation of the agrifood system*. Washington, DC, World Bank. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35216

Birner, R., Daum, T. & Pray, C. 2021. Who drives the digital revolution in agriculture? A review of supply-side trends, players and challenges. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 43(4): 1260–1285. https://doi.org/10.1002/aepp.13145

Santos Valle, S. & Kienzle, J. 2020. *Agriculture 4.0 – Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production*. Integrated Crop Management No. 24. Rome, FAO. www.fao.org/3/cb2186en/CB2186EN.pdf

FAO. 2016. *Sustainable agricultural mechanization*. صحيفة الوقائع. روما. www.fao.org/3/i6167e/i6167e.pdf

FAO & AUC (African Union Commission). 2018. *Sustainable agricultural mechanization: A framework for Africa*. Addis Ababa. www.fao.org/3/CA1136EN/ca1136en.pdf

منظمة الأغذية والزراعة. 2021. *حالة الأغذية والزراعة 2021. زيادة قدرة النظم الزراعية والغذائية على الصمود أمام الصدمات وحالات الإجهاد*. **روما.** https://doi.org/10.4060/cb4476ar

Lowenberg-DeBoer, J. 2022. *Economics of adoption for digital automated technologies in agriculture*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Working Paper 22-10. Rome, FAO.

Ceccarelli, T., Chauhan, A., Rambaldi, G., Kumar, I., Cappello, C., Janssen, S. & McCampbell, M. 2022. *Leveraging automation and digitalization for precision agriculture: Evidence from the case studies*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 24. Rome, FAO.

FAO. 2017. *Conservation agriculture*. صحيفة الوقائع. روما. www.fao.org/3/i7480en/I7480EN.pdf

ISPA (International Society of Precision Agriculture). 2021. Precision Ag Definition. في: *ISPA*. Monticello, IL, USA. ورد ذكره في 20 ديسمبر/كانون الأوّل 2021. www.ispag.org/about/definition

Lowenberg-DeBoer, J., Huang, I.Y., Grigoriadis, V. & Blackmore, S. 2020. Economics of robots and automation in field crop production. *Precision Agriculture*, 21(2): 278–299. https://doi.org/10.1007/s11119-019-09667-5

Rose, D. 2022. *Agricultural automation: the past, present and future of adoption. The State of Food and Agriculture 2022, background paper*. Internal document.

McCampbell, M. 2022. *Agricultural digitalization and automation in low- and middle-income countries: Evidence from ten case studies*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 25. Rome, FAO.

الفصل الأوّل

ISPA. 2021. Precision Ag Definition. في: *ISPA*. Monticello, IL, USA. ورد ذكره في 20 ديسمبر/كانون الأوّل 2021. www.ispag.org/about/definition

Mazoyer, M. & Roudart, L. 2006. *A history of world agriculture: From the Neolithic Age to the current crisis*. New York, NYU Press.

Pingali, P. 2007. Chapter 54 Agricultural mechanization: Adoption patterns and economic impact. في: R. Evenson & P. Pingali, eds. *Handbook of agricultural economics*, pp. 2779–2805. Amsterdam, Elsevier. https://doi.org/10.1016/S1574-0072(06)03054-4

Hurt, R.D. 1982. *American farm tools: From hand power to steam power*. Sunflower University Press. Manhattan, KS, USA.

Daum, T., Huffman, W. & Birner, R. 2018. *How to create conducive institutions to enable agricultural mechanization: A comparative historical study from the United States and Germany*. Economics Working Paper. Ames, USA, Department of Economics, Iowa State University. https://lib.dr.iastate.edu/econ_workingpapers/47

Johnson, D.G. 2000. Population, food, and knowledge. *The American Economic Review*, 90(1): 1–14. www.jstor.org/stable/117278

Michaels, G., Rauch, F. & Redding, S.J. 2012. Urbanization and structural transformation. *The Quarterly Journal of Economics*, 127(2): 535–586. www.jstor.org/stable/23251993

8 **Gollin, D., Parente, S. & Rogerson, R.** 2002. The role of agriculture in development. *The American Economic Review*, 92(2): 160–164. www.jstor.org/stable/3083394

9 **Lewis, W.A.** 1954. Economic development with unlimited supplies of labour. *The Manchester School*, 22(2): 139–191. https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.1954.tb00021.x

10 **USDA Economic Research Service**. 2021. Agriculture and its related industries provide 10.3 percent of U.S. employment. في: *USDA*. واشنطن العاصمة. ورد ذكره في 22 أبريل/نيسان 2022. www.ers.usda.gov/data-products/chart-gallery/gallery/chart-detail/?chartId=58282

11 **Lowenberg-DeBoer, J. & Erickson, B.** 2019. Setting the record straight on precision agriculture adoption. *Agronomy Journal*, 111(4): 1552–1569. https://doi.org/10.2134/agronj2018.12.0779

12 **Kumar, P., Lorek, T., Olsson, T.C., Sackley, N., Schmalzer, S. & Laveaga, G.S.** 2017. Roundtable: New Narratives of the Green Revolution. *Agricultural History*, 91(3): 397–422. https://www.academia.edu/36689104/Roundtable_New_Narratives_of_the_Green_Revolution_Agricultural_History_91_3_Summer_2017_pp_397_422

13 **Shiva, V.** 1991. *The violence of the green revolution: Third World agriculture, ecology and politics*. London, Zed Books.

14 **FAO**. 2016. *Sustainable agricultural mechanization*. صحيفة الوقائع. روما. www.fao.org/3/i6167e/i6167e.pdf

15 **Santos Valle, S. & Kienzle, J.** 2020. *Agriculture 4.0 – Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production*. Integrated Crop Management No. 24. Rome, FAO. www.fao.org/3/cb2186en/CB2186EN.pdf

16 **Gan, H. & Lee, W.S.** 2018. Development of a navigation system for a smart farm. *IFAC-PapersOnLine*, 51(17): 1–4. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.051

17 **Lowenberg-DeBoer, J., Yuelu Huang, I., Grigoriadis, V. & Blackmore, S.** 2020. Economics of robots and automation in field crop production. *Precision Agriculture*, 21(2): 278–299. https://doi.org/10.1007/s11119-019-09667-5

18 **Trendov, N.M., Varas, S. & Zeng, M.** 2019. *Digital technologies in agriculture and rural areas – Status report*. Rome, FAO. www.fao.org/3/ca4985en/CA4985EN.pdf

19- **منظمة الأغذية والزراعة.** 2022. قاعدة البيانات الإحصائية الموضوعية في المنظمة: مؤشرات التوظيف: الزراعة. في: *منظمة الأغذية والزراعة* روما. ورد ذكره في 6 فبراير/شباط 2022. www.fao.org/faostat/ar/#data/OEA

20 **Charlton, D., Hill, A.E. & Taylor, E.J.** 2022. *Automation and social impacts: winners and losers*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Working Paper 22-09. Rome, FAO.

21 **Silva, J.V., Baudron, F., Reidsma, P. & Giller, K.E.** 2019. Is labour a major determinant of yield gaps in sub-Saharan Africa? A study of cereal-based production systems in Southern Ethiopia. *Agricultural Systems*, 174: 39–51. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.04.009

22 **Baudron, F., Misiko, M., Getnet, B., Nazare, R., Sariah, J. & Kaumbutho, P.** 2019. A farm-level assessment of labor and mechanization in Eastern and Southern Africa. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(2): 17. https://doi.org/10.1007/s13593-019-0563-5

23 **Diao, X., Cossar, F., Houssou, N. & Kolavalli, S.** 2014. Mechanization in Ghana: Emerging demand, and the search for alternative supply models. *Food Policy*, 48: 168–181. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.05.013

24 **Fuglie, K., Gautam, M., Goyal, A. & Maloney, W.F.** 2019. *Harvesting prosperity: Technology and productivity growth in agriculture*. Washington, DC, World Bank. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/32350

25 **Lowder, S.K., Sánchez, M.V. & Bertini, R.** 2019. *Farms, family farms, farmland distribution and farm labour: What do we know today?* FAO Agricultural Development Economics Working Paper No. 19-08. Rome, FAO. www.fao.org/3/ca7036en/ca7036en.pdf

26 **Takeshima, H. & Vos, R.** 2022. *Agricultural mechanisation and child labour in developing countries*. Background Study. Rome, FAO. www.fao.org/3/cb8550en/cb8550en.pdf

27 **Johnston, D., Stevano, S., Malapit, H.J., Hull, E. & Kadiyala, S.** 2018. Review: Time use as an explanation for the agri-nutrition disconnect: Evidence from rural areas in low and middle-income countries. *Food Policy*, 76: 8–18. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.12.011

28 **Daum, T. & Birner, R.** 2021. The forgotten agriculture-nutrition link: farm technologies and human energy requirements. *Food Security*. https://doi.org/10.1007/s12571-021-01240-1

29 **Ogwuike, P., Rodenburg, J., Diagne, A., Agboh-Noameshie, A.R. & Amovin-Assagba, E.** 2014. Weed management in upland rice in sub-Saharan Africa: impact on labor and crop productivity. *Food Security*, 6(3): 327–337. https://doi.org/10.1007/s12571-014-0351-7

المراجع

Castro, Á., Pereira, J.M., Amiama, C. & Bueno, J. 2015. Typologies of dairy farms with automatic milking system in northwest Spain and farmers' satisfaction. *Italian Journal of Animal Science*, 14(2): 3559. https://doi.org/10.4081/ijas.2015.3559

Hansen, B.G. & Stræte, E.P. 2020. Dairy farmers' job satisfaction and the influence of automatic milking systems. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 92(1): 1–13. https://doi.org/10.1016/j.njas.2020.100328

Taylor, J.E. & Charlton, D. 2018. *The farm labor problem: A global perspective.* Amsterdam, Elsevier Academic Press.

Daum, T. & Kirui, O. 2021. Mechanization along the value chain. في: J. von Braun, A. Admassie, S. Hendriks, G. Tadesse & H. Baumüller, eds. *From potentials to reality: Transforming Africa's food production.* Peter Lang, Bern.

Maucorps, A., Münch, A., Brkanovic, S., Schuh, B., Dwyer, J., Vigani, M., Khafagy, A. *et al.* 2019. *Research for AGRI committee - The EU farming employment: current challenges and future prospects.* Study and Annex في: *Think Tank – European Parliament*. ورد ذكره في 17 فبراير/شباط 2022. www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOL_STU(2019)629209

National Farmers' Union. 2019. *The future of food 2040.* Stoneleigh, UK. www.nfuonline.com/archive?treeid=116020

Charlton, D., Taylor, J.E., Vougioukas, S. & Rutledge, Z. 2019. Can wages rise quickly enough to keep workers in the fields? *Choices*, 34(2): 1–7. www.choicesmagazine.org/choices-magazine/submitted-articles/can-wages-rise-quickly-enough-to-keep-workers-in-the-fields

Ali, I., Nagalingam, S. & Gurd, B. 2017. Building resilience in SMEs of perishable product supply chains: enablers, barriers and risks. *Production Planning & Control*, 28(15): 1236–1250. https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1362487

Bourlakis, M., Maglaras, G., Aktas, E., Gallear, D. & Fotopoulos, C. 2014. Firm size and sustainable performance in food supply chains: Insights from Greek SMEs. *International Journal of Production Economics*, 152: 112–130. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.12.029

Jones, K.E., Patel, N.G., Levy, M.A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J.L. & Daszak, P. 2008. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, 451: 990–993. https://doi.org/10.1038/nature06536

CSAM (Centre for Sustainable Agricultural Mechanization) & ESCAP (Economic and Social Commission for Asia and the Pacific). 2020. *Mechanization solutions for improved livestock management and prevention & control of zoonotic diseases.* Beijing. www.un-csam.org/sites/default/files/2021-01/ENG.pdf

Ali, I. & Aboelmaged, M.G.S. 2021. Implementation of supply chain 4.0 in the food and beverage industry: perceived drivers and barriers. *International Journal of Productivity and Performance Management*.

Daum, T. 2021. Farm robots: ecological utopia or dystopia? *Trends in Ecology & Evolution*, 36(9): 774–777. https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.06.002

Streed, A., Tomlinson, B., Kantar, M. & Raghavan, B. 2021. How sustainable is the smart farm? Paper presented at LIMITS 2021, 14–15 June 2021. https://computingwithinlimits.org/2021/papers/limits21-streed.pdf

Schillings, J., Bennett, R. & Rose, D.C. 2021. Exploring the potential of precision livestock farming technologies to help address farm animal welfare. *Frontiers in Animal Science*, 2: 639678. https://doi.org/10.3389/fanim.2021.639678

Berckmans, D. 2014. Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. *Scientific and Technical Review – OIE*, 33(1): 189–196.

Werkheiser, I. 2018. Precision livestock farming and farmers' duties to livestock. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 31: 181–195. https://doi.org/10.1007/s10806-018-9720-0

Bos, J.M., Bovenkerk, B., Feindt, P.H. & van Dam, Y.K. 2018. The quantified animal: Precision livestock farming and the ethical implications of objectification. *Food Ethics*, 2(1): 77–92. https://doi.org/10.1007/s41055-018-00029-x

Miles, C. 2019. The combine will tell the truth: On precision agriculture and algorithmic rationality. *Big Data & Society*, 6(1): 2053951719849444.

Duncan, E., Glaros, A., Ross, D.Z. & Nost, E. 2021. New but for whom? Discourses of innovation in precision agriculture. *Agriculture and Human Values*, 38: 1181–1199. https://doi.org/10.1007/s10460-021-10244-8

Wiseman, L., Sanderson, J., Zhang, A. & Jakku, E. 2019. Farmers and their data: An examination of farmers' reluctance to share their data through the lens of the laws impacting smart farming. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91: 100301. https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.04.007

Fielke, S.J., Botha, N., Reid, J., Gray, D., Blackett, P., Park, N. & Williams, T. 2018. Lessons for co-innovation in agricultural innovation systems: a multiple case study analysis and a conceptual model. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 24(1): 9–27. https://doi.org/10.1080/1389224X.2017.1394885 61

McCampbell, M. 2022. *Agricultural digitalization and automation in low- and middle-income countries: Evidence from ten case studies.* Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022.* FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 25. Rome, FAO. 62

Ceccarelli, T., Chauhan, A., Rambaldi, G., Kumar, I., Cappello, C., Janssen, S. & McCampbell, M. 2022. *Leveraging automation and digitalization for precision agriculture: Evidence from the case studies.* Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022.* FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 24. Rome, FAO. 63

Daum, T. 2022. *Agricultural mechanization and sustainable agrifood system transformation in the Global South.* Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022.* FAO Agricultural Development Economics Working Paper 22-11. Rome, FAO. 64

Lowenberg-DeBoer, J. 2022. *Economics of adoption for digital automated technologies in agriculture.* Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022.* FAO Agricultural Development Economics Working Paper 22-10. Rome, FAO. 65

Rose, D. 2022. *Agricultural automation: the past, present and future of adoption. The State of Food and Agriculture 2022, background paper.* وثيقة داخلية. 66

الفصل الثاني

McCampbell, M. 2022. *Agricultural digitalization and automation in low- and middle-income countries: Evidence from ten case studies.* Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022.* FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 25. Rome, FAO. 1

Ceccarelli, T., Chauhan, A., Rambaldi, G., Kumar, I., Cappello, C., Janssen, S. & McCampbell, M. 2022. *Leveraging automation and digitalization for precision agriculture: Evidence from the case studies.* Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022.* FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 24. Rome, FAO. 2

White, W.J. 2001. An unsung hero: the farm tractor's contribution to twentieth-century United States economic growth. *The Journal of Economic History*, 61(2): 493–496. https://EconPapers.repec.org/RePEc:cup:jechis:v:61:y:2001:i:02:p:493-496_23 3

Murray, U., Gebremedhin, Z., Brychkova, G. & Spillane, C. 2016. Smallholder farmers and climate smart agriculture: Technology and labor-productivity constraints amongst women smallholders in Malawi. *Gender, Technology and Development*, 20(2): 117–148. https://doi.org/10.1177/0971852416640639 51

UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development). 2020. *Teaching Material on Trade and Gender Linkages: The Gender Impact of Technological Upgrading in Agriculture*. New York, United Nations. https://unctad.org/system/files/official-document/ditc2020d1.pdf 52

FAO. 2019. *Youth employment: Youth agri-food policy assistance*. Rome. www.fao.org/3/ca3854en/ca3854en.pdf 53

Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, P. & Dewhurst, M. 2017. *A future that works: automation, employment, and productivity*. New York, McKinsey Global Institute. www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/featured%20insights/Digital%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/MGI-A-future-that-works-Executive-summary.ashx 54

Autor, D.H. 2015. Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3): 3–30. www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.29.3.3 55

ILO (International Labour Organization). 2022. *Agriculture; plantations; other rural sectors*. في: *ILO. منظمة العمل الدولية*. جينيف. ورد ذكره في 14 فبراير/شباط 2022. www.ilo.org/global/industries-and-sectors/agriculture-plantations-other-rural-sectors/lang--en/index.htm 56

Christiaensen, L., Rutledge, Z. & Taylor, J.E. 2021. Viewpoint: The future of work in agri-food. *Food Policy*, 99: 101963. 57

Daum, T. & Birner, R. 2020. Agricultural mechanization in Africa: Myths, realities and an emerging research agenda. *Global Food Security*, 26: 100393. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100393 58

FAO & AUC. 2018. *Sustainable agricultural mechanization: A framework for Africa*. Addis Ababa. www.fao.org/3/CA1136EN/ca1136en.pdf 59

Clarke, C. 2017. Farmers in Myanmar are using 3D printing to improve farming production. في: *3D Printing Industry*. ورد ذكره في 24 يوليو/تموز 2022. https://3dprintingindustry.com/?s=myanmar 60

المراجع

Binswanger, H. 1986. Agricultural mechanization: a comparative historical perspective. *The World Bank Research Observer*, 1(1): 27–56. https://doi.org/10.1093/wbro/1.1.27

Mrema, G., Soni, P. & Rolle, R.S. 2015. A Regional Strategy for Sustainable Agricultural Mechanization. Sustainable Mechanization across Agri-Food Chains in Asia and the Pacific region. RAP Publication No. 2014/24. Rome FAO. www.fao.org/documents/card/en/c/78c1b49f-b5c2-43b5-abdf-e63bb6955f4f

Diao, X., Takeshima, H. & Zhang, X. 2020. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* Washington, DC, IFPRI (International Food Policy Research Institute). https://ebrary.ifpri.org/digital/collection/p15738coll2/id/134095

Daum, T. & Birner, R. 2020. Agricultural mechanization in Africa: Myths, realities and an emerging research agenda. *Global Food Security*, 26: 100393. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100393

Kirui, O. 2019. *The agricultural mechanization in Africa: Micro-level analysis of state drivers and effects.* ZEF-Discussion Papers on Development Policy No. 272. University of Bonn. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3368103

FAO. 2021. FAOSTAT: Discontinued archives and data series: Machinery. في: *منظمة الأغذية والزراعة*. روما. ورد ذكره في 1 ديسمبر/كانون الأوّل 2021.. www.fao.org/faostat/ar/#data/RM

ECLAC (Economic Commission for Latin America and the Caribbean), FAO & IICA (Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture). 2017. *The outlook for agriculture and rural development in the Americas: A perspective on Latin America and the Caribbean 2017-2018.* San Jose, Costa Rica, IICA. www.fao.org/3/i8048en/I8048EN.pdf

Elverdin, P., Piñeiro, V. & Robles, M. 2018. *Agricultural mechanization in Latin America.* IFPRI-Discussion Papers No. 1740. Washington, DC, IFPRI.

Cramb, R. & Thepent, V. 2020. Evolution of agricultural mechanization in Thailand. في: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 165–201. Washington, DC, IFPRI. https://ebrary.ifpri.org/utils/getfile/collection/p15738coll2/id/134091/filename/134311.pdf

Justice, S. & Biggs, S. 2020. The spread of smaller engines and markets in machinery services in rural areas of South Asia. *Journal of Rural Studies*, 73: 10–20. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.11.013

Belton, B., Win, M.T., Zhang, X. & Filipski, M. 2021. The rapid rise of agricultural mechanization in Myanmar. *Food Policy*, 101: 102095. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2021.102095

FAO & AUC. 2018. *Sustainable agricultural mechanization: A framework for Africa.* Addis Ababa. www.fao.org/3/CA1136EN/ca1136en.pdf

Pingali, P. 2007. Chapter 54 Agricultural mechanization: Adoption patterns and economic impact. في: R. Evenson & P. Pingali, eds. *Handbook of agricultural economics*, pp. 2779–2805. Amsterdam, Elsevier. https://doi.org/10.1016/S1574-0072(06)03054-4

World Bank. 2022. Living Standards Measurement Study - Integrated Surveys on Agriculture (LSMS-ISA). في: البنك الدولي. واشنطن، العاصمة. ورد ذكره في 5 يناير/كانون الثاني 2022. https://www.worldbank.org/en/programs/lsms/initiatives/lsms-ISA

Abeyratne, F. & Takeshima, H. 2020. The evolution of agricultural mechanization in Sri Lanka. في: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 139–163. Washington, DC, IFPRI. https://doi.org/10.2499/9780896293809_04

Ahmed, M. & Takeshima, H. 2020. Evolution of agricultural mechanization in Bangladesh: The case of tractors for land preparation. في: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 235–261. Washington, DC, IFPRI. https://doi.org/10.2499/9780896293809_07

Win, M.T., Belton, B. & Zhang, X. 2020. Myanmar's rapid agricultural mechanization: Demand and supply evidence. في: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 263–284. Washington, DC, IFPRI. https://doi.org/10.2499/9780896293809_08

Bhattarai, M., Singh, G., Takeshima, H. & Shekhawat, R.S. 2020. Farm machinery use and the agricultural machinery industries in India. في: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 97–138. Washington, DC, IFPRI. https://ebrary.ifpri.org/digital/collection/p15738coll2/id/134090

Antle, J.M. & Ray, S. 2020. *Sustainable agricultural development: An economic perspective.* Palgrave Studies in Agricultural Economics and Food Policy. Cham, Springer International Publishing. http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-34599-0

Veimar da Silva, A., Michelle da Silva, C., Wagner, Soares Pessoa, W.R.L, Almeida Vaz, M., Matos de Oliveira, K. & Ribeiro dos Santos, F.S. 2018. Agricultural mechanization in small rural properties in the State of Piauí, Brazil. *African Journal of Agricultural Research*, 13(33): 1698–1707. https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/7E9E9CA58112

Mrema, G.C., Kahan, D.G. & Agyei-Holmes, A. 2020. Agricultural mechanization in Tanzania. في: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?*. pp. 457–496. Washington, DC, IFPRI. https://doi.org/10.2499/9780896293809_14

Takeshima, H. & Lawal, A. 2020. Evolution of agricultural mechanization in Nigeria. في: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 423–456. Washington, DC, IFPRI.

Herrero, M., Thornton, P.K., Mason-D'Croz, D., Palmer, J., Benton, T.G., Bodirsky, B.L., Bogard, J.R. et al. 2020. Innovation can accelerate the transition towards a sustainable food system. Nature Food, 1: 266–272. https://doi.org/10.1038/s43016-020-0074-1

Ehlers, M.-H., Finger, R., El Benni, N., Gocht, A., Sørensen, C.A.G., Gusset, M., Pfeifer *et al.* 2022. Scenarios for European agricultural policymaking in the era of digitalisation. *Agricultural Systems*, 196: 103318. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103318

Fleming, A., Jakku, E., Lim-Camacho, L., Taylor, B. & Thorburn, P. 2018. Is big data for big farming or for everyone? Perceptions in the Australian grains industry. *Agronomy for Sustainable Development*, 38: 24. https://doi.org/10.1007/s13593-018-0501-y

GSMA (Global System for Mobile Communications). 2020. *The mobile economy 2020*. www.gsma.com/mobileeconomy/wp-content/uploads/2020/03/GSMA_MobileEconomy2020_Global.pdf

Onukwue, A. 2022. Google's subsea cable for Africa is making its first landing in Togo. في: *Quartz Africa*. نيويورك. ورد ذكره في 24 يوليو/تموز 2022. https://qz.com/africa/2143897/googles-equiano-cable-is-making-its-first-landing-in-togo

Steinke, J., Ortiz-Crespo, B., van Etten, J. & Müller, A. 2022. Participatory design of digital innovation in agricultural research-for-development: insights from practice. *Agricultural Systems*, 195: 103313. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103313

McCampell, M. 2021. *More than what meets the eye: Factors and processes that shape the design and use of digital agricultural advisory and decision support in Africa*. Wageningen University, Netherlands. https://research.wur.nl/en/publications/388eb987-15f2-4fb0-b9c1-f0f6ff342e98

Tsan, M., Totapally, S., Hailu, M. & Addom, B. 2019. *The digitalisation of African agriculture report 2018-2019*. Wageninghen, Netherlands. CTA (Technical Center for Agricultural and Rural Cooperation). www.cta.int/en/digitalisation-agriculture-africa

FAO & ITU (International Telecommunication Union). 2022. *Status of digital agriculture in 47 sub-Saharan African countries*. Rome. www.fao.org/3/cb7943en/cb7943en.pdf

Trendov, N.M., Varas, S. & Zeng, M. 2019. *Digital technologies in agriculture and rural areas – Status report*. Rome, FAO. www.fao.org/3/ca4985en/CA4985EN.pdf

Viet Nam News. 2021. Hà N□i aims to develop smart agriculture. في: *Viêt Nam News*. Ha Noi. ورد ذكره في 1 مايو/أيار 2022. https://vietnamnews.vn/economy/1082482/ha-noi-aims-to-develop-smart-agriculture.html

Musoni, M. 2020. Smart farming in Rwanda – How farmers can increase crop yields through an IoT-based irrigation system. في: *Digital Transformation Center*. Kigali. Cited 1 May 2022. https://digicenter.rw/smart-farming-in-rwanda-with-an-iot-based-irrigation-system

GSMA. 2020. *Digital agriculture maps: 2020 state of the sector in low and middle-income countries*. London. www.gsma.com/r/wp-content/uploads/2020/09/GSMA-Agritech-Digital-Agriculture-Maps.pdf

FAO & CAAS (Chinese Academy of Agricultural Sciences). 2021. *Carbon neutral tea production in China – Three pilot case studies*. Rome, FAO. www.fao.org/documents/card/en/c/cb4580en

Nyaga, J.M., Onyango, C.M., Wetterlind, J. & Söderström, M. 2021. Precision agriculture research in sub-Saharan Africa countries: a systematic map. *Precision Agriculture*, 22: 1217–1236. https://doi.org/10.1007/s11119-020-09780-w

Onyango, C.M., Nyaga, J.M., Wetterlind, J., Söderström, M. & Piikki, K. 2021. Precision agriculture for resource use efficiency in smallholder farming systems in sub-Saharan Africa: A systematic review. *Sustainability*, 13(3): 1158. https://doi.org/10.3390/su13031158

المراجع

42 **APNI (African Plant Nutrition Institute)**. 2020. Proceedings for the 1st African Conference on Precision Agriculture, Benguérir, Morocco, 8–10 December 2020. *APNI*. www.apni.net/2021/03/18/new-publication-proceedings-for-1st-african-conference-on-precision-agriculture

43 **Witt, C. & Dobermann, A.** 2002. A site-specific nutrient management approach for irrigated, lowland rice in Asia. *Better Crops International*, 16(1): 20–24. http://www.ipni.net/publication/bci.nsf/0/870A90403A1BDBB585257BBA0065CC62/$FILE/Better%20Crops%20International%202002-1%20p20.pdf

44 **Agrocares**. 2022. Manage soil fertility: Informed fertilization decisions in the field. في: *Agrocares*. ورد ذكره في 24 يوليو/تموز 2022. www.agrocares.com/soilcares

45 **Lowenberg-DeBoer, J. & Erickson, B.** 2019. Setting the record straight on precision agriculture adoption. *Agronomy Journal*, 111(4): 1552–1569. https://doi.org/10.2134/agronj2018.12.0779

46 **Van Beek, C.** 2020. Adoption level is the most underestimated factor in fertiliser recommendations. في: *Agrocares*. ورد ذكره في 24 يوليو/تموز 2022. www.agrocares.com/wp-content/uploads/2020/10/whitepaper-christy-van-beek-1.pdf

47 **GoMicro**. 2022. Phone QC. في: *GoMicro*. سنغافورة. ورد ذكره في 1 مايو/أيار 2022. www.gomicro.co

48 **Lowenberg-DeBoer, J.** 2022. *Economics of adoption for digital automated technologies in agriculture*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Working Paper 22-10. Rome, FAO.

49 **ITU**. 2020. *Measuring digital development: Facts and figures 2020*. Geneva, ITU. www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/FactsFigures2020.pdf

50 **Hanton, J.P. & Leach, H.A.** 1974. *Electronic livestock identification system*. US Patent 4,262,632. https://patentimages.storage.googleapis.com/6c/49/f1/e746f5f7bca33e/US4262632.pdf

51 **Brustein, J.** 2014. GPS as we know it happened because of Ronald Reagan. في: *Bloomberg News*. ورد ذكره في 24 يوليو/تموز 2022. www.bloomberg.com/news/articles/2014-12-04/gps-as-we-know-it-happened-because-of-ronald-reagan

52 **Rip, M.R. & Hasik, J.M.** 2002. *The precision revolution: GPS and the future of aerial warfare*. Annapolis, MD, USA, Naval Institute Press.

53 **Sheets, K.D.** 2018. The Japanese impact on global drone policy and law: Why a laggard United States and other nations should look to Japan in the context of drone usage. *Indiana Journal of Global Legal Studies*, 25(1): 513–537. www.repository.law.indiana.edu/ijgls/vol25/iss1/20

54 **Mulla, D. & Khosla, R.** 2016. Historical evolution and recent advances in precision farming. في: R. Lal & B.A. Stewart, eds. *Soil-specific farming – Precision farming*. Boca Raton, FL, USA, CRC Press.

55 **Lely**. 2022. Our history. في: *Lely*. Maassluis, Netherlands. ورد ذكره في 1 مارس/آذار 2022. www.lely.com/gb/about-lely/our-company/history

56 **Sharipov, D.R., Yakimov, O.A., Gainullina, M.K., Kashaeva, A.R. & Kamaldinov, I.N.** 2021. Development of automatic milking systems and their classification. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 659: 012080. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/659/1/012080

57 **Rural Retailer**. 2002. Arro ™ targets growing need for Steering Assist®. In; *Rural Retailer*. ورد ذكره في 24 يوليو/تموز 2022. www.ccimarketing.com/farmsupplier_com/pages/html1.asp

58 **Reusch, S.** 1997. Entwicklung eines reflexionsoptischen Sensors zur Erfassung der Stickstoffversorgung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen [Development of a reflection optical sensor for capture of nitrogen nutrition of agricultural crops]. PhD dissertation. Arbeitskreis Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI [Research and teaching working group of the Max Eyth Society for Agricultural Engineering in the VDI].

59 **Trimble**. 2006. Trimble combines GPS guidance and rate control to automate agricultural spraying operations. في: *Trimble*. ورد ذكره في 24 يوليو/تموز 2022. https://investor.trimble.com/news-releases/news-release-details/trimble-combines-gps-guidance-and-rate-control-automate

60 **Ag Leader**. 2022. History timeline. في: *Ag Leader*. ورد ذكره في 24 يوليو/تموز 2022. www.agleader.com/our-history

61 **Ecorobotix**. 2022. A bit of history. في: *Ecorobotix*. ورد ذكره في 1 مارس/آذار 2022. https://ecorobotix.com/en/a-bit-of-history

62 **Naïo Technologies**. 2022. Naïo Technologies, agricultural robotics pioneers. في: *Naïo Technologies*. ورد ذكره في 1 مارس/آذار 2022. http://www.naio-technologies.com/en/naio-technologies/#:~:text=Founded%20in%202011%2C%20Na%C3%AFo%20Technologies,use%20of%20chemical%20weed%20killers

63 **Claas**. 2022. Product history. The combine harvester. في: *Claas*. ورد ذكره في 1 مارس/آذار 2022. www.claas.co.uk/company/history/products/combines/lexion

64 **Hands Free Hectare**. 2018. Timeline. في: *Hands Free Hectare*. ورد ذكره في 1 مارس/آذار 2022. www.handsfreehectare.com/timeline.html

65 **Smart Ag**. 2018. Smart Ag unveils autocart driverless tractor technology at 2018 Farm Progress Show. في: *OEM Off-highway*. ورد ذكره في 1 مارس/آذار 2022. www.oemoffhighway.com/trends/gps-automation/news/21020794/smart-ag-unveils-autocart-driverless-tractor-technology-at-2018-farm-progress-show

66 **John Deere**. 2022. John Deere reveals fully autonomous tractor at CES 2022. في: *John Deere*. ورد ذكره في 1 مارس/آذار 2022. www.deere.com/en/news/all-news/autonomous-tractor-reveal

67 **Birner, R., Daum, T. & Pray, C.** 2021. Who drives the digital revolution in agriculture? A review of supply-side trends, players and challenges. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 43(4): 1260–1285. https://doi.org/10.1002/aepp.13145

68 **Knight, C.H.** 2020. Review: Sensor techniques in ruminants: more than fitness trackers. *Animal*, 14: s187–s195. https://doi.org/10.1017/S1751731119003276

69 **Eastwood, C.R. & Renwick, A.** 2020. Innovation uncertainty impacts the adoption of smarter farming approaches. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4: 24. www.readcube.com/articles/10.3389%2Ffsufs.2020.00024

70 **Hansen, B.G.** 2015. Robotic milking-farmer experiences and adoption rate in Jæren, Norway. *Journal of Rural Studies*, 41: 109–117. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2015.08.004

71 **Steeneveld, W., Tauer, L.W., Hogeveen, H. & Oude Lansink, A.G.J.M.** 2012. Comparing technical efficiency of farms with an automatic milking system and a conventional milking system. *Journal of Dairy Science*, 95(12): 7391–7398. https://doi.org/10.3168/jds.2012-5482

72 **Drach, U., Halachmi, I., Pnini, T., Izhaki, I. & Degani, A.** 2017. Automatic herding reduces labour and increases milking frequency in robotic milking. *Biosystems Engineering*, 155: 134–141.

73 **Verified Market Research**. 2020. Global milking robots market size by type, by herd size, by geographic scope and forecast. في: *Verified Market Research*. ورد ذكره في 24 يوليو/تموز 2022. www.verifiedmarketresearch.com/product/milking-robots-market

74 **Markets and Markets**. 2018. Milking robots market by offering (hardware, software, service), milking robots system type (single-stall unit, multi-stall unit, automated milking rotary), herd size (below 100, between 100 and 1,000 and above 1,000), geography - Global forecast to 2023. في: *Markets and Markets*. ورد ذكره في 24 يوليو/تموز 2022. www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/milking-robots-market-170643611.html

75 **Rodenburg, J.** 2017. Robotic milking: Technology, farm design, and effects on work flow. *Journal of Dairy Science*, 100(9): 7729–7738. https://doi.org/10.3168/jds.2016-11715

76 **Rose, D.** 2022. *Agricultural automation: the past, present and future of adoption. The State of Food and Agriculture 2022, background paper*. Internal document.

77 **Ordolff, D.** 2001. Introduction of electronics into milking technology. *Computers and Electronics in Agriculture*, 30: 125–149.

78 **Banhazi, T.M., Lehr, H., Black, J.L., Crabtree, H., Schofield, P., Tscharke, M. & Berckmans, D.** 2012. Precision Livestock Farming: An international review of scientific and commercial aspects. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 5(3): 1–9.

79 **Lowenberg-DeBoer, J.** 2018. The economics of precision agriculture. In J. Stafford, ed. *Precision agriculture for sustainability*, pp. 461–494. London, Burleigh Dodds Science Publishing. https://doi.org/10.1201/9781351114592

80 **Colaço, A.F. & Bramley, R.G.V.** 2018. Do crop sensors promote improved nitrogen management in grain crops? *Field Crops Research*, 218: 126–140. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.01.007

81 **Lachia, N., Pichon, L. & Tisseyre, B.** 2019. A collective framework to assess the adoption of precision agriculture in France: description and preliminary results after two years. في: J.V. Stafford, ed. *Precision agriculture '19*. pp. 851–857. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-888-9_105

82 **Lowenberg-DeBoer, J., Yuelu Huang, I., Grigoriadis, V. & Blackmore, S.** 2020. Economics of robots and automation in field crop production. *Precision Agriculture*, 21(2): 278–299. https://doi.org/10.1007/s11119-019-09667-5

83 **Lowenberg-DeBoer, J., Behrendt, K., Ehlers, M.-H., Dillon, C., Gabriel, A., Huang, I.Y., Kumwenda, I. *et al.*** 2021. Lessons to be learned in adoption of autonomous equipment for field crops. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 44(2): 848–864. https://doi.org/10.1002/aepp.13177

المراجع

84. **Elias, M., Lowenberg-DeBoer, J., Behrendt, K. & Franklin, K.** (سيُصدَر قريبًا). *Economically optimal farmer supervision of crop robots*.

85. **Shockley, J., Dillon, C., Lowenberg-DeBoer, J. & Mark, T.** 2021. How will regulation influence commercial viability of autonomous equipment in US production agriculture? *Applied Economics Perspectives and Policy*, 44(2): 865–878. https://doi.org/10.1002/aepp.13178

86. **Santos Valle, S. & Kienzle, J.** 2020. *Agriculture 4.0 – Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production*. Integrated Crop Management No. 24. Rome, FAO. www.fao.org/3/cb2186en/CB2186EN.pdf

87. **Tarannum, N., Rhaman, Md.K., Khan, S.A. & Shakil, S.R.** 2015. A brief overview and systematic approach for using agricultural robot in developing countries. *Journal of Modern Science and Technology*, 3(1): 88–101. https://zantworldpress.com/wp-content/uploads/2019/12/Paper-8.pdf

88. **Reddy, N., Reddy, A.V., Pranavadithya, S. & Kumar, J.** 2016. A critical review on agricultural robots. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 7(4): 183–188. https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJMET/VOLUME_7_ISSUE_4/IJMET_07_04_018.pdf

89. **Autor, D.H.** 2015. Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3): 3–30. www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.29.3.3

90. **Carvalho, F.K., Chechetto, R.G., Mota, A.A.B. & Antuniassi, U.R.** 2020. Challenges of aircraft and drone spray applications. *Outlooks on Pest Management*, 31(2): 83–88. http://dx.doi.org/10.1564/v31_apr_07

91. **Wang, C., Herbst, A., Zeng, A., Wongsuk, S., Qiao, B., Qi, P., Bonds, J. *et al.*** 2021. Assessment of spray deposition, drift and mass balance from unmanned aerial vehicle sprayer using an artificial vineyard. *Science of The Total Environment*, 777: 146181. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146181

92. **Erickson, B. & Lowenberg-DeBoer, J.** 2021. 2021 precision agriculture dealership survey confirms a data driven market for retailers. في: *CropLife*. ورد ذكره في 24 يوليو/تموز 2022. www.croplife.com/precision/2021-precision-agriculture-dealership-survey-confirms-a-data-driven-market-for-retailers/#slide=87709-87729-3

93. **Kendall, H., Clark, B., Li, W., Jin, S., Jones, G.D., Chen, J., Taylor, J., Li, Z. & Frewer, Lynn, J.** 2022. Precision agriculture technology adoption: a qualitative study of small-scale commercial "family farms" located in the North China Plain. *Precision Agriculture*, 23: 319–351. https://doi.org/10.1007/s11119-021-09839-2

94. **Kumar, G., Engle, C. & Tucker, C.** 2018. Factors driving aquaculture technology adoption. *Journal of the World Aquaculture Society*, 49(3): 447–476. https://doi.org/10.1111/jwas.12514

95. **منظمة الأغذية والزراعة.** 2020. *حالة الموارد السمكية وتربية الأحياء المائية في العالم، 2020. استدامة العمل*. روما، منظمة الأغذية والزراعة. https://www.fao.org/documents/card/ar/c/CA9229AR

96. **Føre, M., Frank, K., Norton, T., Svendsen, E., Alfredsen, J.A., Dempster, T., Eguiraun, H. *et al.*** 2018. Precision fish farming: A new framework to improve production in aquaculture. *Biosystems Engineering*, 173: 176–193. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.10.014

97. **Shrimpbox**. 2021. The Shrimpbox launch: The world's first robotic shrimp farm. في: *Atarraya*. Mexico City. ورد ذكره في 24 يوليو/تموز 2022. https://atarraya.ai/assets/pdf/ShrimpboxENG.pdf

98. **Bergerman, M., Billingsley, J., Reid, J. & van Henten, E.** 2016. *Robotics in agriculture and forestry*. SpringerLink. ورد ذكره في 8 ديسمبر/كانون الأوّل 2021. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-32552-1_56

99. **Nitoslawski, S.A., Wong-Stevens, K., Steenberg, J.W.N., Witherspoon, K., Nesbitt, L. & Konijnendijk van den Bosch, C.C.** 2021. The digital forest: Mapping a decade of knowledge on technological applications for forest ecosystems. *Earth's Future*, 9(8): e2021EF002123. https://doi.org/10.1029/2021EF002123

100. **Boitsov, A., Vagizov, M., Istomin, E., Aksenova, A. & Pavlov, V.** 2021. Robotic systems in forestry. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 806: 012034.

101. **Allott, J., O'Kelly, G. & Pendergraph, S.** 2020. Data: The next wave in forestry productivity. في: *McKinsey & Company*. ورد ذكره في 5 يناير/كانون الثاني 2022. www.mckinsey.com/industries/paper-forest-products-and-packaging/our-insights/data-the-next-wave-in-forestry-productivity

102. **Hellström, T., Lärkeryd, P., Nordfjell, T. & Ringdahl, O.** 2009. Autonomous forest vehicles: Historic, envisioned, and state-of-the-art. *International Journal of Forest Engineering*, 20(1): 31–38. https://doi.org/10.1080/14942119.2009.10702573

103. **Visser, R. & Obi, O.F.** 2021. Automation and robotics in forest harvesting operations: Identifying near-term opportunities. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 42(1): 13–24.

104. **Parker, R., Bayne, K. & Clinton, P.W.** 2016. Robotics in forestry. *New Zealand Journal of Forestry*, 60(4): 8–14.

Kansanga, M.M., Mkandawire, P., Kuuire, V. & Luginaah, I. 2020. Agricultural mechanization, environmental degradation, and gendered livelihood implications in northern Ghana. *Land Degradation and Development*, 31(11): 1422–1440. https://doi.org/10.1002/ldr.3490 **114**

Torero, M. 2019. Robotics and AI in food security and innovation: Why they matter and how to harness their power. في: J. von Braun, M.S. Archer, G.M. Reichberg & M. Sánchez Sorondo, eds. *Robotics, AI, and humanity: Science, ethics, and policy*, pp. 99–107. Springer. **115**

الفصل الثالث

Pingali, P. 2007. Chapter 54 Agricultural mechanization: Adoption patterns and economic impact. في: R. Evenson & P. Pingali, eds. *Handbook of agricultural economics*, pp. 2779–2805. Amsterdam, Elsevier. https://doi.org/10.1016/S1574-0072(06)03054-4 **1**

Bhattarai, M., Singh, G., Takeshima, H. & Shekhawat, R.S. 2020. Farm machinery use and the agricultural machinery industries in India. في: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 97–138. Washington, DC, IFPRI. https://ebrary.ifpri.org/digital/collection/p15738coll2/id/134090 **2**

Kirui, O. 2019. *The agricultural mechanization in Africa: Micro-level analysis of state drivers and effects*. ZEF-Discussion Papers on Development Policy No. 272. University of Bonn. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3368103 **3**

Berhane, G., Dereje, M., Minten, B. & Tamru, S. 2017. The rapid – but from a low base – uptake of agricultural mechanization in Ethiopia: Patterns, implications and challenges. ESSP Working Paper No. 105. Washington, DC, IFPRI and Addis Ababa, Ethiopia, EDRI. http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/131146 **4**

Houssou, N. & Chapoto, A. 2014. *The changing landscape of agriculture in Ghana: Drivers of farm mechanization and its impacts on cropland expansion and intensification*. IFPRI Discussion Paper No. 1392. Washington, DC, IFPRI. https://ebrary.ifpri.org/utils/getfile/collection/p15738coll2/id/128706/filename/128917.pdf **5**

Adu-Baffour, F., Daum, T. & Birner, R. 2019. Can small farms benefit from big companies' initiatives to promote mechanization in Africa? A case study from Zambia. *Food Policy*, 84: 133–145. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2019.03.007 **6**

Finer, M. & Mamani, N. 2020. MAAP #31: Power of free high-resolution satellite imagery from Norway Agreement. في: *Monitoring of the Amazon Andean Project*. ورد ذكره في 24 يونيو/حزيران 2022. www.maaproject.org/2021/norway-agreement **105**

Shamshiri, R., Kalantari, F., Ting, K.C., Thorp, K.R., Hameed, I.A., Weltzien, C., Ahmad, D. & Shad, Z.M. 2018. Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11: 1. https://ijabe.org/index.php/ijabe/article/view/3210 **106**

Mrema, G.C., Baker, D. & Kahan, D. 2008. *Agricultural mechanization in sub-Saharan Africa: time for a new look*. Agricultural Management, Marketing and Finance Occasional Paper No. 22. Rome, FAO. www.fao.org/3/i0219e/i0219e00.pdf **107**

Berhane, G., Dereje, M., Minten, B. & Tamru, S. 2017. The rapid – but from a low base – uptake of agricultural mechanization in Ethiopia: Patterns, implications and challenges. ESSP Working Paper No. 105. Washington, DC, IFPRI and Addis Ababa, Ethiopia, EDRI. http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/131146 **108**

Kansanga, M., Andersen, P., Kpienbaareh, D., Mason-Renton, S., Atuoye, K., Sano, Y., Antabe, R. & Luginaah, I. 2019. Traditional agriculture in transition: examining the impacts of agricultural modernization on smallholder farming in Ghana under the new Green Revolution. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 26(1): 11–24. **109**

Keller, T., Sandin, M., Colombi, T., Horn, R. & Or, D. 2019. Historical increase in agricultural machinery weights enhanced soil stress levels and adversely affected soil functioning. *Soil and Tillage Research*, 194: 104293. https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104293 **110**

Wang, X., Yamauchi, F., Otsuka, K. & Huang, J. 2016. Wage growth, landholding, and mechanization in Chinese agriculture. *World Development*, 86: 30–45. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.05.002 **111**

Yamauchi, F. 2016. Rising real wages, mechanization and growing advantage of large farms: Evidence from Indonesia. *Food Policy*, 58(5): 62–69. **112**

Daum, T., Adegbola, Y.P., Kamau, G., Kergna, A.O., Daudu, C., Zossou, R.C., Crinot, G.F. *et al.* 2020. Perceived effects of farm tractors in four African countries, highlighted by participatory impact diagrams. *Agronomy for Sustainable Development*, 40: 47. https://doi.org/10.1007/s13593-020-00651-2 **113**

المراجع

Kansanga, M.M., Mkandawire, P., Kuuire, V. & Luginaah, I. 2020. Agricultural mechanization, environmental degradation, and gendered livelihood implications in northern Ghana. *Land Degradation and Development*, 31(11): 1422–1440. https://doi.org/10.1002/ldr.3490

Ma, W., Renwick, A. & Grafton, Q. 2018. Farm machinery use, off-farm employment and farm performance in China. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 62(2): 279–298. https://doi.org/10.1111/1467-8489.12249

Daum, T., Capezzone, F. & Birner, R. 2021. Using smartphone app collected data to explore the link between mechanization and intra-household allocation of time in Zambia. *Agriculture and Human Values*, 38: 411–429. https://doi.org/10.1007/s10460-020-10160-3

Haggblade, S., Hazell, P. & Reardon, T. 2010. The rural non-farm economy: prospects for growth and poverty reduction. *World Development*, 38(10): 1429–1441. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2009.06.008

Christiaensen, L., Demery, L. & Kuhl, J. 2011. The (evolving) role of agriculture in poverty reduction—An empirical perspective. *Journal of Development Economics*, 96(2): 239–254. https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2010.10.006

Salvatierra-Rojas, A., Nagle, M., Gummert, M., de Bruin, T. & Müller, T. 2017. Development of an inflatable solar dryer for improved postharvest handling of paddy rice in humid climates. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 10(3): 269–282. https://ijabe.org/index.php/ijabe/article/view/2444

Elbehri, A. & Sadiddin, A. 2016. Climate change adaptation solutions for the green sectors of selected zones in the MENA region. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society*, 4(3): 39–54. www.thefutureoffoodjournal.com/index.php/FOFJ/article/view/79

Jayne, T.S., Mather, D. & Mghenyi, E. 2010. Principal challenges confronting smallholder agriculture in sub-Saharan Africa. *World Development*, 38(10): 1384–1398. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2010.06.002

Yahaya, R. (سيَصدُر قريبًا). *Market analysis for agricultural mechanisation in Ethiopia*. Addis Ababa, CIMMYT.

FAO. 2022. *Technical support for sustainable agricultural mechanization of smallholder farms for enhancing agricultural productivity and production, and reducing drudgery of women and young farmers*. FAO Project No. TCP/NEP/3703. Rome. Internal document.

FAO. 2022. *Thinking about the future of food safety – A foresight report*. Rome. https://doi.org/10.4060/cb8667en

Daum, T., Seidel, A., Getnet, B. & Birner, R. 2022. *Animal traction, two-wheel tractors, or four-wheel tractors? A best-fit approach to guide farm mechanization in Africa*. Hohenheim Working Papers on Social and Institutional Change in Agricultural Development. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4092687

Diao, X., Takeshima, H. & Zhang, X. 2020. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* Washington, DC, IFPRI. https://ebrary.ifpri.org/digital/collection/p15738coll2/id/134095

Win, M.T., Belton, B. & Zhang, X. 2020. Myanmar's rapid agricultural mechanization: Demand and supply evidence. في: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 263–284. Washington, DC, IFPRI. https://doi.org/10.2499/9780896293809_08

Baudron, F., Sims, B., Justice, S., Kahan, D.G., Rose, R., Mkomwa, S., Kaumbutho, P. *et al.* 2015. Re-examining appropriate mechanization in Eastern and Southern Africa: two-wheel tractors, conservation agriculture, and private sector involvement. *Food Security*, 7: 889–904. https://doi.org/10.1007/s12571-015-0476-3

Kahan, D., Bymolt, R. & Zaal, F. 2018. Thinking outside the plot: Insights on small-scale mechanisation from case studies in East Africa. *The Journal of Development Studies*, 54(11): 1939–1954. https://doi.org/10.1080/00220388.2017.1329525

Daum, T., Huffman, W. & Birner, R. 2018. *How to create conducive institutions to enable agricultural mechanization: A comparative historical study from the United States and Germany*. Economics Working Paper. Ames, USA, Department of Economics, Iowa State University. https://lib.dr.iastate.edu/econ_workingpapers/47

FAO. 2019. *Mechanization services in rural communities. Enhancing the resilience of smallholder farmers and creating job opportunities*. Rome. www.fao.org/3/ca7139en/ca7139en.pdf

Alwang, J., Sabry, S., Shideed, K., Swelam, A. & Halila, H. 2018. Economic and food security benefits associated with raised-bed wheat production in Egypt. *Food Security: The Science, Sociology and Economics of Food Production and Access to Food*, 10(3): 589–601. https://EconPapers.repec.org/RePEc:spr:ssefpa:v:10:y:2018:i:3:d:10.1007_s12571-018-0794-3

Lowenberg-DeBoer, J. 1999. GPS based guidance systems for farmers. *Purdue Agricultural Economics Report*, pp. 8–9. Purdue University. https://ag.purdue.edu/commercialag/home/paer-article/gps-based-guidance-systems-for-farmers

IoF. 2020. *Internet of Food and Farm (IoF) 2020*. www.valoritalia.it/wp-content/uploads/2019/08/IOF2020-Booklet-UseCases-2019-vDEF.pdf

FAO & AUC. 2018. *Sustainable agricultural mechanization: A framework for Africa*. Addis Ababa. www.fao.org/3/CA1136EN/ca1136en.pdf

de Brauw, A. & Bulte, E. 2021. *African Farmers, Value Chains and Agricultural Development: An Economic and Institutional Perspective*. Palgrave Studies in Agricultural Economics and Food Policy. Cham, Springer International Publishing. https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-88693-6

Daum, T. & Birner, R. 2017. The neglected governance challenges of agricultural mechanisation in Africa – insights from Ghana. *Food Security*, 9(5): 959–979. https://doi.org/10.1007/s12571-017-0716-9

Cramb, R. & Thepent, V. 2020. Evolution of agricultural mechanization in Thailand. في: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 165–201. Washington, DC, IFPRI. https://ebrary.ifpri.org/utils/getfile/collection/p15738coll2/id/134091/filename/134311.pdf

Justice, S. & Biggs, S. 2020. The spread of smaller engines and markets in machinery services in rural areas of South Asia. *Journal of Rural Studies*, 73: 10–20. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.11.013

Feder, G., Just, R.E. & Zilberman, D. 1985. Adoption of agricultural innovations in developing countries: A survey. *Economic Development and Cultural Change*, 33(2): 255–298. www.jstor.org/stable/1153228

Binswanger, H. & Donovan, G. 1987. *Agricultural mechanization: issues and options*. World Bank Policy Study. Washington, DC, World Bank.

Elverdin, P., Piñeiro, V. & Robles, M. 2018. *Agricultural mechanization in Latin America*. IFPRI Discussion Paper No. 1740. IFPRI.

Takeshima, H. 2016. *Market imperfections for tractor service provision in Nigeria: International perspectives and empirical evidence*. NSSP Working Paper No. 32. Washington, DC, IFPRI. http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/130446

Swelam, A. 2016. *Raised-bed planting in Egypt: an affordable technology to rationalize water use and enhance water productivity*. Amman, ICARDA. https://hdl.handle.net/20.500.11766/5900

Sims, B. & Kienzle, J. 2006. *Farm power and mechanization for small farms in sub-Saharan Africa*. Agricultural and Food Engineering Technical Report No. 3. Rome, FAO. www.fao.org/3/a0651e/a0651e.pdf

Flores Rojas, M. 2018. *Gender sensitive labour saving technology. Drum seeder: saving time, effort and money. A case study from the Lao People's Democratic Republic*. Bangkok, FAO. www.fao.org/3/i9464en/i9464en.pdf

Lowenberg-DeBoer, J. 2022. *Economics of adoption for digital automated technologies in agriculture*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Working Paper 22-10. Rome, FAO.

McCampbell, M. 2022. *Agricultural digitalization and automation in low- and middle-income countries: Evidence from ten case studies*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 25. Rome, FAO.

Ceccarelli, T., Chauhan, A., Rambaldi, G., Kumar, I., Cappello, C., Janssen, S. & McCampbell, M. 2022. *Leveraging automation and digitalization for precision agriculture: Evidence from the case studies*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 24. Rome, FAO.

Eastwood, C.R. & Renwick, A. 2020. Innovation uncertainty impacts the adoption of smarter farming approaches. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4: 24. www.readcube.com/articles/10.3389%2Ffsufs.2020.00024

Hansen, B.G. 2015. Robotic milking-farmer experiences and adoption rate in Jæren, Norway. *Journal of Rural Studies*, 41: 109–117. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2015.08.004

Steeneveld, W., Tauer, L.W., Hogeveen, H. & Oude Lansink, A.G.J.M. 2012. Comparing technical efficiency of farms with an automatic milking system and a conventional milking system. *Journal of Dairy Science*, 95(12): 7391–7398. https://doi.org/10.3168/jds.2012-5482

Drach, U., Halachmi, I., Pnini, T., Izhaki, I. & Degani, A. 2017. Automatic herding reduces labour and increases milking frequency in robotic milking. *Biosystems Engineering*, 155: 134–141.

المراجع

47 **Diao, X., Cossar, F., Houssou, N. & Kolavalli, S.** 2014. Mechanization in Ghana: Emerging demand, and the search for alternative supply models. *Food Policy*, 48: 168–181. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.05.013

48 **Takeshima, H. & Lawal, A.** 2020. Evolution of agricultural mechanization in Nigeria. في: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 423–456. Washington, DC, IFPRI.

49 **Shockley, J., Dillon, C., Lowenberg-DeBoer, J. & Mark, T.** 2021. How will regulation influence commercial viability of autonomous equipment in US production agriculture? *Applied Economics Perspectives and Policy*, 44(2): 865–878. https://doi.org/10.1002/aepp.13178

50 **Daum, T., Adegbola, Y.P., Kamau, G., Kergna, A.O., Daudu, C., Zossou, R.C., Crinot, G.F. *et al.*** 2020. Perceived effects of farm tractors in four African countries, highlighted by participatory impact diagrams. Agronomy for Sustainable Development, 40: 47. https://doi.org/10.1007/s13593-020-00651-2

51 **Daum, T. & Birner, R.** 2020. Agricultural mechanization in Africa: Myths, realities and an emerging research agenda. *Global Food Security*, 26: 100393. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100393

52 **Kansanga, M., Andersen, P., Kpienbaareh, D., Mason-Renton, S., Atuoye, K., Sano, Y., Antabe, R. & Luginaah, I.** 2019. Traditional agriculture in transition: examining the impacts of agricultural modernization on smallholder farming in Ghana under the new Green Revolution. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 26(1): 11–24.

53 **Keller, T., Sandin, M., Colombi, T., Horn, R. & Or, D.** 2019. Historical increase in agricultural machinery weights enhanced soil stress levels and adversely affected soil functioning. *Soil and Tillage Research*, 194: 104293. https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104293

54 **Dahlin, A.S. & Rusinamhodzi, L.** 2019. Yield and labor relations of sustainable intensification options for smallholder farmers in sub-Saharan Africa. A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 39: 32. https://doi.org/10.1007/s13593-019-0575-1

55 **منظمة الأغذية والزراعة.** 2021. *حالة الأغذية والزراعة 2021. زيادة قدرة النظم الزراعية والغذائية على الصمود أمام الصدمات وحالات الإجهاد*. روما. https://doi.org/10.4060/cb4476ar

56 **Rose, D.** 2022. *Agricultural automation: the past, present and future of adoption. The State of Food and Agriculture 2022, background paper.* Internal document.

57 **Labrière, N., Locatelli, B., Laumonier, Y., Freycon, V. & Bernoux, M.** 2015. Soil erosion in the humid tropics: A systematic quantitative review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 203: 127–139. https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.01.027

58 **Giller, K.E., Witter, E., Corbeels, M. & Tittonell, P.** 2009. Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view. *Field Crops Research*, 114(1): 23–34. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.06.017

59 **CSAM**. 2022. Climate resilience practice. في: *CSAM*. Beijing. ورد ذكره في 24 يونيو/حزيران 2022. www.un-csam.org/KI-climate

60 **Winkler, B., Lemke, S., Ritter, J. & Lewandowski, I.** 2017. Integrated assessment of renewable energy potential: Approach and application in rural South Africa. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 24: 17–31. https://doi.org/10.1016/j.eist.2016.10.002

61 **Lowenberg-DeBoer, J., Yuelu Huang, I., Grigoriadis, V. & Blackmore, S.** 2020. Economics of robots and automation in field crop production. *Precision Agriculture*, 21(2): 278–299. https://doi.org/10.1007/s11119-019-09667-5

62 **Lowenberg-DeBoer, J.** 2019. Making Technology Pay on Your Farm. Future Farm Technology Expo. Birmingham, UK.

63 **Shockley, J.M., Dillon, C.R. & Shearer, S.A.** 2019. An economic feasibility assessment of autonomous field machinery in grain crop production. *Precision Agriculture*, 20: 1068–1085. https://doi.org/10.1007/s11119-019-09638-w

64 **Al-Amin, A.K.M.A., Lowenberg-DeBoer, J., Franklin, K & Behrendt, K.** 2021. *Economic implications of field size for autonomous arable crop equipment.* Land, Farm and Agribusiness Management Department, Harper Adams University, Newport, UK.

65 **Baudron, F., Nazare, R. & Matangi, D.** 2019. The role of mechanization in transformation of smallholder agriculture in Southern Africa: Experience from Zimbabwe. في: R. Sikora, E. Terry, P. Vlek & J. Chitja, eds. *Transforming agriculture in Southern Africa*, pp. 152–159. London, Routledge. www.taylorfrancis.com/chapters/oa-edit/10.4324/9780429401701-21/role-mechanization-transformation-smallholder-agriculture-southern-africa-fr%C3%A9d%C3%A9ric-baudron-raymond-nazare-dorcas-matangi

Ayamga, M., Tekinerdogan, B. & Kassahun, A. 2021. Exploring the challenges posed by regulations for the use of drones in agriculture in the African context. *Land*, 10(2): 164. https://doi.org/10.3390/land10020164 **75**

Carvalho, F.K., Chechetto, R.G., Mota, A.A.B. & Antuniassi, U.R. 2020. Challenges of aircraft and drone spray applications. *Outlooks on Pest Management*, 31(2): 83–88. http://dx.doi.org/10.1564/v31_apr_07 **76**

Sissoko, A. 2020. Malian architect fights climate change with digital greenhouse. في: *Reuters*. ورد ذكره في 23 يونيو/حزيران 2022. www.reuters.com/article/us-climate-change-mali-agriculture-idUSKBN20713N **77**

Elsäßer, R., Hänsel, G. & Feldt, T. 2021. *Digitalizing the African livestock sector: Status quo and future trends for sustainable value chain development*. Bonn, Germany, GIZ. www.giz.de/de/downloads/giz2021_en_Digitalizing%20the%20African%20livestock%20sector.pdf **78**

Okinda, B. 2020. Pastoralists turn to apps to find grazing fields. في: *Nation*. Cited 1 June 2022. https://nation.africa/kenya/healthy-nation/pastoralists-turn-to-apps-to-find-grazing-fields-12554 **79**

Daum, T., Villalba, R., Anidi, O., Mayienga, S.M., Gupta, S. & Birner, R. 2021. Uber for tractors? Opportunities and challenges of digital tools for tractor hire in India and Nigeria. *World Development*, 144: 105480. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105480 **80**

Tarannum, N., Rhaman, Md.K., Khan, S.A. & Shakil, S.R. 2015. A brief overview and systematic approach for using agricultural robot in developing countries. *Journal of Modern Science and Technology*, 3(1): 88–101. https://zantworldpress.com/wp-content/uploads/2019/12/Paper-8.pdf **81**

Reddy, N., Reddy, A.V., Pranavadithya, S. & Kumar, J. 2016. A critical review on agricultural robots. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 7(4): 183–188. https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJMET/VOLUME_7_ISSUE_4/IJMET_07_04_018.pdf **82**

Autor, D.H. 2015. Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3): 3–30. www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.29.3.3 **83**

Aune, J.B., Coulibaly, A. & Giller, K.E. 2017. Precision farming for increased land and labour productivity in semi-arid West Africa. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37: 16. https://doi.org/10.1007/s13593-017-0424-z **84**

Justice, S., Flores Rojas, M. & Basnyat, M. 2022. *Empowering women farmers – A mechanization catalogue for practitioners*. Rome, FAO. www.fao.org/3/cb8681en/cb8681en.pdf **66**

APNI. 2020. Proceedings for the 1st African Conference on Precision Agriculture, Benguérir, Morocco, 8–10 December 2020. في: *APNI*. www.apni.net/2021/03/18/new-publication-proceedings-for-1st-african-conference-on-precision-agriculture **67**

Onyango, C.M., Nyaga, J.M., Wetterlind, J., Söderström, M. & Piikki, K. 2021. Precision agriculture for resource use efficiency in smallholder farming systems in sub-Saharan Africa: A systematic review. *Sustainability*, 13(3): 1158. https://doi.org/10.3390/su13031158 **68**

Nyaga, J.M., Onyango, C.M., Wetterlind, J. & Söderström, M. 2021. Precision agriculture research in sub-Saharan Africa countries: a systematic map. *Precision Agriculture*, 22: 1217–1236. https://doi.org/10.1007/s11119-020-09780-w **69**

Pouya, M.B., Diebre, R., Rambaldi, G., Zomboudry, G., Barry, F., Sedogo, M. & Lompo, F. 2020. *Analyse comparative de l'agriculture de précision incluant l'utilisation de la technologie drone et de l'agriculture classique en matière de production de riz et de revenu des agriculteurs au Burkina Faso*. Wageningen, Netherlands, CTA. https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/108460 **70**

Annor-Frempong, F. & Akaba, S. 2020. *Socio-economic impact and acceptance study of drone-applied pesticide on maize in Ghana*. Wageningen, Netherlands, CTA. https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/108594 **71**

Niyitanga, F., Kazungu, J. & Mamy, I.M. 2020. Willingness to pay and cost-benefit analyses for farmers acting on real-time, actionable UAS-based advice when growing wheat or potato in Gataraga sector, Musanze district, Rwanda. Wageningen, Netherlands, CTA. https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/108602 **72**

Santos Valle, S. & Kienzle, J. 2020. *Agriculture 4.0 – Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production*. Integrated Crop Management No. 24. Rome, FAO. www.fao.org/3/cb2186en/CB2186EN.pdf **73**

Yawson, G. & Frimpong-Wiafe, B. 2018. The socio-economic benefits and impact study on the application of drones, sensor technology and intelligent systems in commercial scale agricultural establishments in Africa. *International Journal of Agriculture and Economic Development*, 6(2): 18–36. www.academia.edu/40998630/The_Socio-Economic_Benefits_and_Impact_Study_on_the_Application_of_Drones_Sensor_Technology_and_Intelligent_Systems_in_Commercial-Scale_Agricultural_Establishment_In_Africa **74**

المراجع

Morton, J.F. 2007. The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50): 19680–19685. www.pnas.org/doi/pdf/10.1073/pnas.0701855104

Davidova, S., Fredriksson, L., Gorton, M., Mishev, P. & Petrovici, D. 2012. Subsistence farming, incomes, and agricultural livelihoods in the new Member States of the European Union. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 30(2): 209–227.

Sibhatu, K.T., Krishna, V.V. & Qaim, M. 2015. Production diversity and dietary diversity in smallholder farm households. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(34): 10657–10662. https://doi.org/10.1073/pnas.1510982112

Sibhatu, K.T. & Qaim, M. 2017. Rural food security, subsistence agriculture, and seasonality. *PLOS ONE*, 12(10): e0186406. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186406

Frelat, R., Lopez-Ridaura, S., Giller, K.E., Herrero, M., Douxchamps, S., Djurfeldt, A.A., Erenstein, O. *et al.* 2016. Drivers of household food availability in sub-Saharan Africa based on big data from small farms. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(2): 458–463. https://doi.org/10.1073/pnas.1518384112

Hall, R., Scoones, I. & Tsikata, D. 2017. Plantations, outgrowers and commercial farming in Africa: agricultural commercialisation and implications for agrarian change. *The Journal of Peasant Studies*, 44(3): 515–537. https://doi.org/10.1080/03066150.2016.1263187

Barnett, T. 1996. Subsistence agriculture. في: T. Barnett, E. Blas & A. Whiteside, eds. *AIDS Brief for sectoral planners and managers*, pp. 6–10. Geneva, WHO. https://corpora.tika.apache.org/base/docs/govdocs1/153/153175.pdf

Mendoza, E.E., Rigor, A.C., Mordido, C.C. & Marajas, A.A. 1982. *Grain quality deterioration in on-farm level of operations. Proceedings of 5th Annual Grains Postharvest Technology Workshop, Los Baños, 1982*. Manila, South East Asia Cooperative Postharvest Research and Development Programme.

Proctor, D.L. 1994. *Grain storage techniques: Evolution and trends in developing countries.* FAO Agricultural Service Bulletin No. 10. Rome, FAO.

de la Peña, C. 2013. Thinking through the tomato harvester. في: *Boom California*. ورد ذكره في 25 يوليو/تموز 2022. https://boomcalifornia.org/2013/06/24/thinking-through-the-tomato-harvester

Nouhoheflin, T., Coulibaly, J.Y., D'Alessandro, S., Aitchédji, C.C., Damisa, M., Baributsa, D. & Lowenberg-DeBoer, J. 2017. Management lessons learned in supply chain development: the experience of PICS bags in West and Central Africa. *International Food and Agribusiness Management Review*, 20(3): 427–438. https://doi.org/10.22434/IFAMR2016.0167

Micle, D.E., Deiac, F., Olar, A., Dren□a, R.F., Florean, C., Coman, I.G. & Arion, F.H. 2021. Research on innovative business plan. Smart cattle farming using artificial intelligent robotic process automation. *Agriculture*, 11(5): 430. https://doi.org/10.3390/agriculture11050430

Gorbunova, A.V., Kostin, V.E., Pashkevich, I.L., Rybanov, A.A., Savchits, A.V., Silaev, A.A., Silaeva, E.Y. & Judaev, Y.V. 2020. Prospects and opportunities for the introduction of digital technologies into aquaculture governance system. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 422(1): 012125. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/422/1/012125

Saha, S., Hasan Rajib, R. & Kabir, S. 2018. IoT based automated fish farm aquaculture monitoring system. *2018 International Conference on Innovations in Science, Engineering and Technology (ICISET)*, pp. 201–206.

Neethirajan, S. & Kemp, B. 2021. Digital livestock farming. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 32: 100408. https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2021.100408

منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (المنظمة) والصندوق الدولي للتنمية الزراعية ومنظمة الأمم المتحدة للطفولة (اليونيسف) وبرنامج الأغذية العالمي ومنظمة الصحة العالمية. 2022. *حالة الأمن الغذائي والتغذية في العالم 2022. إعادة توجيه السياسات الغذائية والزراعية لزيادة القدرة على تحمل كلفة الأنماط الغذائية الصحية*. روما، منظمة الأغذية والزراعة. https://doi.org/10.4060/cc0639ar

الفصل الرابع

FAO. 2021. *Engaging with small and medium agrifood enterprises to guide policy making. A qualitative research methodological guide*. Rome. www.fao.org/3/cb4179en/cb4179en.pdf

FAO. 2022. *Cross cutting theme on inclusivity. FAO Strategic Framework 2022–2025*. Rome. وثيقة داخلية.

Charlton, D., Hill, A.E. & Taylor, E.J. 2022. *Automation and social impacts: winners and losers*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Working Paper 22-09. Rome, FAO.

Deichmann, U., Goyal, A. & Mishra, D. 2016. Will digital technologies transform agriculture in developing countries? Policy Research Working Paper No. 7669. Washington, DC, World Bank. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/24507

Nakasone, E. & Torero, M. 2016. A text message away: ICTs as a tool to improve food security. *Agricultural Economics*, 47: 49–59. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/75854/1/MPRA_paper_75854.pdf

Sekabira, H. & Qaim, M. 2017. Can mobile phones improve gender equality and nutrition? Panel data evidence from farm households in Uganda. *Food Policy*, 73: 95–103.

Santos Valle, S. & Kienzle, J. 2020. *Agriculture 4.0 – Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production.* Integrated Crop Management No. 24. Rome, FAO. www.fao.org/3/cb2186en/CB2186EN.pdf

Bonacich, E. & De Lara, J.D. 2009. *Economic crisis and the logistics industry: Financial insecurity for warehouse workers in the inland empire.* IRLE Working Paper No. 2009–13. UCLA, Los Angeles, USA. https://escholarship.org/uc/item/8rn2h9ch

Gittleman, M. & Monaco, K. 2020. Truck-driving jobs: Are they headed for rapid elimination? *ILR Review*, 73(1): 3–24.

England, P. 2010. The gender revolution: Uneven and stalled. *Gender and Society*, 24(2): 149–166.

Scott, A. & Davis-Sramek, B. 2021. *Driving in a man's world: Intra-occupational gender segregation in the trucking industry.* Working Paper. www.researchgate.net/publication/349104605_Driving_in_a_Man%27s_World_Intra-occupational_Gender_Segregation_in_the_Trucking_Industry

U.S. Bureau of Labor Statistics. 2022. Labor force statistics from the current population survey. في: *U.S. Bureau of Labor Statistics*. ورد ذكره في 18 مارس/آذار 2022. www.bls.gov/cps/cpsaat11.htm

Rapsomanikis, G. 2015. *The economic lives of smallholder farmers: An analysis based on household data from nine countries.* Rome, FAO. www.fao.org/3/i5251e/i5251e.pdf

Adu-Baffour, F., Daum, T. & Birner, R. 2019. Can small farms benefit from big companies' initiatives to promote mechanization in Africa? A case study from Zambia. *Food Policy*, 84: 133–145. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2019.03.007

Ogutu, S.O., Ochieng, D.O. & Qaim, M. 2020. Supermarket contracts and smallholder farmers: Implications for income and multidimensional poverty. *Food Policy*, 95: 101940. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101940

Gazzola, P., Grechi, D., Martinelli, I. & Pezzetti, R. 2022. The innovation of the cashierless store: a preliminary analysis in Italy. *Sustainability*, 14(4): 2034. https://doi.org/10.3390/su14042034

Rudd, J. 2019. Checking out productivity in grocery stores. *Beyond the Numbers: Productivity*, 8(15). (U.S. Bureau of Labor Statistics, December 2019). www.bls.gov/opub/btn/volume-8/checking-out-productivity-in-grocery-stores.htm

Reinartz, W., Wiegand, N. & Imschloss, M. 2019. The impact of digital transformation on the retailing value chain. *International Journal of Research in Marketing*, 36(3): 350–366. https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2018.12.002

Spruit, D. & Almenar, E. 2021. First market study in e-commerce food packaging: Resources, performance, and trends. *Food Packaging and Shelf Life*, 29: 100698.

Zhang, Y. & Huang, L. 2015. China's e-commerce development path and mode innovation of agricultural product based on business model canvas method. *WHICEB 2015 Proceedings*, 9. https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1076&context=whiceb2015

Zeng, Y., Jia, F., Wan, L. & Guo, H. 2017. E-commerce in agri-food sector: a systematic literature review. *International Food and Agribusiness Management Review*, 20(4): 439–460.

Cai, Y., Lang, Y., Zheng, S. & Zhang, Y. 2015. Research on the influence of e-commerce platform to agricultural logistics: An empirical analysis based on agricultural product marketing. *International Journal of Security and Its Applications*, 9(10): 287–296. http://article.nadiapub.com/IJSIA/vol9_no10/26.pdf

FAO & ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics). 2022. *Digital agriculture in action: selected case studies from India*. Country Investment Highlights No. 17. Rome, FAO and ICRISAT. www.fao.org/3/cc0017en/cc0017en.pdf

FAO & Zhejiang University. 2021. *Rural e-commerce development: experience from China.* Digital Agriculture Report. Rome, FAO. www.fao.org/3/cb4960en/cb4960en.pdf

FAO. 2015. *Understanding decent rural employment*. Rome. www.fao.org/3/bc270e/bc270e.pdf

Takeshima, H. & Vos, R. 2022. *Agricultural mechanisation and child labour in developing countries.* Background Study. Rome, FAO. www.fao.org/3/cb8550en/cb8550en.pdf

المراجع

Chege, C.G.K., Andersson, C.I.M. & Qaim, M. 2015. Impacts of supermarkets on farm household nutrition in Kenya. *World Development*, 72: 394–407. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.03.016 **37**

Baudron, F., Misiko, M., Getnet, B., Nazare, R., Sariah, J. & Kaumbutho, P. 2019. A farm-level assessment of labor and mechanization in Eastern and Southern Africa. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(2): 17. https://doi.org/10.1007/s13593-019-0563-5 **38**

Guilhoto, J.J.M., Barros, A., Marjotta-Maistro, M & Istake, M. 2002. *Mechanization process of the sugar cane harvest and its direct and indirect impact over the employment in Brazil and in its 5 macro regions.* MPRA Paper No. 38070. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/38070/1/MPRA_paper_38070.pdf **39**

Charlton, D. & Kostandini, G. 2021. Can technology compensate for a labor shortage? Effects of 287(g) immigration policies on the U.S. dairy industry. *American Journal of Agricultural Economics*, 103(1): 70–89. https://doi.org/10.1111/ajae.12125 **40**

Lowenberg-DeBoer, J., Yuelu Huang, I., Grigoriadis, V. & Blackmore, S. 2020. Economics of robots and automation in field crop production. *Precision Agriculture*, 21(2): 278–299. https://doi.org/10.1007/s11119-019-09667-5 **41**

Ortega, A.C., de Jesus, C.M. & Mouro, M. de C. 2009. Mecanização e emprego na cafeicultura do Cerrado Mineiro [Mechanization and job in the coffee growing of the Cerrado Mineiro]. *Revista Da ABET*, 8(2). https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/abet/article/view/15268/8674 **42**

Posadas, B.C., Knight, P.R., Coker, R.Y., Coker, C.H., Langlois, S.A. & Fain, G. 2008. Socioeconomic impact of automation on horticulture production firms in the Northern Gulf of Mexico region. *HortTechnology*, 18(4): 697–704. https://doi.org/10.21273/HORTTECH.18.4.697 **43**

Charlton, D. & Taylor, J.E. 2020. Rural school access and the agricultural transformation. *Agricultural Economics*, 51(5): 641–654. https://doi.org/10.1111/agec.12583 **44**

Taylor, J.E. & Charlton, D. 2018. *The farm labor problem: A global perspective.* Amsterdam, Elsevier Academic Press **45**

Lachia, N., Pichon, L. & Tisseyre, B. 2019. A collective framework to assess the adoption of precision agriculture in France: description and preliminary results after two years. In: J.V. Stafford, ed. *Precision agriculture '19.* pp. 851–857. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-888-9_105 **46**

Lowenberg-DeBoer, J. 2022. *Economics of adoption for digital automated technologies in agriculture.* Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Working Paper 22-10. Rome, FAO. **47**

Ma, M., Saitone, T.L., Volpe, R.J., Sexton, R.J & Saksena, M. 2019. Market concentration, market shares, and retail food prices: Evidence from the U.S. Women, Infants, and Children Program. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 41(3): 542–562. https://doi.org/10.1093/aepp/ppy016 **48**

Torero, M. 2019. Robotics and AI in food security and innovation: Why they matter and how to harness their power. In: J. von Braun, M.S. Archer, G.M. Reichberg & M. Sánchez Sorondo, eds. *Robotics, AI, and humanity: Science, ethics, and policy*, pp. 99–107. Springer. **49**

World Bank. 2020. *Poverty and shared prosperity 2020: Reversals of fortune*. Washington, DC, World Bank. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/34496 **50**

FAO. 2022. *Inclusion of persons with disabilities in FAO's work: Information Note*. Rome. وثيقة داخلية. **51**

Filipski, M., Aboudrare, A., Lybbert, T.J. & Taylor, J.E. 2017. Spice price spikes: Simulating impacts of saffron price volatility in a gendered local economy-wide model. *World Development*, 91: 84–99. https://arefiles.ucdavis.edu/uploads/filer_public/e3/9d/e39d6c38-56a6-4f56-8831-8947ef0648e2/2017_filipski_et_al_wd_spice_price_spikes.pdf **52**

Diiro, G.M., Fisher, M., Kassie, M., Muriithi, B.W. & Muricho, G. 2021. How does adoption of labor saving agricultural technologies affect intrahousehold resource allocations? The case of push-pull technology in Western Kenya. *Food Policy*, 102: 102114. http://oar.icrisat.org/11845/1/Impact%20of%20Push%20Pull%20Technology%20on%20Intra-Household%20Labour%20Allocation%20in%20Kenya.pdf **53**

Ceccarelli, T., Chauhan, A., Rambaldi, G., Kumar, I., Cappello, C., Janssen, S. & McCampbell, M. 2022. *Leveraging automation and digitalization for precision agriculture: Evidence from the case studies.* Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 24. Rome, FAO. **54**

Vemireddy, V. & Choudhary, A. 2021. A systematic review of labor-saving technologies: Implications for women in agriculture. *Global Food Security*, 29: 100541. **55**

Klerkx, L. & Rose, D. 2020. Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways? *Global Food Security*, 24: 100347. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100347

Ag-Incentives. 2022. *Ag-Incentives*. ورد ذكره في 4 مايو/أيار 2022. http://ag-incentives.org

FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO. 2022. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2022. Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable*. Rome, FAO. https://doi.org/10.4060/cc0639en

Daum, T. & Birner, R. 2017. The neglected governance challenges of agricultural mechanisation in Africa – insights from Ghana. *Food Security*, 9(5): 959–979. https://doi.org/10.1007/s12571-017-0716-9

Cramb, R. & Thepent, V. 2020. Evolution of agricultural mechanization in Thailand. في: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 165–201. Washington, DC, IFPRI. https://ebrary.ifpri.org/utils/getfile/collection/p15738coll2/id/134091/filename/134311.pdf

Justice, S. & Biggs, S. 2020. The spread of smaller engines and markets in machinery services in rural areas of South Asia. *Journal of Rural Studies*, 73: 10–20. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.11.013

IFC (International Finance Corporation). 2019. *The market opportunity for Productive Use Leveraging Solar Energy (PULSE) in sub-Saharan Africa*. Washington, DC. www.lightingglobal.org/wp-content/uploads/2019/09/PULSE-Report.pdf

Rose, D. 2022. *Agricultural automation: the past, present and future of adoption. The State of Food and Agriculture 2022, background paper*. Internal document.

Ministry of Transport and Communications, Finland. 2011. *Communications Market Act*. www.finlex.fi/en/laki/kaannokset/2003/en20030393.pdf

European Commission. 2020. *Facing the challenges of broadband deployment in rural and remote areas: A handbook for project promoters and policy makers*. www.byanatsforum.se/wp-content/uploads/2020/05/Broadband-handbook-2020pdf.pdf

Van Loon, J., Woltering, L., Krupnik, T.J., Baudron, F., Boa, M. & Govaerts, B. 2020. Scaling agricultural mechanization services in smallholder farming systems: Case studies from sub-Saharan Africa, South Asia, and Latin America. *Agricultural Systems*, 180: 102792. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102792

GIZ (German Agency for International Cooperation). 2020. *Gender-transformative change in practice: 6 case studies*. Agricultural Technical Vocational Education and Training for Women (ATVET4W). Pretoria. www.giz.de/en/downloads/giz2020_en_GTC%20in%20Practice_6%20Case%20Studies_Interactive.pdf

Majumder, J. & Shah, P. 2017. Mapping the role of women in Indian agriculture. *Annals of Anthropological Practice*, 41(2): 46–54. https://doi.org/10.1111/napa.12112

Theis, S., Sultana, N. & Krupnik, T.J. 2018. *Overcoming gender gaps in rural mechanization: Lessons from reaper-harvester service provision in Bangladesh*. GCAN Project Note 8. CSISA Research Note 9. Washington, DC, IFPRI. http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/132358

Flores Rojas, M. 2018. *Gender sensitive labour saving technology. Drum seeder: saving time, effort and money. A case study from the Lao People's Democratic Republic*. Bangkok, FAO. www.fao.org/3/i9464en/i9464en.pdf

FAO. 2019. *Fostering the uptake of labour-saving technologies: How to develop effective strategies to benefit rural women*. Rome. www.fao.org/3/CA2731EN/ca2731en.pdf

Daum, T., Adegbola, P.Y., Adegbola, C., Daudu, C., Issa, F., Kamau, G., Kergna, A.O. *et al.* 2022. Mechanization, digitalization, and rural youth - Stakeholder perceptions on three mega-topics for agricultural transformation in four African countries. *Global Food Security*, 32: 100616. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100616

Kim, J. 2019. Innovative technology in the agricultural sectors: Opportunities for green jobs or exacerbation of rural youth unemployment? *Proceedings of the Future of Work in Agriculture Conference*. Washington, DC. https://farmlabor.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk5936/files/inline-files/Jeongha%20Kim%3B%20Ag%20Tech.pdf

Khanna, M. 2021. Digital transformation of the agricultural sector: Pathways, drivers and policy implications. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 43(4): 1221–1242. https://doi.org/10.1002/aepp.13103

الفصل الخامس

Rose, D.C., Lyon, J., de Boon, A., Hanheide, M. & Pearson, S. 2021. Responsible development of autonomous robotics in agriculture. *Nature Food*, 2: 306–309. https://doi.org/10.1038/s43016-021-00287-9

المراجع

13 **Diao, X., Takeshima, H. & Zhang, X.** 2020. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* Washington, DC, IFPRI. https://ebrary.ifpri.org/digital/collection/p15738coll2/id/134095

14 **Kwet, M.** 2019. Digital colonialism is threatening the Global South. في: *الجزيرة*. ورد ذكره في 25 يوليو/تموز 2022. www.aljazeera.com/opinions/2019/3/13/digital-colonialism-is-threatening-the-global-south

15 **Ávila Pinto, R.** 2018. Digital sovereignty or digital colonialism. *International Journal on Human Rights*, 15(27): 15–27. https://sur.conectas.org/en/digital-sovereignty-or-digital-colonialism

16 **الاتحاد الأفريقي.** 2020. *مشروع استراتيجيّة التحول الرقمي لأفريقيا (2020-2030)*. أديس أبابا. https://au.int/sites/default/files/documents/38507-doc-ie25718_dts-arabic.pdf

17 **Smart Africa**. 2022. *AgriTech blueprint for Africa*. https://smart.africa/board/login/uploads/71613-continental-agritech-blueprint-eng.pdf

18 **FAO & ITU**. 2017. *E-agriculture strategy guide: A summary*. Bangkok. www.fao.org/3/i6909e/i6909e.pdf

19 **Ströh de Martínez, C., Feddersen, M. & Speicher, A.** 2016. *Food security in sub-Saharan Africa: A fresh look on agricultural mechanisation. How adapted financial solutions can make a difference*. Studies No. 91. Bonn, Germany, German Development Institute. www.die-gdi.de/uploads/media/Study_91.pdf

20 **Bhattarai, M., Singh, G., Takeshima, H. & Shekhawat, R.S.** 2020. Farm machinery use and the agricultural machinery industries in India. في: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 97–138. Washington, DC, IFPRI. https://ebrary.ifpri.org/digital/collection/p15738coll2/id/134090

21 **FAO & AUC**. 2018. *Sustainable agricultural mechanization: A framework for Africa*. Addis Ababa. www.fao.org/3/CA1136EN/ca1136en.pdf

22 **Ceccarelli, T., Chauhan, A., Rambaldi, G., Kumar, I., Cappello, C., Janssen, S. & McCampbell, M.** 2022. *Leveraging automation and digitalization for precision agriculture: Evidence from the case studies*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 24. Rome, FAO.

23 **Win, M.T., Belton, B. & Zhang, X.** 2020. Myanmar's rapid agricultural mechanization: Demand and supply evidence. في: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 263–284. Washington, DC, IFPRI. https://doi.org/10.2499/9780896293809_08

24 **Meyer, R.** 2011. *Subsidies as an instrument in agriculture finance: A review*. Washington, DC, World Bank. https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/12696/707300ESW0P1120ies0as0an0Instrument.pdf?sequence=1&isAllowed=y

25 **Houssou, N., Diao, X., Cossar, F., Kolavalli, S., Jimah, K. & Aboagye, P.O.** 2013. Agricultural mechanization in Ghana: Is specialization in agricultural mechanization a viable business model? *American Journal of Agricultural Economics*, 95(5): 1237–1244 https://doi.org/10.1093/ajae/aat026

26 **Daum, T., Huffman, W. & Birner, R.** 2018. *How to create conducive institutions to enable agricultural mechanization: A comparative historical study from the United States and Germany*. Economics Working Paper. Ames, USA, Department of Economics, Iowa State University. https://lib.dr.iastate.edu/econ_workingpapers/47

27 **Grain Producers Australia (GPA), Tractor and Machinery Association (TMA) & Society of Precision Agriculture Australia (SPAA)**. 2021. *Code of practice. Agricultural Mobile Field Machinery with Autonomous Functions in Australia*. www.graincentral.com/wp-content/uploads/2021/08/Code-of-Practice.pdf

28 **Lowenberg-DeBoer, J., Behrendt, K., Ehlers, M.-H., Dillon, C., Gabriel, A., Huang, I.Y., Kumwenda, I. *et al.*** 2021. Lessons to be learned in adoption of autonomous equipment for field crops. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 44(2): 848–864. https://doi.org/10.1002/aepp.13177

29 **Justice, S., Flores Rojas, M. & Basnyat, M.** 2022. *Empowering women farmers – A mechanization catalogue for practitioners*. Rome, FAO. www.fao.org/3/cb8681en/cb8681en.pdf

30 **Flores Rojas, M.** 2018. *Gender sensitive labour saving technology. Drum seeder: saving time, effort and money. A case study from the Lao People's Democratic Republic*. Bangkok, FAO. www.fao.org/3/i9464en/i9464en.pdf

31 **لجنة الأمن الغذائي العالمي.** 2014. *مبادئ الاستثمار الرشيد في نظم الزراعة والأغذية*. روما. https://www.fao.org/3/au866a/au866a.pdf

32 **Alves, B.J.R., Madari, B.E. & Boddey, R.M.** 2017. Integrated crop–livestock–forestry systems: prospects for a sustainable agricultural intensification. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 108: 1–4. https://doi.org/10.1007/s10705-017-9851-0

33 **McCampbell, M.** 2022. *Agricultural digitalization and automation in low- and middle-income countries: Evidence from ten case studies.* Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022.* FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 25. Rome, FAO.

34 **Northrup, D.L., Basso, B., Wang, M.Q., Morgan, C.L.S. & Benfey, P.N.** 2021. Novel technologies for emission reduction complement conservation agriculture to achieve negative emissions from row–crop production. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(28): e2022666118.

35 **منظمة الأغذية والزراعة.** 2020. الزراعة المحافظة على الموارد. في: *منظمة الأغذية والزراعة*. روما. ورد ذكرها في 1 أغسطس/آب 2022 https://www.fao.org/conservation-agriculture/ar

36 **Jaleta, M., Baudron, F., Krivokapic-Skoko, B. & Erenstein, O.** 2019. Agricultural mechanization and reduced tillage: antagonism or synergy? *International Journal of Agricultural Sustainability*, 17(3): 219–230. https://doi.org/10.1080/14735903.2019.1613742

37 **Giller, K.E., Witter, E., Corbeels, M. & Tittonell, P.** 2009. Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view. *Field Crops Research*, 114(1): 23–34. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.06.017

38 **Baudron, F., Nazare, R. & Matangi, D.** 2019. The role of mechanization in transformation of smallholder agriculture in Southern Africa: Experience from Zimbabwe. في: R. Sikora, E. Terry, P. Vlek & J. Chitja, eds. *Transforming agriculture in Southern Africa*, pp. 152–159. London, Routledge. www.taylorfrancis.com/chapters/oa-edit/10.4324/9780429401701-21/role-mechanization-transformation-smallholder-agriculture-southern-africa-fr%C3%A9d%C3%A9ric-baudron-raymond-nazare-dorcas-matangi

39 **منظمة الأغذية والزراعة.** 2022. السلوك التجاري المسؤول في الزراعة. في: *منظمة الأغذية والزراعة*. روما. ورد ذكرها في 29 يونيو/حزيران 2022. https://www.fao.org/responsible-business-conduct-in-agriculture/ar/

40 **European Commission**. 2022. *Just and sustainable economy: Commission lays down rules for companies to respect human rights and environment in global value chains.* Press Release. Brussels https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_1145

41 **Torero, M.** 2019. Robotics and AI in food security and innovation: Why they matter and how to harness their power. في: J. von Braun, M.S. Archer, G.M. Reichberg & M. Sánchez Sorondo, eds. *Robotics, AI, and humanity: Science, ethics, and policy*, pp. 99–107. Springer.

42 **Adu-Baffour, F., Daum, T. & Birner, R.** 2019. Can small farms benefit from big companies' initiatives to promote mechanization in Africa? A case study from Zambia. *Food Policy*, 84: 133–145. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2019.03.007

43 **Daum, T., Capezzone, F. & Birner, R.** 2021. Using smartphone app collected data to explore the link between mechanization and intra-household allocation of time in Zambia. *Agriculture and Human Values*, 38: 411–429. https://doi.org/10.1007/s10460-020-10160-3

44 **Sims, B., Hilmi, M. & Kienzle, J.** 2016. *Agricultural mechanization. A key input for sub-Saharan African smallholders.* Integrated Crop Management No. 23. Rome, FAO. www.fao.org/3/i6044e/i6044e.pdf

45 **Tsan, M., Totapally, S., Hailu, M. & Addom, B.** 2019. *The digitalisation of African agriculture report 2018-2019.* Wageninghen, Netherlands. CTA. www.cta.int/en/digitalisation-agriculture-africa

46 **Trendov, N.M., Varas, S. & Zeng, M.** 2019. *Digital technologies in agriculture and rural areas – Status report.* Rome, FAO. www.fao.org/3/ca4985en/CA4985EN.pdf

47 **Charlton, D., Hill, A.E. & Taylor, E.J.** 2022. *Automation and social impacts: winners and losers. Background paper for The State of Food and Agriculture 2022.* FAO Agricultural Development Economics Working Paper 22-09. Rome, FAO.

48 **Mapiye, O., Makombe, G., Molotsi, A., Dzama, K. & Mapiye, C.** 2021. Towards a revolutionized agricultural extension system for the sustainability of smallholder livestock production in developing countries: The potential role of ICTs. *Sustainability*, 13(11): 5868. https://doi.org/10.3390/su13115868

49 **Bhattacharyya, T., Wani, S.P. & Tiwary, P.** 2021. Empowerment of stakeholders for scaling-up: digital technologies for agricultural extension. في: S.P. Wani, K.V. Raju & T. Bhattacharyya, eds. *Scaling-up solutions for farmers*, pp. 121–147. Cham, Springer International Publishing. https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-77935-1_3

الملحق 1

McCampbell, M. 2022. *Agricultural digitalization and automation in low- and middle-income countries: Evidence from ten case studies.* Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022.* FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 25. Rome, FAO. 1

Ceccarelli, T., Chauhan, A., Rambaldi, G., Kumar, I., Cappello, C., Janssen, S. & McCampbell, M. 2022. *Leveraging automation and digitalization for precision agriculture: Evidence from the case studies.* Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022.* FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 24. Rome, FAO. 2

حالة العالم

2022

حالة الأغذية والزراعة

الاستفادة من الأتمتة في الزراعة لتحويل النُظم الزراعية والغذائية

تحدد الأتمتة ملامح الزراعة في العالم منذ مطلع القرن العشرين. وقد حققت الميكنة الآلية فوائد كبيرة من حيث تحسين الإنتاجية وتقليل المشقة وزيادة الكفاءة في توزيع العمالة، ولكن صاحبتها أيضًا بعض الآثار البيئية السلبية. وظهر في الآونة الأخيرة جيل جديد من تكنولوجيات الأتمتة الزراعية الرقمية التي يمكن أن تدفع بعجلة تحسين الإنتاجية، وكذلك القدرة على الصمود، بموازاة معالجة تحديات الاستدامة البيئية التي كانت مدفوعة بالميكنة في الماضي.

ويبحث تقرير *حالة الأغذية والزراعة 2022* في الدوافع الكامنة وراء استخدام الأتمتة في الزراعة، بما في ذلك التكنولوجيات الرقمية الحديثة. ويستند التقرير إلى 27 دراسة حالة لإجراء تحليل للجدوى التجارية للأخذ بتكنولوجيات الأتمتة الرقمية في مختلف نُظم الإنتاج الزراعي في جميع أنحاء العالم. ويشير التقرير إلى عدة عوائق تحول دون اعتماد هذه التكنولوجيات بصورة شاملة، ولا سيما من جانب صغار المنتجين. وتتمثل العوائق الرئيسية في انخفاض معدل الإلمام بالتكنولوجيا الرقمية والافتقار إلى البنية التحتية المؤاتية، مثل إمكانية الاتصال الإلكتروني والحصول على الكهرباء، بالإضافة إلى القيود المالية. ويقترح التقرير، استنادًا إلى هذا التحليل، سياسات لضمان استفادة الفئات المحرومة في الأقاليم النامية من الأتمتة الزراعية ومساهمة الأتمتة في بناء نظم زراعية وغذائية مستدامة وقادرة على الصمود.

ISBN 978-92-5-137026-1 ISSN 0256-1190

9 789251 370261

CB9479AR/1/12.22