



LA DIGITALIZZAZIONE ALLE PORTE DEL SETTORE ELETTRICO

Digitalisation is entering the electricity sector and deeply reshaping it. Such process builds first on a set of changes in the infrastructure, with the establishment of a network of interconnected digital devices and the deployment of an IT layer smartening bricks-and-mortar assets. Digitalisation involves also changes in markets, focused on the emergence of digital platforms for trade and consumption. Finally, the digital frontier envisages the possibility to eliminate traditional intermediaries and replace the active role of consumers through the adoption of new technologies like the blockchain, the internet of things and the artificial intelligence.

La digitalizzazione sta penetrando il settore elettrico causandone una profonda riconfigurazione. Tale processo si sviluppa a partire da una serie di cambiamenti nelle infrastrutture, con la creazione di una rete di dispositivi digitali interconnessi e la dotazione di uno strato IT in grado di rendere più intelligente gli asset fisici. La digitalizzazione implica cambiamenti anche nei mercati, come le piattaforme digitali per lo scambio e il consumo. Infine, la frontiera digitale prevede la possibilità di eliminare gli intermediari tradizionali e il ruolo attivo dei consumatori per mezzo di nuove tecnologie come la blockchain, l'internet delle cose e l'intelligenza artificiale.

La digitalizzazione è una delle principali tendenze del mondo attuale. Una chiara comprensione delle sue implicazioni per i mercati, i modelli di business e le politiche pubbliche è tuttavia ancora in divenire.

In questo articolo, identifichiamo sei elementi fondamentali (*building blocks*) che guidano il processo di digitalizzazione e che possono essere utilizzati come una bussola per orientarsi tra i cambiamenti che stanno avvenendo nel settore elettrico. Questi elementi, raggruppati in tre coppie, sono (Fig. 1):

(1) cambiamenti infrastrutturali, che comprendono la realizzazione di infrastrutture digitali in senso stretto e il dispiegamento di quelle intelligenti all'interno delle reti fisiche (*bricks-and-mortar networks*);

(2) cambiamenti nei mercati, che includono le piattaforme per la produzione e il consumo digitale diretto e le piattaforme per le interazioni nei mercati a due versanti (*two-sided markets*);

(3) la frontiera digitale, che abbraccia le comunità digitali per le transazioni senza intermediari tra pari (*peer-to-peer*, P2P), e i «resort virtuali» per l'intelligenza artificiale (IA).

1. I CAMBIAMENTI NELLE INFRASTRUTTURE (BUILDING BLOCKS 1 E 2)

Il primo *building block* per comprendere la digitalizzazione è la costruzione di infrastrutture digitali in senso stretto, aventi la capacità di trasformare dati e informazioni in sequenze di 0 e 1, che possono essere lette, processate, combinate, immagazzinate, trasmesse, ricevute e utilizzate per prendere decisioni, sia in maniera automatizzata sia «manualmente» da un essere umano. Lo sviluppo di queste infrastrutture ha avuto inizio negli anni Sessanta e Settanta del secolo scorso con i primi e costosi *mainframe*, tra di loro non interconnessi e dal difficile utilizzo per un utente non specializzato, tanto che solo le università più importanti e alcuni

* Direttore, Florence School of Regulation
jean-michel.glachant@eui.eu

** Ricercatore, Florence School of Regulation
nicolo.rossetto@eui.eu

enti governativi potevano permettersi ed erano in grado di usarli.

A partire dagli anni Ottanta e Novanta si registrò un'accelerazione con la diffusione dei primi personal computer, dotati di un'interfaccia macchina-utente semplificata, e la nascita di internet, in grado di collegare tra loro tutte le reti digitali «locali». Oggi, lo sviluppo delle infrastrutture digitali procede alla massima velocità con l'adozione di milioni di computer portatili, smartphone e tablet e la costruzione di reti wireless 3G/4G, che permettono un accesso continuo alla rete internet. Questo insieme di infrastrutture digitali, così diverso da quello di appena trenta anni fa, è onnipresente e, in un certo senso, universale, perché consente, grazie a internet e al quasi duopolio dei sistemi operativi Android-iOS, una crescente interconnessione e interoperabilità per tutti i vari «universi locali» fatti di specifici dispositivi, software e sistemi operativi.

Benché fondamentale, la creazione di infrastrutture digitali che consentono l'accesso al mondo digitale e alla miriade di prodotti che esso offre non esaurisce tutti i cambiamenti infrastrutturali che stanno alla base della digitalizzazione. Parimenti importante è infatti la dotazione di infrastrutture «intelligenti» (*smart*) all'interno delle reti fisiche. Un esempio può chiarire il passaggio. Negli scorsi decenni, le compagnie aeree hanno digitalizzato le loro attività fisiche, consentendo la vendita di biglietti o l'espletamento delle procedure per il check-in online; le compagnie hanno anche equipaggiato i loro aeroplani con sensori e dispositivi di controllo, rendendo così possibili pratiche come la manutenzione predittiva o il volo con il pilota automatico. Tutto ciò rappresenta una forma di digitalizzazione di tipo «back-office», in cui il capitale fisico utilizzato per produrre un bene o offrire un servizio diventa più intelligente e consente una migliore e più conveniente esecuzione dei processi produttivi già esistenti. Tuttavia, le infrastrutture fisiche

rese intelligenti dalla digitalizzazione consentono anche di operare in modo nuovo le risorse disponibili, permettendo così la produzione di servizi innovativi e altamente personalizzati, cosa prima non possibile. Un esempio evidente di ciò è il circuito per la consegna a domicilio dei prodotti acquistati online, che imprese come Amazon hanno sviluppato grazie alla piena integrazione delle tecnologie digitali nei loro magazzini e sistemi di distribuzione.

Questi cambiamenti infrastrutturali consentono una crescente interconnessione e interattività, una riduzione dei costi, un miglioramento nella qualità e sicurezza (*safety*) del servizio, nonché la possibilità di realizzare offerte mirate e personalizzate, altamente apprezzate dai clienti finali. Al tempo stesso, questi cambiamenti pongono anche una serie di minacce alla riservatezza (*privacy*) e alla sicurezza digitale (*cybersecurity*) di imprese e utenti, sollevando, una volta combinati con i cambiamenti nel mercato descritti più sotto, questioni come la discriminazione degli utenti, il potere e la concentrazione di mercato.

1.1. Implicazioni per il settore elettrico

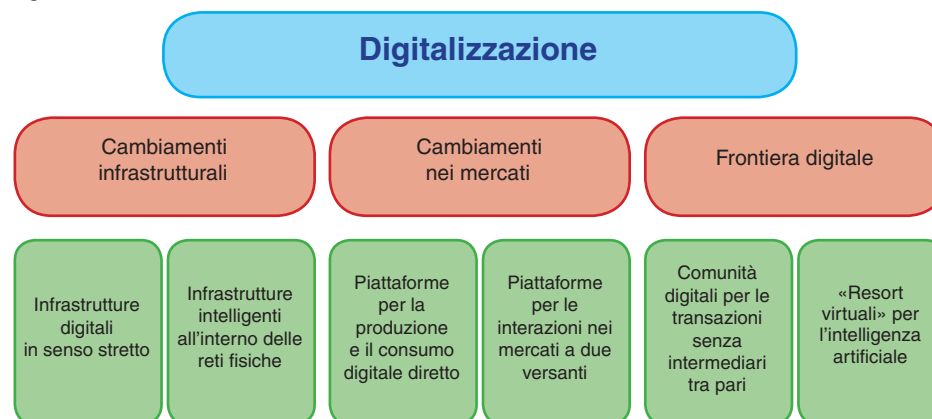
La possibilità di utilizzare terminali elettronici e algoritmi per la definizione dei prezzi, nonché l'accesso a internet, hanno trasformato il settore elettrico già negli

anni Novanta, consentendo lo sviluppo dei primi mercati all'ingrosso dell'elettricità – si pensi al Power Pool inglese o all'interconnessione PJM negli Stati Uniti – e la loro efficace integrazione con l'operazione del sistema elettrico nel suo complesso.

Sensori e dispositivi di controllo sono stati applicati alle reti elettriche, cominciando con le reti di trasmissione dell'energia e successivamente coinvolgendo anche quelle di distribuzione. Ciò ha dato vita alle cosiddette reti intelligenti (*smart grid*), che fino ad ora rappresentano un esempio di digitalizzazione «back-office» del sistema e dei mercati dell'elettricità. Reti e contatori intelligenti di tipo «1.0» permettono infatti alle imprese di distribuzione e di vendita di ridurre i costi di misura dei consumi, accelerare le procedure di cambio del fornitore o di identificare meglio eventuali furti di elettricità. Non sono invece ancora in grado di creare uno spazio operativo universale e interconnesso e – cosa ancora più importante – non offrono servizi radicalmente nuovi o soluzioni su misura per gli utenti elettrici.

Una nuova generazione di reti e contatori intelligenti è in vista ⁽¹⁾. Essa è concepita per affrontare le radicali novità che stanno emergendo nel settore, in particolare a livello di reti di distribuzione, come ad esempio la generazione e i sistemi di accumulo distribuiti, le micro-reti, i veicoli elettrici, gli edifici e le città intelligenti. Tale

Fig. 1 - I SEI ELEMENTI FONDAMENTALI PER COMPRENDERE LA DIGITALIZZAZIONE

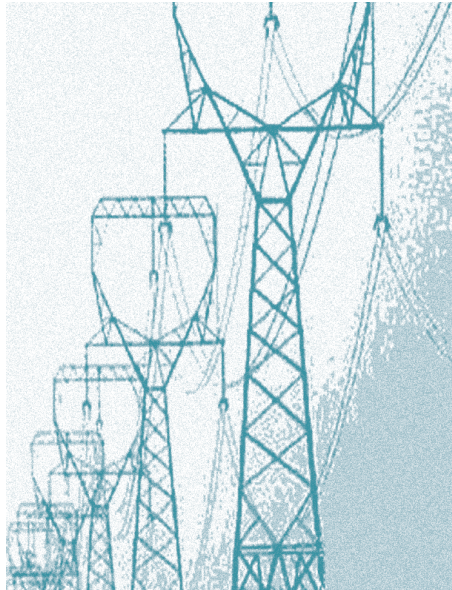


«rete intelligente 2.0» ha il potenziale per condurre a una profonda trasformazione del modello di business delle imprese elettriche. Nonostante ciò, i progressi fino ad ora sono stati limitati – basti pensare al fatto che i contatori digitali installati in questi anni sono per lo più relativamente stupidi (*dumb*), in quanto spesso offrono un'interfaccia molto rudimentale e nessuna funzionalità particolarmente innovativa per gli utenti finali. È per questo che nel settore elettrico la rivoluzione potrebbe venire non dalle imprese elettriche e dalle reti pubbliche soggette a regolazione, bensì dallo spazio che sta al di là del contatore (*behind the meter*). È da là che il sistema tradizionale potrebbe essere presto scosso (2).

2. I CAMBIAMENTI NEI MERCATI (BUILDING BLOCKS 3 E 4)

La digitalizzazione porta con sé profonde novità anche per i mercati. Non appena la produzione e il consumo di prodotti digitali acquisiscono importanza e valore economico, nuovi luoghi di scambio e nuove pratiche commerciali emergono online. Il concetto chiave in questo caso è quello di piattaforma, la quale può essere di due tipi diversi (3).

Il primo tipo è rappresentato dalle piattaforme per la produzione e il consumo digitale diretto. Prodotti digitali come i motori di ricerca, la posta elettronica e i sistemi di *instant messaging*, le chiamate vocali, le mappe digitali, gli e-book, i quotidiani online e i prodotti audiovisivi in generale, sono offerti e consumati dagli utenti finali direttamente su queste piattaforme, le quali possono essere gestite da organizzazioni a scopo di lucro come Google o da enti no-profit come Wikipedia. Indipendentemente da ciò, i consumatori non possono aggirare tali piattaforme se vogliono avere accesso a quei prodotti digitali. Al massimo, i consumatori possono sostituire uno specifico fornitore e una specifica piattafor-



ma con un altro fornitore e un'altra piattaforma simili (si pensi ad esempio alla sostituzione del servizio di posta elettronica di Google con quello di Yahoo! Mail).

All'interno di questa prima categoria di piattaforme, è possibile distinguere ulteriormente tra:

- piattaforme «interamente centralizzate» come Google Search e Google Maps, in cui gli utenti domandano e consumano un particolare prodotto digitale, che viene interamente «manufatto» dalla piattaforma e dal fornitore che sta dietro ad essa; e
- piattaforme «semi-decentralizzate» come Gmail, Twitter, Instagram o Wikipedia, dove gli utenti interagiscono con la piattaforma allo scopo di co-creare il prodotto digitale, ad esempio tramite la scrittura di un testo o il caricamento e l'elaborazione di un'immagine, che sarà poi consumato sempre sulla medesima piattaforma.

Nel mondo digitale, un secondo tipo di piattaforma sono quelle per le interazioni nei mercati a due versanti. Tali piattaforme non producono qualcosa da consumarsi al loro stesso interno, ma agiscono come intermediari specializzati, mettendo tra di loro in contatto venditori e acquirenti di beni e servizi non necessariamente digitali. Offrendo un luogo di scambio digitale, queste piattaforme consentono ai loro utenti di mettere in

mostra o cercare un particolare prodotto, presentare o identificarne le caratteristiche specifiche, selezionare o localizzare una controparte commerciale di cui fidarsi nel processo di consegna e pagamento, e così via. Di nuovo, è possibile distinguere tra:

- piattaforme «a bassa interazione», che funzionano come un motore di ricerca associato a un circuito per la consegna a domicilio del prodotto (si pensi ad Amazon) o direttamente a un uso online dello stesso (si pensi all'App Store di Apple);

- piattaforme «ad alta interazione», che puntano a risolvere l'*impasse* che spesso si crea tra acquirenti e venditori di un certo bene o servizio in presenza, come notava il premio Nobel per l'economia George Akerlof, di asimmetrie informative e alti costi di transazione (4). Impiegando in modo sofisticato l'informazione resa disponibile dalle tecnologie digitali e ricorrendo a specifici meccanismi incentivanti, le piattaforme ad alta interazione come Airbnb o BlaBlaCar permettono di ottimizzare l'uso di beni spesso sotto-utilizzati – si pensi all'auto o a una camera da letto – sostenendo così l'espansione della fiorente economia collaborativa (*sharing economy*) (5).

2.1. Implicazioni per il settore elettrico

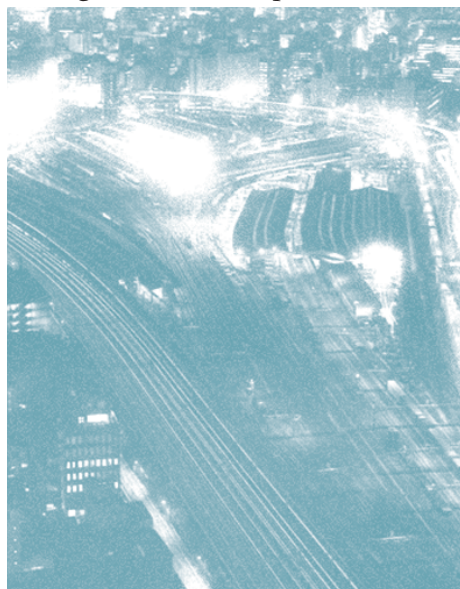
La digitalizzazione apre la strada a nuovi modi di vendere e acquistare energia elettrica. È ciò che accadde trenta anni fa, quando la prima ondata di digitalizzazione contribuì a rendere possibile l'apertura dei mercati all'ingrosso dell'energia. Ed è ciò che sta accadendo di nuovo oggi, almeno in tre forme.

In primo luogo, abbiamo la vendita al dettaglio dell'energia tramite applicazioni digitali che consentono a un qualunque utente di sottoscrivere un contratto di fornitura, controllare i consumi, e pagare le relative bollette completamente online. Tali applicazioni

assomigliano alle piattaforme interamente centralizzate per la produzione e il consumo digitale diretto. Esse rappresentano un'interessante novità, sebbene non sia ancora chiaro se fornitori online di energia con una ridotta disponibilità di asset fisici possano sopravvivere alla concorrenza degli operatori di mercato più tradizionali ⁽⁶⁾.

Gli aggregatori costituiscono un secondo elemento di novità. Agendo come intermediari digitali, essi centralizzano le interazioni tra il mercato all'ingrosso dell'energia e la domanda di bilanciamento, oppure le interazioni tra gli operatori di rete e gli utenti finali. Mettendo assieme la *demand response* e/o la produzione di energia da parte di migliaia di piccoli utenti, gli aggregatori riducono i costi di transazione e rendono possibili scambi che individualmente non sarebbe economicamente ragionevole effettuare.

Infine, abbiamo le piattaforme per l'interazione nei mercati a due versanti. Ancorché a un livello dimostrativo, le imprese elettriche operanti a New York stanno sviluppando nuove piattaforme digitali per i sistemi di distribuzione dell'energia. Seguendo il piano d'azione per le reti «aperte» emanato dalle autorità statali, queste imprese puntano a offrire un mercato virtuale dove venditori e acquirenti possano scambiare un intero ventaglio di nuovi prodotti ⁽⁷⁾. Il



passo successivo è la comparsa di piattaforme «ad alta interazione», in grado di creare fiducia tra gli utenti e rendere così possibili transazioni tra pari in materia di auto-produzione dell'energia, accumulo decentralizzato, stazioni di ricarica per i veicoli elettrici e simili.

3. LA FRONTIERA DIGITALE (BUILDING BLOCKS 5 E 6)

Gli ultimi due elementi fondamentali rappresentano la frontiera digitale, qualcosa di ancora ipotetico, dato il suo situarsi ai margini sia della pratica che della conoscenza teorica. Nonostante questa sua natura ancora non ben definita, il numero e la radicalità delle innovazioni a cui abbiamo assistito sin dal principio di questo secolo sono tali che non possiamo astenerci dal guardare in questa direzione.

Il quinto *building block* del nostro quadro concettuale è costituito dalle «comunità digitali per le transazioni tra pari senza intermediari». Studiosi come Elinor Ostrom – premio Nobel per l'economia nel 2009 – hanno mostrato come le comunità giochino un ruolo significativo nell'economia e siano importanti tanto quanto i mercati, le imprese e lo Stato ⁽⁸⁾. Sotto certe condizioni, gli individui hanno la possibilità di eliminare gli intermediari e le parti terze dalle loro relazioni economiche, facendo invece affidamento su una comunità per la gestione di una risorsa comune o lo scambio di un certo prodotto. Recentemente, nuove tecnologie come la blockchain promettono di ampliare enormemente gli ambiti in cui è possibile lo scambio diretto di beni e servizi tra pari, senza la necessità di ricorrere a una camera di compensazione o a un altro intermediario centralizzato. La bellezza del «libro mastro» distribuito (*distributed ledger*) che sta al cuore della tecnologia blockchain è la sua capacità, grazie all'abbondante potenza di calcolo e a sofisticati software crittografici, di tracciare tutti gli scambi diretti tra pari o

qualunque altra forma di transazione tra i partecipanti di una medesima rete blockchain. Ciò permette a tutti i membri di questo tipo di comunità di verificare se una certa transazione abbia avuto luogo oppure no e se i soggetti che ne abbiano fatto parte ne avessero effettivamente il diritto oppure no ⁽⁹⁾.

Una volta pienamente sviluppate, le reti blockchain di tipo puro promettono di generare la fiducia necessaria a sostenere le relazioni economiche tra individui, che non hanno più bisogno di affidarsi a intermediari privati o a terze parti di natura pubblica. Tuttavia, non c'è ancora la certezza che questa promessa possa essere mantenuta e alcuni studiosi sostengono che la grandezza dei costi di transazione associati all'uso della blockchain – si pensi, ad esempio, al tempo e all'energia richiesta per confermare una transazione o gestire gli errori tra un grande numero di parti – potrebbe limitare l'ampiezza dei servizi offerti da questo tipo di reti ed escludere la loro applicazione a certi tipi di prodotti ⁽¹⁰⁾. Queste preoccupazioni spiegano perché reti blockchain meno radicali e più realistiche risultino maggiormente attraenti. L'esecuzione degli scambi all'interno di comunità di *trusted peers* (letteralmente, pari degni di fiducia), dotati di un insieme implicito o esplicito di regole e una governance comune, può ridurre la complessità delle reti blockchain pure e renderne più efficiente il funzionamento. Questa forma ibrida di blockchain è al momento particolarmente apprezzata, tanto che numerose imprese ed organizzazioni stanno realizzando reti private che consentano di gestire le relazioni con le aziende sussidiarie e i loro fornitori.

Oltre alle reti blockchain pure o ibride, altri tipi di comunità possono essere costruiti grazie alle tecnologie digitali e operare come entità più grandi e meno rigidamente organizzate. Tra queste comunità che perseguono una pluralità di obiettivi troviamo le comunità energetiche e le città intelligenti.

L'ultimo elemento fondamentale per comprendere il significato della digitalizzazione è piuttosto intuitivo, sebbene non sia ancora un concetto ampiamente utilizzato dagli accademici o dai professionisti del settore. Un «resort virtuale» per l'intelligenza artificiale è uno spazio in cui l'essere umano rinuncia alla propria autonomia e cede il passo agli algoritmi che stanno dietro all'IA. In questo caso, l'essere umano, sia esso un produttore o un consumatore, può al massimo stabilire il valore di alcuni parametri. Una volta fatto ciò, è l'IA, non l'essere umano, che prende le decisioni e gestisce gli asset fisici localizzati all'interno dei confini del resort in base alle regole e alle procedure stabilite dal suo sviluppatore. Se nel caso delle comunità digitali menzionate poc'anzi erano gli intermediari a non essere più necessari, i resort virtuali per l'IA promettono la sostituzione delle persone con le macchine: al loro interno, le decisioni e le azioni da parte degli utenti smettono di essere necessarie.

Questi resort possono avere uno scopo unico, nel qual caso il dispositivo dotato di IA ha un obiettivo specifico da raggiungere nel miglior modo possibile – si pensi a un'auto a guida autonoma – o possono avere una molteplicità di scopi (*multi-purpose*), nel qual caso l'IA è responsabile di vari beni e servizi, che devono essere prodotti tramite l'operazione combinata di una serie di dispositivi in grado di interagire tra di loro – si pensi a una casa intelligente (*smart home*). Lo sviluppo dell'Internet delle Cose (*Internet of Things*) e degli assistenti vocali virtuali come Alexa (Amazon) o Siri (Apple) è in questo caso fondamentale. Il primo consente infatti di espandere i confini e gli scopi di un resort virtuale, mentre gli assistenti vocali permettono già oggi di trasformare un qualsiasi dialogo o interazione umana con il dispositivo in un processo decisionale automatizzato e in grado di apprendere grazie all'intelligenza artificiale.

3.1. Implicazioni per il settore elettrico

Le reti blockchain di tipo puro o le soluzioni ibride sviluppate all'interno di comunità promettono di eliminare la necessità di ricorrere a intermediari, grazie alla loro capacità di creare la fiducia necessaria a sostenere le transazioni economiche, abilitando così lo scambio su base decentrata dell'energia elettrica e di altri prodotti scarsi come i certificati verdi ⁽¹¹⁾.

Le fonti rinnovabili di energia, le reti di distribuzione, gli accumuli, i veicoli elettrici e quant'altro possono essere percepiti come risorse locali scarse per le quali è necessario un approccio e una governance comunitaria. Le tecnologie digitali possono supportare questa percezione e permettere alle comunità di gestire e controllare il numero crescente di risorse collocate al di là del contatore ⁽¹²⁾. Le micro-reti, i quartieri *smart* e le *smart city* rappresentano alcune delle varianti in cui questa possibilità può concretizzarsi. Il loro impatto sull'attuale organizzazione del settore elettrico sarà tutto fuorché irrilevante.

A breve, potremmo anche vedere sbocciare resort virtuali per l'IA appena dietro il contatore delle utility pubbliche. Consideriamo i veicoli elettrici e le flotte di auto senza pilota: sofisticati software gestiranno le batterie e le interazioni con la



rete elettrica, caricando e scaricando i veicoli a seconda del prezzo dell'elettricità o delle condizioni del sistema. L'input degli utenti umani sarà ridotto al minimo e la flotta sarà gestita in modo professionale tramite algoritmi, come una sola attività integrata. Sviluppi simili si avranno per gli edifici intelligenti e la generazione distribuita. Le persone che abiteranno in un edificio intelligente o che possiederanno un'unità per la generazione distribuita non saranno tenute a fare molto, in quanto l'IA prenderà il controllo dei vari dispositivi energetici interconnessi e delle unità di generazione, con l'obiettivo ultimo di ottimizzare l'uso delle risorse locali o di minimizzare il costo complessivo del servizio energetico. Gli edifici a consumo energetico netto zero, che saranno obbligatori in paesi come la California a partire dal prossimo decennio, dovranno probabilmente funzionare in questo modo.

La creazione di questi resort virtuali per l'IA ha il potere di mettere l'industria elettrica sottosopra. Dato l'ammontare di energia consumata o accumulata nelle batterie di una flotta composta da migliaia di auto elettriche o dato l'ammontare di energia che migliaia di edifici intelligenti possono immettere o prelevare dalla rete pubblica, è plausibile che le imprese che svilupperanno e controlleranno questi resort virtuali saranno in grado di giocare un ruolo di primo piano nel settore elettrico del domani.

4. CONCLUSIONI

La digitalizzazione crea nuove opportunità e nuovi rischi con cui consumatori, imprese e autorità pubbliche devono confrontarsi. Allo scopo di destreggiarsi in questo contesto incerto, abbiamo bisogno di punti di riferimento che ci aiutino a capire come il mondo stia cambiando attorno a noi. I sei *building blocks* presentati in questo articolo hanno precisamente tale scopo. Essi non rappresentano una

teoria sulla digitalizzazione a tutti gli effetti, ma piuttosto offrono una cassetta degli attrezzi per identificare le principali questioni in gioco e la direzione dei possibili sviluppi futuri.

La digitalizzazione comporta un insieme di cambiamenti concomitanti nelle infrastrutture e nell'organizzazione dei mercati su cui facciamo affidamento per la produzione, lo scambio e il consumo di un gran numero di beni e servizi. Ancor più, la digitalizzazione

sembra un fenomeno così trasformativo che potrebbe annunciare, almeno in certi casi e a certe condizioni, la fine degli intermediari tradizionali e il ruolo attivo degli utenti.

L'elettricità non costituisce un'eccezione. Il settore ha conosciuto la digitalizzazione per la prima volta venti o trent'anni fa, ma ora una seconda ondata è in procinto di scatenare nuovi e profondi cambiamenti. È in vista una rivoluzione tanto radicale quanto quella

rappresentata dalla creazione dei mercati all'ingrosso negli anni Novanta. I sei elementi fondamentali presentati possono essere applicati con successo al settore, consentendo a consumatori, imprese, regolatori e decisori politici di comprendere cosa può significare per loro la digitalizzazione e come possono prepararsi e gestire al meglio gli inevitabili cambiamenti che essa porterà con sé.

Fiesole, settembre 2018

Questo articolo è la traduzione, a cura di Nicolò Rossetto, del *policy brief* 2018/16 pubblicato dall'Istituto Universitario Europeo col titolo originale *The Digital World Knocks at Electricity's Door: Six Building Blocks to Understand Why*.

NOTE

(¹) VADARI S. (2018), *Smart Grid Redefined. Transformation of the Electric Utility*, Artech House.

(²) Si vedano più avanti le implicazioni per il settore elettrico poste dalle comunità digitali e dai «resort virtuali» per l'intelligenza artificiale.

(³) Il nostro uso del termine «piattaforma» è più esteso e intuitivo di quello che viene normalmente adottato nella letteratura sui mercati a due versanti e sugli effetti di rete (*network effect*). Tra i vari libri che si occupano di piattaforme, si veda CHOUDARY S.P. (2015), *Platform Scale: How an Emerging Business Model Helps Startups Build Large Empires with Minimum Investment*, Platform Thinking Lab.

(⁴) AKERLOF G. (1970), *The Market for 'Lemons': Quality Uncertainty and the Market Mechanism*, in «Quarterly Journal of Economics», vol. 84, n. 3, pp. 488-500.

(⁵) Si veda TIROLE J. (2017), *Economics for the Common Good*, Princeton University Press e SUNDARARAJAN A. (2016), *The Sharing Economy: The End of Employment and the Rise of Crowd-Based Capitalism*, MIT Press.

(⁶) Esistono delle economie di gamma (*economies of scope*) tra l'attività di generazione elettrica e quella di vendita al dettaglio, come ad esempio la possibilità per il venditore di coprirsi parzialmente dal rischio di prezzo attingendo all'energia prodotta dai propri asset.

(⁷) Si veda, a titolo di esempio, Consolidated Edison (2018), *Distributed System Implementation Plan* (<https://www.coned.com/-/media/files/coned/documents/our-energy-future/our-energy-projects/distributed-system-implementation-plan.pdf?la=en>). Il piano d'azione delle autorità di New York fu presentato per la prima volta in: New York State Department of Public Service (2014), *Reforming the Energy Vision*, case 14-M-0101.

(⁸) OSTROM E. (2012), *The Future of the Commons: Beyond Market Failures and Government Regulations*, Institute of Economic Affairs, Londra.

(⁹) TAPSCOTT D. e TAPSCOTT A. (2016), *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin is Changing Money, Business and the World*, Penguin.

(¹⁰) ARRUNADA B. (2018), *Blockchain's Struggle to Deliver Impersonal Exchange*, in «Minnesota Journal of Law, Science and Technology», vol. 19, n. 1, pp. 55-105.

(¹¹) Una panoramica delle prime applicazioni della tecnologia *blockchain* al settore elettrico può essere trovata in LIVINGSTON D. et al. (2018), *Applying Blockchain Technology to Electric Power Systems*, Discussion Paper, Council on Foreign Relations.

(¹²) BOORSMA B. (2017), *A New Digital Deal. Beyond Smart Cities. How to Best Leverage Digitalization for the Benefit of our Communities*, Boekscout BV.