الاستعراض العالمي للاستجابة الهندسية لجائحة كوفيد-19: الدروس المستفادة في التأهب والقدرة على مرونة

ملخص تنفيذي

وضعت الآثار المدمرة لجائحة كوفيد-19 قدرة المجتمعات في جميع أنحاء العالم على مرونة.

الآن، وبعد أكثر من عامين ونصف العام منذ بدء جائحة كوفيد-19، شهدنا **أمراضًا مستعصية وخسائر كبيرة في الأرواح، ونظمًا صحية وبنية تحتية مثقلة بالأعباء، واضطرابات عميقة في أنظمتنا الاجتماعية والاقتصادية — زيادة أوجه عدم المساواة وإضعاف النسيج الاجتماعي للمجتمعات على الصعيد العالمي.**[1] [2]مع استمرار تطور الجائحة وانتشارها في جميع أنحاء العالم، ثمَّة حاجة إلى **التفكر في فعالية استجابتنا حتى الآن وفي كيفية التعامل مع حل المشكلات بطريقة عملية في المستقبل.**

فقد كان المهندسون، الذين يدعمون لبنات بناء الأنظمة والمجتمعات، جزءًا لا يتجزأ من جهود التغلب على اهم التحديات الأكثر للجائحة إلحاحًا للجائحة.

فمنذ بدء الجائحة، **طوَّر المهندسون، بالتعاون في كثير من الأحيان مع العلماء أو واضعي السياسات أو قادة الأعمال، مجموعة واسعة من المهارات ونهج لحل المشكلات لمواجهة التحديات الناجمة عن الجائحة.** وقاموا بتصميم وتوزيع أدوات طبية منقذة للأرواح، وكان لهم دورٌ رائد في البحوث الجديدة والابتكار التكنولوجي، واستطاعوا الحفاظ على نظم وهياكل أساسية منهَكة بالعمل خلف الكواليس.

يهدف هذا التقرير إلى وضع المهندسين في بؤرة الاهتمام من خلال استعراض عالمي للإسهامات الهندسية في الوقاية من الجائحة والتأهب والاستجابة لها.

واستشرافًا للمستقبل، **سيواصل المهندسون لعب دور حيوي في الاستجابة لجائحة كوفيد-19 والمساهمة في تحقيق تعافٍ قوي ودعم الوقاية والتأهب للأوبئة في المستقبل.** يقيّم هذا الاستعراض الإسهامات الهندسية العالمية في الجائحة حتى الآن، ويستخلص الدروس المستفادة حول كيفية تعزيز إطلاق الإمكانات الكاملة لجماعات المهندسين.

يرتكز هذا التقرير على ستة تحديات رئيسية جرى مواجهتها خلال جائحة كوفيد-19 حيث قدَّم المهندسون إسهامات رئيسية على النحو التالي:

القيمة المستمدة من البيانات:

لعبت البيانات عالية الجودة وفي حينها دورًا حاسمًا لتنسيق الاستجابة للجائحة.[3] وعكف المهندسون على ضمان إتاحتها وتوحيدها لصناع القرار في القطاعين العام والخاص بصورة شبه آنية، وإمكانية تطبيقها من خلال الأدوات الرقمية القائمة على البيانات — مثل لوحات المعلومات أو النماذج أو تطبيقات تتبع المخالطين.

---

[1] COVID-19 situation update worldwide, European Centre for Disease Prevention and Control, 2022
[2] Impact of COVID-19 on people's livelihoods, their health and our food systems, WHO, 2020
[3] Four lessons the pandemic has taught us about health data, Steventon, 2021

الدخول في سباق مع الفيروس:

تطلب الانتشار السريع للفيروس تصميم أدوات صحية جديدة بسرعات غير مسبوقة وفي ظروف من عدم اليقين. وبالتعاون مع العلماء والأطباء، كان المهندسون في طليعة الصفوف لخروج هذا الابتكار إلى النور، حيث دعموا تصميم وإنتاج كل من الأدوات الطبية — مثل اللقاحات وأجهزة التنفس والاختبارات — بالإضافة إلى أدوات الرعاية الصحية الرقمية لدعم العاملين في القطاع الصحي الذين كانوا محملين بأعباءً تفوق طاقتهم.

التصميم من أجل تكافؤ فرص الوصول:

أثرت الجائحة على الناس بكل طوائفهم، في جميع أنحاء العالم — غير أنه لم يتأثر الناس على قدم المساواة. استطاع المهندسون، بتطبيق تصميم يركز على الإنسان ويراعي السياق، تصميم منتجات وخدمات مخصَّصة لتلبية احتياجات شتى المستخدمين والحد من عدم تكافؤ فرص الوصول — مثل المختبرات المتنقلة لإجراء الاختبارات في المناطق ذات البنية التحتية الضعيفة للاختبار، أو الأقنعة الواقية المناسبة لمجموعة من أشكال الوجه، أو أجهزة الاتصال بالفيديو للنزلاء في دار رعاية المسنين.

زيادة الإنتاج:

ومع ارتفاع الطلب العالمي على المنتجات الصحية الأساسية، أدت محدودية الطاقة الإنتاجية وتركيزها إلى حالات نقص في المنتجات وتباينات جغرافية.[54] أحدث المهندسون تحولًا في القدرات الصناعية الحالية — مثل تحويل تصنيع السيارات لصناعة أجهزة التنفس الصناعي — مع بناء قدرات جديدة — مثل التوسع في مرافق تصنيع اللقاحات في إفريقيا. وقام المهندسون أيضًا بتحسين عمليات الإنتاج من حيث السرعة والحجم، على سبيل المثال، باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لوضع النماذج الأولية سريعًا أو تصميم عمليات جديدة لتعبئة اللقاحات.

ترشيد التسليم:

أسفرت جائحة كوفيد-19 عن إنهاك سلاسل التوريد العالمية وتسببت في تأخيرات وعدم مساواة في الحصول على المواد الأساسية، الطبية وغير الطبية على حدٍ سواء.[76] واستطاع المهندسون تخفيف حدة هذه الاختلالات من خلال تسريع التحول إلى سلاسل التوريد الرقمية المتصلة ببعضها في شبكة، واستخدام الطائرات المسيَّرة وابتكارات سلاسل التبريد لإيصال المنتجات الصحية المعقدة إلى المناطق النائية، وقيادة بناء البنية الأساسية الحيوية في حالات الطوارئ، بما فيها المستشفيات ومراكز الاختبار.

تعزيز نظم المجتمع:

لمساعدة المجتمع على أداء وظيفته في ظل الفوضى الخلاقة الناجمة عن الجائحة، عزز المهندسون النظم الأساسية والبنية التحتية. حيث تأكدوا من قدرة المرافق الأساسية على الصمود، وعززوا الأبنية المجتمعية ووسائل النقل، وعززوا الاتصال الرقمي وتطبيقاته في التعليم والعمل عن بعد.

يعرض التقرير حجم الإسهامات الهندسية في جميع أنحاء العالم.

ويسلط هذا التقرير الضوء على أمثلة على الإسهامات الهندسية القيمة في الاستجابة لبعض أهم التحديات خلال الجائحة. وعلى الرغم من أن هذا التقرير لا يهدف إلى أن يكون شاملًا، فإنه يسعى إلى إظهار حجم الإسهامات في كلٍ من الاستجابة المباشرة للجائحة وضمان قدرة المجتمع الأوسع على الصمود. بالإضافة إلى ذلك، يهدف إلى استخلاص الدروس والأفكار النيرة الرئيسية لمواجهة الموجات المستقبلية من جائحة كوفيد-19 أو الجوائح المستقبلية.

بعض الأمثلة على الإسهامات الهندسية القيمة الواردة في هذا التقرير:

- تحسين أنظمة التهوية في **كندا**
- الإسراع في توزيع اللقاحات باستخدام التعلم الآلي في **الولايات المتحدة**

---

4 Ventilator market set to return to pre-pandemic levels in 2021, Merical Device Network, 2021
5 Export restrictions do not help fight COVID-19, UNCTAD, 2021
6 How COVID-19 impacted supply chains and what comes next, EY, 2021.
7 Global shortage of personal protective equipment, Burki T., 2020

- دعم إنتاج أجهزة التنفس من نوع الضغط الهوائي الإيجابي المستمر (CPAP) في **أمريكا اللاتينية**
- طباعة مسحات الأنف باستخدام شبكات موزعة من الطابعات ثلاثية الأبعاد في جميع أنحاء **الولايات المتحدة** لاختبارات كوفيد-19
- استخدام تحليل مياه الصرف الصحي لمراقبة انتشار جائحة كوفيد-19 في المجتمع في **الإكوادور** و**البرازيل**
- تصميم أجهزة إنترنت الأشياء لتتبع المؤشرات الحيوية وتخصيص استخدامها للمجتمعات المتنوعة في **بيرو**
- تطوير تشخيصات سريعة ومتنقلة وخارج المختبرات وميسورة من حيث التكلفة في **المملكة المتحدة**
- تطوير منصة توظيف رقمية مدعومة بالذكاء الاصطناعي في **تونس**
- بناء منشآت جديدة لتصنيع اللقاحات في **السنغال**
- استخدام الطائرات المسيَّرة لتوفير الاختبارات والعلاجات واللقاحات في **جمهورية الكونغو الديمقراطية** و**موزامبيق** و**ملاوي**
- تمكين شراء الإمدادات الحيوية من خلال منصة مدعومة بالذكاء الاصطناعي للبحث عن الموردين، مصممة في **ألمانيا**
- استخدام الذكاء الاصطناعي لتحسين اختبارات كوفيد-19 على حدود **اليونان**
- تصميم منصات تكنولوجيا التعليم الجديدة للتعليم عن بعد في **الأردن**
- إصلاح مكثفات الأكسجين في **ملاوي**
- استخدام البيانات الجغرافية المكانية والمتنقلة لسد فجوات البيانات في **جمهورية الكونغو الديمقراطية**
- تطوير جهاز تنفس شامل ومنخفض التكلفة في **جنوب إفريقيا**
- رفع كفاءة تخزين اللقاحات من حيث توفير استهلاك الطاقة ومقاومة الزلازل وامتلاك قدرات أكبر في **منغوليا**
- تحويل مصانع التصنيع عالية الدقة لبناء أجهزة تنفس صناعي لوحدة العناية المركزة في **باكستان**
- تصميم "مختبر متنقل" لاختبارات فيروس كورونا (كوفيد-19) في **الهند**
- تصميم أجهزة ضوء بالأشعة فوق البنفسجية لتعقيم السلالم المتحركة العامة في **كوريا الجنوبية**
- بناء مستشفيات الطوارئ بسرعة في **الصين**
- الوقاية من تفشي الأمراض الحيوانية المنشأ من خلال حلول برامج الإبلاغ المجتمعية في **كمبوديا** و**تايلند**
- التوسع في المنصات الرقمية لتوصيل الأغذية في **فيجي** أثناء عمليات الإغلاق
- توسيع نطاق الخدمات الصحية عن بُعد في **أستراليا** لتقديم الاستشارات عن بُعد

من خلال استكشاف هذه الإسهامات في التغلب على ستة تحديات رئيسية تمت مواجهتها خلال الجائحة، يستعرض التقرير مقومات النجاح بالإضافة إلى فرص تعزيز المزيد من القدرة على الصمود

1. القيمة المستمدة من البيانات

التحدي

• **احتاج صانعو القرار إلى بيانات عالية الجودة وفي حينها لفهم انتشار الفيروس وأثره** على صانعي السياسات لتنفيذ الاستجابات والأعمال لتحويل العمليات والأطباء لإدارة المستشفيات والمجتمعات لتنعم بالأمان.

• **على الرغم من ذلك، كانت هناك تحديات خطيرة عبر سلسلة قيمة البيانات** — بدءًا من جمع البيانات وتوحيدها، إلى تخزين البيانات وتبادلها بشكل آمن، إلى الإسراع في تطبيق التحليل والأدوات الرقمية وتعميمها.

الإسهامات الهندسية

• **عكف مهندسو البيانات والبرمجيات على التصدي للتحديات عبر سلسلة قيمة البيانات** بدءًا من جمع البيانات المفقودة — مثل استخدام البيانات المتنقلة في جمهورية الكونغو الديمقراطية لتقدير تنقل السكان[8] — إلى تجميع وتصور البيانات الحاسمة لاتخاذ القرارات — مثل تطبيق لعرض تعطل تقديم الخدمات الصحية الأساسية للعاملين في قطاع الصحة في أوغندا.[9]

[8] Using mobile big data to help inform the fight against COVID-19 in the Democratic Republic of Congo, GSMA, 2020

[9] UNICEF, Using Data Innovation to Improve Health Outcomes in Uganda, 2021

• **صمَّم المهندسون بعد ذلك أدوات جديدة استخدمت هذه البيانات،** مثل تطبيقات تتبع المخالطين والتعلم الآلي لتحسين العمليات وتسريعها — على سبيل المثال، استخدام الذكاء الاصطناعي (AI) على الحدود اليونانية لاختيار المسافرين الذين يجب اختبارهم[10] — ونشر المعلومات — مثل منظمة الصحة العالمية (WHO) التي تنشر روبوتات الدردشة لتبادل الرسائل الصحية بشكل تفاعلي.[11][12]

الدروس المستفادة

• **كثيرًا ما أعيقت الإمكانات الكاملة للهندسة في هذا السياق بسبب عدم كفاية الاستثمار في أنظمة البيانات الأساسية (شاملةً ربط البيانات من مصادر مختلفة) قبل الجائحة.** ويكمن جزء مهم من تحسين هذا التقدم في الاستثمار في مهندسين محليين متفانين يمكنهم بناء هذه الأنظمة وصيانتها على المدى الطويل.

• **ثمَّة حاجة أيضًا إلى مزيد من التواصل والتعاون بين خبراء البيانات وواضعي السياسات لضمان إدراك صانعي القرار قيود البيانات المتاحة وعدم إساءة استخدامها.** ويشمل ذلك: العمل بشكل تعاوني للتصدي للتحديات المتعلقة بتفسير البيانات وتقليل استخدام البيانات المتحيزة أو التمييزية وحماية خصوصية البيانات.

2. الدخول في سباق مع الفيروس

التحدي

• **ثمَّة حاجة ملحة إلى إيجاد حلول صحية في الخطوط الأمامية لإنقاذ الأرواح.** وشمل ذلك أدوات للكشف عن الفيروس واحتوائه وعلاجه والقضاء عليه، بالإضافة إلى إدارة الأنظمة الصحية المثقلة بالأعباء على نحوٍ متزايد.

• إن **إلحاح الجائحة وعدم اليقين** الذي يكتنفها يعني أن المبتكرين أُضطروا إلى التعجيل في البحث والتطوير ووضع الحلول إلى جانب مع الأدلة الناشئة.

• **يلزم أيضًا إدماج هذه الأدوات والخدمات الجديدة على وجه السرعة** في النظم الصحية القائمة، كل ذلك مع الحفاظ على الالتزام بالجودة والسلامة.

الإسهامات الهندسية

• **كان للمهندسين دور فعال في تقديم نتائج الأبحاث الجديدة إلى التطبيق في العالم الحقيقي في وقت قياسي،** مثل نقل لقاح من عينة الفيروسية إلى الاعتماد والتصنيع بسرعات غير مسبوقة، وطور المهندسون في جامعة أكسفورد أول اختبار سريع بعد ثلاثة أشهر فقط من بداية الجائحة.[13]

• **أحدثت هذه الابتكارات أثرًا هدامًا سيستمر لأجيال قادمة،** مثل تسارع الاتجاهات في الصحة الرقمية أو منصات اللقاحات الجديدة أو زيادة استخدام الروبوتات في المستشفيات. فعلى سبيل المثال، شهد تقديم الخدمات الصحية عن بُعد في أستراليا ازدهارًا، وأظهرت الدراسات انخفاضًا كبيرًا في معدلات الوفيات والوفورات الاقتصادية نتيجة لذلك.[14] [15]

الدروس المستفادة

• **عزَّزت الابتكارات المبنية على سنوات من البحث والتطوير القائمين، وسياق الأزمة الرغبة في تحمل المخاطر والتفكير خارج الإطار التقليدي.** وهذا يُلقي الضوء على أهمية التمويل المستدام والموجه نحو مهام محددة من أجل الابتكار.

---

10 Efficient and targeted COVID-19 border testing via reinforcement learning, Hamsa et al, Nature 2021,

11 WHO Chatbot available at: https://www.whatsapp.com/coronavirus/

12 WHO launches a chatbot on Facebook Messenger to combat COVID-19 misinformation, WHO 2020,

13 Oxford scientists develop rapid testing technology for COVID-19, University of Oxford, 2020

14 How Telehealth company Coviu used the pandemic to boost their business, Australian Institute of Company Directors, 2020

15 Health technology report, ATSE, 2020

• **كان من الممكن أن يؤدي المزيد من التنسيق والتعاون بين الباحثين إلى إحراز مزيد من التقدم.** فقد أدت الأبحاث التي كانت مكررة أو مجزأة أو على نطاق ضيق جدًا لتقديم الأدلة إلى إهدار الموارد.

• **ثمَّة حاجة إلى تفكير النظم وتكاملها للإسراع في اعتماد أدوات جديدة.** فقد كانت الابتكارات أكثر فعالية عندما استطاعت نظم الرعاية الصحية استيعابها بسرعة. وسيشكل معالجة تجزؤ البيئة التنظيمية العالمية عائقًا هامًا ينبغي التصدي له.

3. التصميم من أجل تكافؤ فرص الوصول

التحدي

• **لم تكن الأدوات والخدمات في كثير من الأحيان مناسبة بالقدر الكافي لتلبية تنوع المستخدمين والسياقات المتضررة من الوباء العالمي.** على سبيل المثال، وعلى الرغم من أنه كان من المرجَّح على الصعيد العالمي أن تعمل النساء كعاملات صحيات في الخطوط الأمامية، إلا أن معدات الحماية الشخصية (PPE) كانت مصممة عادةً للرجال وبذلك لم تكن مناسبة للعديد من العاملات الصحيات.[16]

• **أدت الجائحة أيضا إلى تفاقم أوجه عدم المساواة القائمة وأثرت بشكل غير متناسب على فئات معينة.** على سبيل المثال، أدى التحول إلى التعليم والعمل عن بُعد إلى تخلف أولئك الذين على الجانب "غير المرئي" من الفجوة الرقمية عن الركب.[17]

الإسهامات الهندسية

• **استطاع المهندسون، بتطبيق مبادئ التصميم التي محورها الإنسان، تلبية احتياجات مختلف المستخدمين.** على سبيل المثال، استخدم المهندسون في الصين ماسحات ضوئية زرقاء وطباعة ثلاثية الأبعاد لعمل بصمات وجه مخصصة مناسبة لشكل وجه أي شخص،[18] وصمم المهندسون في المملكة المتحدة جهاز فيديو CallGenie خصيصًا للمرضى في منازلهم لسد فجوات المعرفة الرقمية.[19]

• **قام المهندسون أيضًا بتحسين التصاميم في البيئات الشحيحة الموارد،** مع الأخذ في الاعتبار قيود ميزانية الأنظمة الصحية أو المستخدمين النهائيين أو البنية التحتية المتاحة أو القيود الجغرافية. على سبيل المثال، صمم المهندسون في جنوب إفريقيا جهاز تنفس متكامل أقل كثافة في استخدام الأكسجين يناسب مجموعة من البنى التحتية للأكسجين،[20] وأنشأ المهندسون في أكاديمية خان منصة تعليمية عن بُعد للأطفال الذين لا يتوفر لديهم اتصال بالإنترنت في المنزل.[21]

الدروس المستفادة

• **ثمَّة حاجة إلى بذل جهود متضافرة لضمان أن يطبق المهندسون باستمرار نهجًا يركز على المستخدم في التصميم.** أظهرت حالات التصاميم التي لم تكن مناسبة للغرض، مثل التحيز العنصري في قياس التأكسد النبضي[22] أو تطبيقات الذكاء الاصطناعي القائمة على مجموعات البيانات غير الشاملة[23]، أهمية تبني مبادئ التصميم التي محورها الإنسان بشكل أكثر تواترًا.

• **ثمَّة حاجة إلى المزيد لدعم الحلول المحلية وتوسيع نطاقها.** على الرغم من أن المبتكرين الأقرب إلى السياق المحلي غالبًا ما يكونون الأقدر على تصميم حلول مصممة خصيصًا، لم يتلقِ الباحثون والمبتكرون في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل تمويلًا كافيًا مقارنة بنظرائهم في البلدان مرتفعة الدخل، مما يحد من إمكانات مساهمتهم.[24] [25] وثمَّة حاجة إلى التمويل ليس فقط للاستجابة المخصصة للأزمات، ولكن للاستثمار المستدام أيضًا لتهيئة بيئة مواتية.

---

16 Medical PPE unfit for women on COVID-19 frontlines, Owings L, 2021
17 Digital Poverty and its Impact on Education Inequality, Learning Hive.2022
18 Customized design and 3D printing of face seal for an N95 filtering facepiece respirator, Cai et al, 2018
19 CallGenie - Video Calls Direct to Their TV, Age Space
20 OxERA® DEVICE, Umoya, 2021
21 Learning Equality, Kolibri, Date Accessed: July 2022
22 Covid: Pulse oxygen monitors work less well on darker skin, experts say, BBC, 2021
23 Hundreds of AI tools have been built to catch covid. None of them helped., MIT Technology Review, 2021
24 COVID-19 Research Project Tracker by UKCDR & GloPID-R, Date Accessed: June 2022
25 Expert interviews

4. زيادة الإنتاج

التحدي

• **ارتفع الطلب على المنتجات الصحية الأساسية في سياق جائحة كوفيد-19.** وفي الوقت ذاته، فرض أكثر من 80 بلدًا قيودًا على الصادرات،[26] مما ترك البلدان غير المنتجة عرضة لنقص الإمدادات، وتسبب في ارتفاع الأسعار إلى عنان السماء.

• **تعين على البلدان النظر إلى الداخل من أجل بناء القدرات الإنتاجية المحلية.** وفي الوقت ذاته، تعين على المنتجين والمصنعين التكيف مع التحديات الجديدة في مجالي الصحة والسلامة، فضلًا عن النقص الحاد في إمدادات المدخلات والمواد.[27]

الإسهامات الهندسية

• **استطاع المهندسون تحويل القدرات الصناعية بسرعة لتلبية الطلب على المنتجات الأساسية،** مثل تحول الشركات المصنعة للملابس في الهند إلى تصنيع معدات الوقاية الشخصية،[28] أو تطويع مصنع مرسيدس أيه إم جي لاستخدامه في تصنيع أجهزة التنفس.[29]

• **قام المهندسون أيضًا بدور رائد في تقنيات الإنتاج الحديثة لتيسير الإسراع في زيادة الإنتاج.** على سبيل المثال، تم استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد للإسراع في استخراج النماذج الأولية والتصنيع — مثل طباعة Formlabs ثلاثية الأبعاد 100000 مسحة أنفية لاختبارات كوفيد-19 لسد النقص في الولايات المتحدة.[30]

• **يقوم المهندسون بالفعل بدور حاسم في تعزيز القدرات المحلية للمستقبل،** مثل إنشاء مصانع جديدة للأكسجين بالقرب من مناطق الحاجة أو زيادة قدرات تصنيع اللقاحات داخل البلد.

الدروس المستفادة

• **سيلزم الاستثمار والتنويع المستدامين** للحفاظ على القدرة الإنتاجية من أجل القدرة على الصمود في المستقبل. على سبيل المثال، على الرغم من أن قدرات تصنيع اختبار كوفيد-19 شهدت زيادة بأكثر من 200% على مستوى العالم، إلا أن الحفاظ على هذه القدرة "على أهبة الاستعداد" عندما تنحسِر الجائحة لن يكون ممكنًا دون دعم مالي أو تنويع مخطط لاستخدامات أخرى.[31]

• **ستتطلب إعادة توزيع التصنيع العالمي لزيادة القدرة على الصمود محليًا بذل جهود هادفة ومعالجة العديد من القضايا،** من بينها الاستثمار في العمالة الماهرة، وتحقيق التوازن الصحيح في حماية الملكية الفكرية وتبادل المعرفة، وتحسين ظروف العمل.

5. ترشيد التسليم

التحدي

• **أدت القيود المفروضة على التجارة والسفر والعمل إلى تعطيل التدفقات حاسمة الأهمية من الأغذية والإمدادات الطبية ومدخلات التصنيع.** وتفاقم هذا الوضع بفعل تقلب الطلب وإثقال كاهل العاملين والبنية الأساسية.

---

26 Export restrictions do not help fight COVID-19, UNCTAD, 2021

27 Expert interviews

28 From clothing production to PPE manufacturing: factories pivot during the pandemic, Better Work, 2020

29 Coronavirus: inside story of how Mercedes F1 and academics fast- tracked life saving breathing aid, The Conversation, 2020

30 Formlabs' 3D Printed Naspharyngeal Test Swabs Honoured as a World Changing Deal by Fast Company, Formlabs, 2021

31 COVID-19 diagnostics: preserving manufacturing capacity for future pandemics, Hannay et al, 2022

• **على الصعيد العالمي، كان لهذه الاختلالات أثرٌ سلبي على مستوى الأفراد والشركات والاقتصاد.** فقد خلَّف النقص في السلع الأساسية الأفراد عرضة للخطر، وكذلك فعل تسريح الموظفين من العمل في مختلف القطاعات. وتؤدي عوائق الإنتاج ونقص العمال وحظر التصدير إلى الإضرار بالأعمال التجارية. وقد أثرت زيادات الأسعار وتوقف النمو التجاري على النمو الاقتصادي العام.[32]

الإسهامات الهندسية

• **تدخل المهندسون لمعالجة اختلالات سلاسل التوريد وضمان جهود الاستجابة الحرجة للجائحة.** وشمل ذلك تدخلات لإلقاء مزيد من الضوء على الصدمات الاقتصادية وتعطيل الأعمال، مثل أداة C3 مخزن بيانات الذكاء الاصطناعي للجائحة، وهي[33] أداة مدعومة بالذكاء الاصطناعي والتي سرعت من تحليل اختلالات سلاسل التوريد شديدة الأهمية. وشمل ذلك أيضًا تحسين البنية الأساسية المادية، مثل تحسين كفاءة تخزين اللقاحات في منغوليا لكي تكون فعالة من حيث توفير الطاقة ومقاومة للزلازل وبقدرة أربعة أضعاف قدرة المرافق السابقة.[34]

• **ساعدت هذه الإسهامات في وضع الأساس لزيادة قدرة سلاسل التوريد على الصمود والاستجابة وتضافر جهودها.** على سبيل المثال، في القطاع الزراعي، تُستخدم أجهزة إنترنت الأشياء (IoT) لإدارة المخزون تلقائيًا وعن بُعد، وتنبيه الجهات الفاعلة بشكل استباقي بانخفاض المخزون.[35] [36]

الدروس المستفادة

• **أظهرت الجائحة هشاشة سلاسل التوريد العالمية المعقدة، الأمر الذي جدد الاهتمام بتقصير سلاسل التوريد.**[37] وسيكون للمهندسين دور محوري في جهود "تعهيد الخدمات في البلدان القريبة" لزيادة القدرة على الصمود محليًا، سواءً في إدارة لوجستيات سلاسل التوريد الأقصر أو في توسيع الإنتاج المحلي.

• **يتطلب تسريع رقمنة سلاسل التوريد المزيد من التوحيد في الرقمنة عبر الشبكات وسلاسل القيمة.** في العديد من القطاعات، لم يتم بلوغ الإمكانات الكاملة للرقمنة لأن أجزاء من سلسلة القيمة استخدمت أنظمة غير متوافقة أو لم تقم بالرقمنة بنفس الوتيرة. سيشكل تزويد القوى العاملة بالمهارات الرقمية مكونًا رئيسيًا لتحسين ذلك.

6. تعزيز نظم المجتمع

التحدي

• **لا بُد أن تكون النظم الأساسية والبنية التحتية للمجتمع قادرة على الصمود في وجه الاضطرابات الناجمة عن الجائحة.** وشمل ذلك النظم التي تربط بين مرافق الطاقة والمياه، فضلًا عن الهياكل الأساسية المادية والرقمية. كما أن قدرتها الهيكلية على الصمود شرط مسبق لتحقيق نتائج صحية إيجابية. فعلى سبيل المثال، لا يمكن للمستشفيات أن تعمل دون الحصول على المياه النظيفة أو إمداد ثابت من طاقة الكهرباء.

• **ثمَّة حاجة أيضا إلى نظم قادرة على الصمود وقابلة للتكيف لتيسير التحول إلى الوضع الطبيعي الجديد؛** مثل توسيع نطاق الاتصال بالشبكة لتمكين العمل والتعليم عن بعد.

الإسهامات الهندسية

• **عزز المهندسون أنظمة المجتمع لتحسين النتائج الصحية والقدرة المجتمعية على الصمود.** على سبيل المثال، قام الفنيون الممولون من شركة PowerAfrica بتوسيع نطاق استخدام الطاقة الشمسية لتشمل مراكز الرعاية الصحية الريفية في إفريقيا جنوب الصحراء الكبرى؛[38] وفي إيران، عمل مهندسو الشبكات على زيادة سرعات الإنترنت ـــ العمود الفقري اللازم لتيسير التحول إلى العمل والتعليم عن بُعد على الصعيد العالمي.

---

32 Supply chain disruptions and the effects on the global economy, ECB, 2021
33 C3.AI Data Lake, website
34 Responding To The Covid-19 Crisis In Mongolia With A Climate-friendly Central Vaccine Store, World Bank, 2022.
35 IoT and the Supply Chain: How Machine Learning Eases Bottlenecks, DIGI, 2021
36 See, for example: IoT and the Coffee Supply Chain, DIGI, 2021
37 Building back better: A sustainable, resilient recovery after COVID-19, OECD, 20
38 7Solar energy ensures reliable power to India's rural health clinics, Energizing rural India, 2021

• **على الرغم من عدم الاعتراف بهؤلاء المهندسين عادة على هذا النحو، إلا أنهم كانوا عمالًا أساسيين،** وفي بعض الحالات واجهوا خطر حدوث عدوى مباشرة؛ مثل مهندسي الصرف الصحي الذين يعملون على تعزيز أنظمة التخلص الآمن من المنتجات الملوثة.[39]

• **سيكون للعديد من هذه الأنظمة المعززة تأثير دائم بعد الجائحة.** ستغير الابتكارات التي تحدث تغيرات جذرية في أنظمة الهاتف المحمول والإنترنت بشكل أساسي كيفية عملنا ودراستنا وتكويننا الاجتماعي. وبالمثل، فإن زيادة استخدام إنترنت الأشياء والأتمتة سيبشر بعهد جديد من استجابة البنية التحتية للتغيير وإدارتها.

الدروس المستفادة

• **يجب إشراك المهندسين في مرحلة مبكرة لتوجيه عملية صنع القرار.** فقد أدى البطء في استشارة الخبراء الهندسيين، مثل خبراء التهوية أو الصرف الصحي، إلى تأخيرات حرجة في تحسين المبادئ التوجيهية وتحسين الهياكل الأساسية.[40] بالإضافة إلى ذلك، يجب تحسين توعية الجمهور بهذه المدخلات الهندسية.

• **يلزم اتباع نهج النظم.** ستشهد إعادة البناء بشكل أقوى مزيدًا من الترابط بين النظم، مثل تعزيز الروابط بين النظم الرقمية والمادية، وسيحتاج المهندسون إلى ضمان أن تكون هذه الأنظمة المتزايدة التعقيد قوية.[41]

• **يجب على المهندسين أيضًا إدارة المخاطر الجديدة المرتبطة بزيادة الرقمنة،** بما في ذلك العمل على ضمان الشمولية في الوصول والتصدي لتحديات الأمن السيبراني.

من بين الإسهامات، يسلط هذا الاستعراض الضوء أيضًا على ست دراسات حالة محددة

1. القيمة المستمدة من البيانات

أدوات مراقبة مجتمعية غير ربحية "للقضاء على الأوبئة" يتم إنشاؤها بشكل مشترك لمنع تفشي الأمراض الحيوانية المنشأ في تايلاند وكمبوديا

استخدام "EpiHacks" — عملية تعاونية لجمع مهندسي البرمجيات والتقنيين المحليين مع مسؤولي الصحة العامة وصحة الحيوان لحل المشكلات — دعم القضاء على الأوبئة المجتمعات لتصميم واستخدام التطبيقات الرقمية والخطوط الساخنة للإبلاغ عن حالات تفشي الأمراض الحيوانية والبشرية.

لمحة سريعة على الآثار المترتبة

• اعتماد الإبلاغ المجتمعي على نطاق واسع، مما يؤدي إلى نجاح الإبلاغ واحتواء المئات من تفشي الأمراض البشرية والحيوانية.

• التكييف السريع لأدوات المراقبة الحالية للإبلاغ عن حالات الإصابة بكوفيد-19 — تشكل 90% من الحالات المكتشفة في كمبوديا.

2. الدخول في سباق مع الفيروس

تعاونت شركة يو سي إل ومرسيدس أيه إم جي لتطوير وإنتاج أجهزة التنفس من نوع الضغط الهوائي الإيجابي المستمر بسرعة ودعم نقل التكنولوجيا العالمية

استجابة للنقص الحاد، صمم المهندسون من شركة يو سي إل نموذجًا أوليًا لأجهزة التنفس في أقل من 100 ساعة وأقامت شراكة مع مرسيدس أيه إم جي، التي طوعت استخدام مصانع الفورمولا 1 لإنتاج 1000 جهاز تنفس في اليوم. وقد أتيح التصميم المفتوح المصدر للمصنعين المحليين على الصعيد العالمي.

---

[39] Telecom security during a pandemic, Enisa, 2020

[40] Expert interviews.

[41] A systems approach to infrastructure delivery, Institution of Civil Engineers, 2020

لمحة سريعة على الآثار المترتبة

• تم توفير 10000 جهاز تنفس في المملكة المتحدة.

• أكثر من 2000 تنزيل لتصميم المخططات.

• مشاركتها مع 25 اتحادًا عالميًا تمكنوا من بدء إنتاجها محليًا.

3. التصميم من أجل تكافؤ فرص الوصول

عالجت الابتكارات في مجال اختبارات مياه الصرف الصحي الثغرات في الوصول إلى الاختبارات والاستفادة منها للمجتمعات المحرومة في الأمريكتين

نشر المهندسون تقنية اختبار مياه الصرف الصحي للكشف عن كمية فيروس كورونا (كوفيد-19) في أنظمة الصرف الصحي. لم يساعد اختبار مياه الصرف الصحي في الكشف عن المتحورات وتوفير مؤشر مبكر لارتفاع حالات الإصابة فحسب، بل شمل أيضًا السكان الذين يعانون من نقص في الخدمات في جهود مراقبة انتشار جائحة كوفيد-19.

لمحة سريعة على الآثار المترتبة

• يسَّر المهندسون إشراك السكان الذين يعانون من نقص في الخدمات في البيانات عن كوفيد-19 على مستوى المجتمعات المحلية.

• استطاعوا تيسير تتبع وجود متحورات كوفيد-19 من اختبارات PCR التقليدية.

• نفذت بنجاح في أكثر من 50 بلدًا في جميع أنحاء العالم.

4. زيادة الإنتاج

بدأت مبادرات أصحاب المصلحة المتعددين في بناء قدرات تصنيع اللقاحات في قارة إفريقيا

أكدت جائحة كوفيد-19 اعتماد إفريقيا على اللقاحات المستوردة. منذ الجائحة، بدأت المبادرات العامة والخاصة في بناء قدرات تطوير اللقاحات الشاملة وتصنيعها في جميع أنحاء القارة.

لمحة سريعة على الآثار المترتبة

• منذ بدء الجائحة، التزم أصحاب المصلحة في الجزائر ومصر والمغرب ورواندا ونيجيريا والسنغال وجنوب أفريقيا بخطط لتوسيع تصنيع اللقاحات أو بدأوا في إنتاجها.

5. ترشيد التسليم

أقامت VillageReach، وهي منظمة غير حكومية تعمل في قطاع التكنولوجيا من أجل الصحة، شراكة مع مطوري الطائرات المسيَّرة لنقل الإمدادات الطبية إلى المناطق التي يصعب الوصول إليها في جمهورية الكونغو الديمقراطية وملاوي وموزامبيق

وخلال الجائحة، قامت منظمة VillageReach بتكييف شبكات النقل التي تدعمها الطائرات المسيَّرة لسد الفجوات في تسليم الأدوات الطبية الخاصة بالجائحة للمجتمعات النائية — مثل المجتمعات التي تعاني من سوء حالة الطرق أو التي يتعذر الوصول إليها بسبب الفيضانات.

لمحة سريعة على الآثار المترتبة

• الاستجابة السريعة من خلال تكييف الأنظمة الحالية لتلائم السياقات والاحتياجات الجديدة.

• زيادة سرعة تشخيص وعلاج حالات الإصابة بكوفيد-19 والأمراض الأخرى.

• توفير إمكانية الحصول على الأدوية واللقاحات لآلاف المرضى في المناطق النائية.

6. تعزيز نظم المجتمع

قام مشروع Edtech للمبادرات التعليمية، بتكييف برامج التعلم الإلكتروني الخاص به للوصول إلى المجتمع والتخفيف من فقدان التعلم في الهند

وفي سياق الإغلاق المطول للمدارس في الهند، ركزت المبادرات التعليمية على الحلول التكنولوجية لإتاحة الوصول إلى المدارس من المنازل والمجتمعات المحلية. للبرنامج أثرُ قوي على نتائج التعلم باستخدام تكنولوجيا التعلم التكيفي لتكييف محتوى التعلم من خلال معرفة مستوى المستخدمين.

لمحة سريعة على الآثار المترتبة

• وصل إلى نحو 125000 طالب، العديد منهم في أسر تعاني من ضعف الاتصال بالإنترنت.

• خفف من حدة فقدان التعلم: وفقًا لإحدى الدراسات، حقق الطلاب نتائج تعليمية خمسة أضعاف أعلى من الأهداف المحددة ومقارنة بأقرانهم الذي ن لم يحصلوا على حل المبادرات التعليمية.

في الختام، يوضح الاستعراض المقومات الرئيسية التي استطاع المهندسين من خلالها إحداث تأثير في الاستجابة لجائحة كوفيد-19.

بالتفكر في هذه المقومات، يدعو هذا التقرير المجتمعات الهندسية وواضعي السياسات والجهات الفاعلة في مجال الصحة العامة والأوساط الأكاديمية والممولين إلى العمل على تعظيم قيمة الهندسة في القدرة على مواجهة الأوبئة في المستقبل

مقومات التأثير

الالتفاف حول إحساس مشترك بالهدف. فقد مكن ذلك المهندسين من خوض المخاطرة أو الابتكار في أطر زمنية غير مسبوقة؛ على سبيل المثال، أخذ لقاح من العينة الفيروسية لاعتمادها ووضعها قيد التصنيع في أقل من عام.

المرونة في استخدام الأنظمة الحالية. كانت للأنظمة ونماذج الأعمال التي يمكنها أن تتحمل الصدمات أو التحول أهمية حاسمة للقدرة على الصمود؛ مثل تحول مصانع السيارات إلى إنشاء أجهزة التنفس الصناعي أو تكييف التطبيقات الصحية الحالية لتقديم الاستشارات عن بعد.

تحسينها في البيئات شحيحة الموارد على المدى القصير؛ وتعزيز النظم الصحية والقدرات الصناعية على المدى الطويل. قام المهندسون بتحسين الحلول للسياقات الشحيحة الموارد، مثل المختبرات المتنقلة للمناطق التي تعاني من محدودية البنية التحتية الصحية. ومع ذلك، سيتطلب ذلك على المدى الطويل سد الفجوات النظامية في هذه الأوساط — مثل بناء قدرة التصنيع أو توسيع نطاق الاتصال.

تطبيق تفكير النظم ومراعاة السياق الأوسع للتدخل. وشمل ذلك تهيئة ابتكار الطائرات المسيَّرة للعمل ضمن أنظمة تقديم الخدمات الصحية الحالية أو العمل مع أعضاء المجتمع لتوجيه الاستفادة من حلول تكنولوجيا التعليم الجديدة.

دعوات للعمل

تحديد فجوات القدرة على الصمود تجاه الجائحة بشكل منهجي وتوجيه التمويل بشكل إستراتيجي لسد تلك الفجوات.

مع مراعاة الدروس المستفادة، ثمَّة حاجة إلى استعراضات أكثر منهجية وتخطيط أفضل وتمويل منسق لتحسين القدرة المجتمعية على الصمود. تشمل التدخلات المحتملة ما يلي:

• إجراء مراجعات للقدرة على الصمود (باستخدام تفكير النظم) لتحديد مجالات تعزيز المؤسسات أو آليات الاستجابة؛

• تحديث مجموعات البيانات ونظم البيانات المستخدمة في صنع القرارات ونبذ التحيز؛

• إعادة توجيه أفرقة العمل المعنية بالاستجابة لحالات الطوارئ بمزيد من القدرات الهندسية؛

• توفير التمويل وفقا لأولويات وأهداف مشتركة محددة مسبقًا.

مقومات التأثير

توظيف المهارات والقدرات المتخصصة. يكتسي تطبيق المهارات التقنية، بدءًا من تحليل البيانات إلى بناء المنشآت في حالات الطوارئ، أهمية حاسمة. فضلًا عن ذلك، عندما كان المهندسون قريبين من المجتمعات التي كانوا يخدمونها، قاموا بتكييف مهاراتهم لتقديم حلول مناسبة للغرض.

دعوات للعمل

تعزيز تدريب وقدرات المهندسين المحليين، مع مراعاة المهارات اللازمة للاستجابة والقدرة على الصمود أثناء تفشي الأوبئة. كشفت التجربة المستمدة من جائحة كوفيد-19عن تنوع المهارات التقنية وغير التقنية اللازمة لتنفيذ استجابة قوية، وكذلك في البيئات التي تفتقر إلى ذلك. تشمل التدخلات المحتملة ما يلي:

• تنفيذ تخطيط القوى العاملة لتحديد وسد الفجوات في المهارات للاستجابات المستقبلية؛

• على المدى القصير، سد الفجوات في القدرات من خلال برامج التبادل أو التدريب التي تعقد مرة واحدة؛

• على المدى الطويل، دعم الجامعات المحلية ومزودي المهارات لتصميم المناهج الدراسية وتدريب المعلمين وإقامة الروابط الأكاديمية والصناعية التي تسد الثغرات في المهارات الخاصة بالجائحة.

مقومات التأثير

التعلم عبر مختلف البلدان. تعاون المهندسون من مختلف البلدان ويسروا عمليات نقل التكنولوجيا عالميًا، بما في ذلك التعلم من المبتكرين في البيئات المحدودة الموارد.

التنسيق عبر مختلف التخصصات والقطاعات. لزم القيام بذلك لمعالجة المشاكل المعقدة من زوايا متعددة، مثل تعاون المهندسين بشكل وثيق مع واضعي السياسات العامة أو الممارسين الصحيين لفهم احتياجاتهم وتصميم الحلول معًا.

تنمية التواصل الفعال بين الخبراء التقنيين وصناع القرار وعامة الجمهور. وفي سياق عدم اليقين، يتعين على المهندسين والخبراء التقنيين بناء ثقة وفهم واضعي السياسات وعامة الجمهور حول مواضيع معقدة وسريعة التغير.

دعوات للعمل

إنشاء ودعم آليات للتعاون عبر التخصصات والبلدان، التي تثابر في سياق الأزمة.

وتتطلب القدرة على مواجهة الأوبئة اتخاذ إجراءات منسقة عبر البلدان والتخصصات. يجب إنشاء أو تعزيز أنظمة لتيسير هذا خلال "أوقات السلم". تشمل التدخلات المحتملة ما يلي:

• تصميم وتمويل فرق أو برامج الابتكار (مثل حاضنات الأعمال) التي تربط الهندسة بالتخصصات الأخرى؛

• إنشاء منصات أو منتديات التعاون الرقمي وتعزيزها وصيانتها بنشاط، والاستفادة من الزخم الذي بدأ أثناء جائحة كوفيد-19؛

• دعم المبادرات الرامية إلى زيادة اعتماد معايير علمية مفتوحة وتقاسم البيانات؛

• إدارة برامج تركز على إقامة اتصالات فعالة بين الخبراء التقنيين وواضعي السياسات وعامة الجمهور.