

W
Jer
dzi
mi
ne
spo

Au
tyc
sys
ter
inf
og
da
je
- b
dta
a k
us
jak
ro
za
ot

Sp
hy
a
ja
je
sw
ws
w
du
ze
si
te
bl
et
al
da
je
si
ko
ka
pr

ROZDZIAŁ 6

DRUKOWANIE 3D: OD PRODUKCJI MASOWEJ DO PRODUKCJI PRZEZ MASY

Rozproszona, oparta na współpracy i lateralnie skalowana natura Internetu przedmiotów zmienia w sposób fundamentalny sposób, w jaki będziemy produkować, wprowadzać na rynek i dostarczać towary w nadchodzącej epoce. Należy pamiętać, że matryce komunikacyjno-energetyczne pierwszej i drugiej rewolucji przemysłowej były niezwykle kapitałochłonne i wymagały integracji pionowej do osiągnięcia efektu skali oraz scentralizowanego zarządu do zapewnienia marży zysku i wystarczającego zwrotu z inwestycji. W drugiej połowie stulecia drugiej rewolucji przemysłowej zakłady produkcyjne osiągnęły wręcz olbrzymie rozmiary. W Chinach i w krajach rozwijających się gigantyczne fabryki wytwarzają produkty w tempie i ilościach, jakie pół wieku temu były wręcz nie do pomyślenia.

MIKROINFOPRODUKCJA

Dominujący przez tak długi czas sposób produkcji drugiej rewolucji przemysłowej prawdopodobnie jednak ustąpi – przynajmniej częściowo – w ciągu nadchodzących trzech dekad. Nowy model produkcji trzeciej rewolucji przemysłowej już się pojawił na publicznej scenie i szybko się upowszechnia, wraz z innymi komponentami infrastruktury IoT. Setki przedsiębiorstw produkują teraz wyroby fizyczne tak, jak oprogramowanie wytwarza informacje w formie wideo, audio i tekstu. Nazywa się to drukowaniem 3D lub przestrzennym i jest to model „produkcji” towarzyszący gospodarce IoT.

Software – często w rodzaju open source – kieruje stopiony plastik, stopiony metal lub inny surowiec w drukarce tak, aby tworzyć warstwa po warstwie fizyczny produkt, produkując w pełni sformowany obiekt,

mający nawet ruchome części – następnie wyjeżdża on z drukarki. Niczym replikator w serialu *Star Trek* drukarkę można zaprogramować w ten sposób, by generowała nieskończony wachlarz przedmiotów. Drukarki już teraz wytwarzają produkty, od biżuterii po części samolotów i ludzkie protezy. A hobbyści zainteresowani drukowaniem własnych produktów kupują tanie drukarki. Konsument zaczyna ustępować prosumentowi i coraz większa liczba ludzi zostaje jednocześnie producentem i konsumentem własnych produktów.

Druk przestrzenny różni się od konwencjonalnej scentralizowanej produkcji na kilka ważnych sposobów.

Po pierwsze, nie licząc stworzenia oprogramowania, nie jest potrzebny udział człowieka. Software wykonuje całą pracę, dlatego procesowi temu bardziej odpowiada określenie „infoprodukcja” niż „produkcja”.

Po drugie, pierwsi użytkownicy druku 3D podjęli kroki w celu zapewnienia, że software używany do programowania i druku fizycznych produktów pozostaje open source, co pozwala prosumentom na dzielenie się między sobą nowymi pomysłami w sieciach skupiających hobbystów-majsterkowiczów. Otwarta koncepcja projektu zakłada, że produkcja towarów to proces dynamiczny, w ramach którego tysiące – nawet miliony – graczy uczą się od siebie nawzajem, wspólnie tworząc przedmioty. Wyeliminowanie ochrony własności intelektualnej znacznie ogranicza koszty drukowania produktów, dając przedsięwzięciu polegającemu na drukowaniu 3D przewagę nad tradycyjnymi zakładami produkcyjnymi, które muszą uwzględniać opłaty za miliardy patentów. Model produkcji typu open source promuje nieograniczony wzrost.

Stromą krzywą wzrostu wspiera także szybko spadająca cena drukarek 3D. W 2002 roku Stratasys wypuścił na rynek pierwszą „tanią” drukarkę. Cena wynosiła 30 tysięcy dolarów¹. Dzisiaj „wysokiej jakości” drukarki 3D można kupić już za 1,5 tysiąca dolarów². Przypomina to krzywą spadku cen komputerów, telefonów komórkowych oraz technologii wytwarzania energii z wiatru i promieni słonecznych. Analitycy branżowi przewidują, że w ciągu następnych trzech dekad drukarki 3D będą przygotowane do produkowania znacznie bardziej wyrafinowanych i złożonych produktów za coraz niższe ceny – proces infoprodukcji dojdzie zatem do niemal zero-wych kosztów krańcowych.

Po trzecie, proces infoprodukcji zorganizowany jest w sposób zupełnie inny niż procesy produkcyjne pierwszej i drugiej rewolucji przemysłowej. Tradycyjna produkcja fabryczna polega na redukcji. Surowce redukuje się i przesiewa, potem składa, by wytworzyć produkt końcowy. Podczas tego cyklu znaczna ilość surowca marnuje się i nigdy nie trafia do produktu końcowego. Za to druk przestrzenny to infoprodukcja polegająca na dodawaniu. Oprogramowanie kieruje stopiony materiał, dodając warstwę po warstwie, by stworzyć produkt jako całość. Infoprodukcja wykorzystuje

jedną dziesiątą tego materiału, co produkcja redukcyjna, dlatego drukarka 3D ma znaczną przewagę pod względem efektywności i produktywności. W 2011 roku produkcja polegająca na dodawaniu zarejestrowała oszałamiający wzrost rzędu 29,4 procent, w ciągu zaledwie jednego roku, pokonując historyczny łączny wzrost osiągnięty przez przemysł rzędu 26,4 procent³.

Po czwarte, drukarki 3D mogą drukować własne części zamienne bez konieczności inwestowania w kosztowne przeróbki i wiążących się z tym czasowych opóźnień. Z drukarkami 3D wytwory można dopasowywać, aby tworzyć pojedyncze produkty lub małe partie zaprojektowane na zamówienie, po minimalnych kosztach. Scentralizowane fabryki, z kapitałochłonnymi efektami skali i kosztownymi, ustawionymi na stałe liniami produkcyjnymi, nie są wystarczająco elastyczne, by konkurować z procesem produkcyjnym korzystającym z drukarek 3D, mogących wytworzyć pojedyncze produkty, dopasowane do indywidualnych wymagań, za niemal taki sam koszt jednostkowy, jakiego wymagać będzie wyprodukowanie 100 tysięcy kopii tego samego przedmiotu.

Po piąte, ruch drukowania przestrzennego jest bardzo oddany sprawie zrównoważonej produkcji. Kładzie nacisk na trwałość i możliwość recykacji oraz na korzystanie z niezatrujących środowiska materiałów. W ekologię takiej produkcji wbudowana jest wizja upcyklingu Williama McDonougha i Michaela Braungarta – dodawania wartości do produktu w każdej fazie jego istnienia⁴.

Po szóste, jako że IoT jest rozproszony, oparty na współpracy i skalowany lateralnie, drukarki 3D można zainstalować i podłączyć wszędzie, gdzie znajduje się odpowiednia infrastruktura, i korzystać z efektywności termodynamicznej znacznie większej, niż mają do dyspozycji scentralizowane fabryki; towarzyszy temu wzrost produktywności przewyższający ten, jaki był możliwy do osiągnięcia podczas pierwszej i drugiej rewolucji przemysłowej.

Na przykład lokalny użytkownik drukarki 3D może napędzać swoją infofabrykę zielonym prądem uzyskanym na miejscu z energii odnawialnej lub generowanym przez miejscowe spółdzielnie producentów. Małe i średnie przedsiębiorstwa w Europie i innych miejscach już teraz zaczynają współpracować w ramach regionalnych spółdzielni produkcji zielonej energii, aby korzystać z lateralnego skalowania. Przy nieustannie wzrastających kosztach scentralizowanych paliw kopalnych i energii nuklearnej małe i średnie przedsiębiorstwa zyskują przewagę, gdyż mogą napędzać swoje fabryki energią odnawialną, której koszty krańcowe są niemal żadne.

W gospodarce IoT dramatycznie też spadają koszty wprowadzenia produktu na rynek. Wysokie nakłady na scentralizowaną komunikację podczas pierwszej i drugiej rewolucji przemysłowej – w formie czasopism, gazet, radia i telewizji – oznaczały, że tylko większe firmy produkcyjne z działaniami zintegrowanymi w ramach całego państwa mogły sobie

pozwolić na reklamę na rynkach krajowych i globalnych, co znacznie ograniczało zasięg rynkowy mniejszych wytwórców.

W trzeciej rewolucji przemysłowej mała firma drukująca w 3D gdziekolwiek na świecie może reklamować produkty swojej infoprodukcji dzięki rosnącej liczbie globalnych stron internetowych, przy niemal zerowych kosztach krańcowych. Do nowych rozproszonych stron, łączących dostawców i użytkowników na globalnym boisku z niskimi kosztami krańcowymi, należy Etsy. Jest to ośmioletnia firma założona przez młodego amerykańskiego przedsiębiorcę społecznościowego, Roba Kalina. Aktualnie na stronie Etsy może się bez żadnych kosztów reklamować 900 tysięcy małych producentów. Niemal 60 milionów konsumentów z całego świata miesięcznie przegląda stronę, często osobiście nawiązując kontakt z dostawcami⁵. Kiedy zrobiony zostaje zakup, Etsy otrzymuje tylko niewielką prowizję od producenta. Taka forma lateralnie skalowanego marketingu stawia niewielką firmę na równym poziomie z największymi, pozwalając na dotarcie do ogólnoswiatowego rynku odbiorców za ułamek kosztów.

Po siódme, podłączenie się do infrastruktury IoT na poziomie lokalnym daje małym infoproducentom jedną ostateczną, najważniejszą przewagę nad pionowo zintegrowanymi, scentralizowanymi przedsiębiorstwami XIX i XX wieku: mogą napędzać swoje pojazdy za pomocą energii odnawialnej, której koszty krańcowe są niemal zerowe, znacznie ograniczając koszty logistyczne wzdłuż łańcucha dostaw i w dostawie gotowych produktów użytkownikom.

PROCES DRUKOWANIA 3D osadzony w infrastrukturze Internetu przedmiotów oznacza, że w zasadzie każdy na świecie może zostać prosumentem, produkując własne produkty na swój użytek albo by dzielić się z innymi za pomocą oprogramowania typu open source. Sam proces produkcyjny wykorzystuje jedną dziesiątą tego materiału, co produkcja konwencjonalna, a wytworzenie produktu wymaga bardzo niewiele pracy ludzkich rąk. Energia zużyta przy produkcji generowana jest ze źródeł odnawialnych na miejscu lub w pobliżu, z niemal zerowymi kosztami krańcowymi. Produkt sprzedaje się za pośrednictwem globalnych stron internetowych, znowu przy niemal zerowych kosztach krańcowych. Na koniec produkt dostarczany jest użytkownikom za pośrednictwem transportu e-mobility napędzanego lokalnie generowaną energią odnawialną, ponownie przy niemal zerowych kosztach krańcowych.

Możliwość produkowania, sprzedaży i dystrybucji fizycznych towarów gdziekolwiek – wszędzie, gdzie można podłączyć się do infrastruktury IoT, wpłynie drastycznie na przestrzenną organizację społeczeństwa. Pierwsza rewolucja przemysłowa faworyzowała rozwój gęstych ośrodków urbanistycznych. Fabryki i sieci logistyczne musiały skupiać się w miastach i wokół nich, bo tam linie kolejowe mogły przywozić energię i materiały

od dostawców, a gotowe produkty zabierać do sprzedawców. Siła robocza musiała mieszkać w odległości pieszego spaceru od fabryk i biur lub mieć dostęp do pociągów i tramwajów. W drugiej rewolucji przemysłowej produkcja przeniosła się z gęsto zaludnionych centrów miejskich do podmiejskich parków przemysłowych, dostępnych ze zjazdów z ogólnokrajowego systemu międzystanowych autostrad. Transport ciężarowy zdetrzonizował kolej, a pracownicy podróżowali do pracy na większą odległość samochodami.

Druk trójwymiarowy jest zarówno lokalny, jak i globalny. Jest także bardzo mobilny, pozwalając infoproducentom znajdować się w dowolnym miejscu i szybko przemieszczać wszędzie tam, gdzie jest infrastruktura IoT, do której mogą się podłączyć. Coraz więcej prosumentów będzie wytwarzało w domu proste produkty i ich używało. Małe i średnie przedsiębiorstwa 3D infoprodukujące bardziej wyrafinowane produkty prawdopodobnie będą się gromadzić w lokalnych parkach technologicznych. Domów i miejsc pracy nie będzie już dzielił długi dojazd. Jest nawet możliwe, że dzisiejszy zatłoczony system dróg będzie mniej używany i że koszty budowy nowych dróg spadną, gdy pracownicy staną się właścicielami, a konsumenci producentami. Małe ośrodki miejskie – od 150 do 250 tysięcy mieszkańców – otoczone dziczącą na nowo zielenią, mogą w bardziej rozproszonej i nastawionej na współpracę erze gospodarczej powoli zastępować gęsto zaludnione centra miast i rozciągające się przedmieścia.

DEMOKRATYZACJA REPLIKATORA

Nowa rewolucja druku przestrzennego jest przykładem „produktywności ekstremalnej”. Jeszcze nie do końca teraz, ale kiedy na dobre się rozkręci, w końcu nieuchronnie zredukuje koszty krańcowe do niemal zera, wyeliminuje zysk i sprawi, że wymiana majątku na rynkach będzie niepotrzebna dla wielu produktów, ale nie dla wszystkich.

Demokratyzacja produkcji oznacza, że wielu, a w końcu każdy, ma dostęp do środków produkcji, co sprawia, że pytanie, kto powinien być właścicielem środków produkcji i mieć nad nimi kontrolę, staje się nieistotne, a kapitalizm razem z nim.

Druk przestrzenny, jak wiele wynalazków, został zainspirowany przez pisarzy science fiction. Pokolenie geeków siedziało zafascynowane przed ekranami telewizorów, oglądając kolejne odcinki serialu *Star Trek*. Podczas długich podróży przez kosmos załoga musiała mieć możliwość naprawy i wymiany części statku i odnawiania zasobów wszystkiego, od części maszyn po produkty farmaceutyczne. Replikator programowano tak, by przedstawiał subatomowe cząsteczki znajdujące się wszędzie we wszechświecie, tworząc obiekty, nawet wodę i jedzenie. Głębsze znaczenie replikatora jest takie, że likwiduje sam niedobór – wrócimy do tego tematu w części V.

Rewolucja druku 3D zaczęła się w latach osiemdziesiątych XX wieku. Początkowo drukarki były bardzo drogie i używano ich przede wszystkim do tworzenia prototypów. Do pierwszych, którzy zainteresowali się nową technologią replikacji, należeli architekci oraz producenci samochodów i samolotów⁶.

Innowacja ta przeszła z tworzenia prototypów na dopasowywanie produktów do indywidualnych wymagań, kiedy do sektora zaczęli spływać hakerzy komputerowi i hobbyści. (Termin haker ma konotacje zarówno pozytywne, jak i negatywne. Niektórzy traktują hakerów jak przestępców, nielegalnie uzyskujących dostęp do informacji prywatnych i zastrzeżonych, inni uważają ich za wybitnych informatyków, przyczyniających się do ogólnego dobra. Tutaj i w całej książce termin haker używany jest w tym drugim znaczeniu.⁷) Hakerzy natychmiast dostrzegli potencjał kryjący się w ujęciu „atomów jako nowych bitów”. Ci pionierzy wyobrazili sobie przeniesienie formatu open source z branży IT i komputerowej do produkcji „rzeczy”. Sprzęt open source stał się zawołaniem oddzielnej grupy wynalazców i entuzjastów, luźno identyfikujących się z ruchem makerów (Makers Movement). Gracze współpracowali ze sobą przez Internet, wymieniając innowacyjne pomysły i ucząc się od siebie nawzajem, a przy tym udoskonalali proces drukowania 3D⁸.

Druk 3D na podstawie open source wkroczył w nową fazę, kiedy Adrian Bowyer i zespół z University of Bath w Zjednoczonym Królestwie wynaleźli RepRap, pierwszą drukarkę 3D typu open source, którą można było wykonać za pomocą ogólnie dostępnych narzędzi i która była w stanie replikować samą siebie – czyli była to maszyna, która potrafiła tworzyć własne części. RepRap już teraz jest w stanie wyprodukować 48 procent swoich własnych komponentów i dąży do stania się całkowicie samoreplikującą się maszyną⁹.

MakerBot Industries finansowane przez Bowyera należało do pierwszych firm, które wyłoniły się z ruchu makerów, wprowadzając w 2009 roku na rynek drukarkę 3D o nazwie Cupcake. Za nią przyszło wiele bardziej wszechstronnych, łatwiejszych w obsłudze i mniej kosztownych drukarek 3D, o takich nazwach, jak Thing-O-Matic w 2010 i Replicator w 2012 roku. MakerBot Industries udostępnia specyfikacje montażu maszyny każdemu, kto chciałby zbudować własną, a także sprzedaje je klientom, którzy wolą wygodę zakupu.

Dwóch innych pionierów, Zach „Hoken” Smith i Bre Pettis, stworzyło w roku 2008 stronę o nazwie Thingiverse – należącą do MakerBot Industries. Strona ta jest miejscem spotkań społeczności miłośników druku 3D. Zapisywane są tam cyfrowe pliki, open source, tworzone przez użytkowników, z projektami posiadającymi licencje zarówno General Public Licenses (GPL), jak i Creative Commons Licenses. (Te licencje będą bardziej szczegółowo omówione w części III.). Społeczność traktuje tę stronę jako

coś w rodzaju biblioteki, gdzie można zapisywać pomysły i dzielić się nimi, a także włączać się we współpracę w ramach projektów 3D.

Ruch makerów zrobił wielki krok w stronę demokratyzacji cyfrowo produkowanych przedmiotów, wprowadzając w 2005 roku Fab Lab. Fab Lab, laboratorium produkcyjne (*fabrication laboratory*), to pomysł fizyka z MIT i profesora Neila Gershenfelda. Pomysł zrodził się podczas popularnego kursu na MIT, zatytułowanego „Jak zrobić (prawie) wszystko”.

Fab Lab ujrzalo światło dzienne w MIT Center for Bits and Atoms, które wyrosło z MIT Media Lab, a jego misją było zbudowanie laboratorium, gdzie każdy mógłby przyjść i użyć dostępnych narzędzi, aby stworzyć własne projekty druku 3D. Karta Fab Foundation Gershenfelda podkreśla zorientowanie organizacji na naukę open-access, peer-to-peer. Laboratoria wyposażone są w różnego rodzaju wielofunkcyjny sprzęt, w tym tnące plotery laserowe, routery, drukarki 3D, obrabiarki Mini Mill oraz odpowiednie oprogramowanie. Urządzenie w pełni wyposażonego laboratorium kosztuje około 50 tysięcy dolarów¹⁰. Istnieje ponad 70 laboratoriów Fab Lab, większość z nich w strefach miejskich w wysoko uprzemysłowionych krajach, ale – o dziwo – wiele znajduje się w krajach rozwijających się, gdzie brak dostępu do narzędzi produkcyjnych i wyposażenia utrudnia utworzenie społeczności ludzi zainteresowanych drukiem 3D¹¹. W odległych regionach świata, niepodłączonych do globalnego łańcucha dostaw, możliwość wyprodukowania nawet prostych narzędzi i obiektów może znacznie poprawić dobrobyt gospodarczy. Ogromna większość laboratoriów Fab Lab to projekty społecznościowe, zarządzane przez uniwersytety i organizacje non profit, chociaż kilka spółek handlowych zaczyna interesować się pomysłem połączenia laboratoriów Fab Lab ze swoimi sklepami – dzięki czemu hobbysta mógłby kupić potrzebne materiały, a potem skorzystać z Fab Lab i wytworzyć produkt¹². Gershenfeld mówi, że chodzi o dostarczenie narzędzi i materiałów każdemu, kto potrzebuje zbudować cokolwiek, co tylko może sobie wyobrazić. Jego ostatecznym celem jest „stworzyć replikator w stylu *Star Trek* w ciągu 20 lat”¹³.

Fab Lab to „ludowe laboratorium R&D” trzeciej rewolucji przemysłowej. Odbiera badania i rozwój oraz nowe innowacje elitarnym laboratoriom światowej klasy uniwersytetów oraz globalnych spółek i rozprzodza po okolicach i społecznościach, gdzie tworzą one zbiorowy wysiłek i doskonałą ilustrację funkcjonowania lateralnej potęgi peer-to-peer.

Demokratyzacja produkcji narusza w sposób fundamentalny scentralizowane praktyki produkcyjne pionowo zintegrowanej drugiej rewolucji przemysłowej. Radykalne implikacje instalowania laboratoriów Fab Lab na całym świecie w taki sposób, że każdy może stać się prosumentem, nie pozostały niezauważone. Znowu pisarze science fiction byli jednymi z pierwszych, którzy wyobrazili sobie reperkusje tej sytuacji.

W opowiadaniu *Printcrime* opublikowanym w 2006 roku Cory Doctorow opisał społeczeństwo przyszłości z drukarkami 3D, które potrafiły drukować kopie fizycznych przedmiotów, podobnie jak dzisiejsze drukarki produkują kopie cyfrowych informacji. W dystopijnym społeczeństwie Doctorowa potężny, autorytatywny rząd delegalizuje trójwymiarowy druk fizycznych kopii przedmiotów. Bohater, wczesny prosument, trafia na dziesięć lat do więzienia za druk 3D. Po odbyciu kary zdaje sobie sprawę z tego, że najłatwiej będzie obalić istniejący porządek, drukując nie kilka produktów, ale drukarki. Oświadcza: „Wydrukuję więcej drukarek. Dużo więcej drukarek. Po jednej dla każdego. To jest warte więzienia. To jest warte czegokolwiek”¹⁴. Laboratoria Fab Lab to nowe arsenały high-tech, gdzie hakerzy-majsterkowicze zbroją się w niezbędne narzędzia, by przyćmić istniejący porządek gospodarczy.

Hakerzy dopiero zaczynają zwracać uwagę na drukowanie trójwymiarowe niektórych z licznych elementów tworzących infrastrukturę IoT. Na szczycie listy znajdują się technologie do przechwytywania energii odnawialnej. Xerox pracuje nad specjalnym srebrnym atramentem, którym można by zastąpić krzem, aktualnie stosowany jako półprzewodnik w ogniwach fotowoltaicznych. Srebrny atrament topi się w temperaturze niższej niż plastik, co mogłoby pozwolić użytkownikom na drukowanie obwodów zintegrowanych z plastikiem, tkaniną i folią. Domowy druk cienkich jak papier pasków fotowoltaicznych pozwoliłby każdemu na produkowanie własnych technologii przechwytywania energii słonecznej przy coraz niższych kosztach, przez co sama energia solarna znalazłaby się bliżej niemal zerowych kosztów krańcowych. Srebrny atrament Xeroxa jest wciąż w fazie eksperymentalnej, ale wskazuje na nowe możliwości infoprodukcyjne, pojawiające się dzięki drukowaniu 3D¹⁵.

Żeby druk 3D był rzeczywiście lokalnym, samowystarczalnym procesem, konieczne jest, aby surowiec wykorzystywany do tworzenia włókien był obfity i dostępny na miejscu. Staples, spółka dostarczająca wyposażenie biurowe, wprowadziła drukarkę 3D, produkowaną przez Mcor Technologies i używającą jako surowca taniego papieru, do oferty swojego sklepu w Almere w Holandii. Proces zwany *selective deposition lamination* (SDL) umożliwia druk twardych, kolorowych, trójwymiarowych przedmiotów o konsystencji drewna. Drukarek 3D używa się do wytwarzania infoprodukowanych przedmiotów, produktów architektonicznych, a nawet modeli chirurgicznych do operacji rekonstrukcji twarzy. Papierowy surowiec kosztuje ledwie 5 procent tego, co wcześniejsze materiały¹⁶.

Inne wprowadzane surowce są jeszcze tańsze, co obniża koszt materiału niemal do zera. Markus Kayser, student podyplomowy w Royal College of Art w Londynie, wynalazł drukarkę 3D Solar-Sinter, która drukuje szklane obiekty, wykorzystując słońce i piasek. Solar Sinter, wypróbowany z powodzeniem na Saharze w 2011 roku, napędzają dwa panele słoneczne.

Jest również wyposażony w dużą soczewkę, która skupia promienie słońca, by ogrzać piasek do temperatury topienia. Następnie oprogramowanie kieruje stopiony piasek tak, by tworzył warstwy, produkując w pełni uformowany szklany przedmiot¹⁷.

Filabot to nowe sprytne urządzenie rozmiarów pudełka do butów, które miele i topi stare przedmioty domowego użytku zrobione z plastiku: wiaderka, płyty DVD, butelki, rury wodociągowe, okulary słoneczne, pojemniki na mleko itd. Zmielony plastik kierowany jest do zbiornika, a stamtąd do beczki, w której topi go zwój grzewczy. Stopiony plastik jest następnie przesyłany przez dysze i walce, po czym tworzone są z niego plastikowe włókna, nawijane na szpulę do drukowania. Zmontowany Filabot kosztuje 649 dolarów¹⁸.

Holenderski student, Dirk Vander Kooij przeprogramował robota przemysłowego tak, by drukował on projektowane na zamówienie meble w sposób ciągły, wykorzystując plastikowy materiał ze starych lodówek. Robot jest w stanie wydrukować krzesło, stosując wiele kolorów i wzorów, w niecałe trzy godziny. Drukarka 3D Vandera Kooija może wyprodukować 4 tysiące indywidualnie dopasowanych krzeseł rocznie¹⁹. Inne drukarki mebli wykorzystują jako surowiec recyklowane szkło, drewno, tkaninę, ceramikę, nawet stal nierdzewną, demonstrując różnorodność w zakresie surowców, jakie można zastosować w tym nowym procesie infoprodukcyjnym.

Jeżeli infoproducenci będą drukować meble, dlaczego by nie wydrukować budynku, w którym one staną? Inżynierowie, architekci i projektanci śpieszą się, by wprowadzić na rynek trójwymiarowo drukowane budynki. Technologia jest jak na razie wciąż w fazie badań i rozwoju, ale już jest jasne, że trójwymiarowy druk budynków w ciągu najbliższych dekad robi przewrót w budownictwie.

Dr Behrokh Khoshnevis wykłada inżynierię przemysłową i systemową, jest także dyrektorem Center for Rapid Automated Fabrication Technologies na Uniwersytecie Południowej Kalifornii. Ma wsparcie amerykańskiego Departamentu Obrony, National Science Foundation, a także National Aeronautics and Space Administration (NASA). Khoshnevis eksperymentuje z procesem drukowania 3D zwanym *contour crafting*, używając go do druku budynków. Stworzył plastyczny beton z włókien kompozytowych, który można ekstrudować i który jest wystarczająco mocny, by pozwolić na to, by wydrukowana ściana stała podczas budowy. Jego zespół już skonstruował za pomocą drukarki 3D ścianę o długości półtora metra, wysokości metra i grubości piętnastu centymetrów. Równie ważny jest fakt, że lekki materiał nie zapycha dyszy maszyny piaskiem i cząsteczkami podczas procesu infuzji.

Przyznając, że to dopiero pierwszy krok, Khoshnevis entuzjazmuje się faktem, że drukowana ściana to „najważniejsza ściana w historii od czasu

Wielkiego Muru Chińskiego”. Dodaje, że po 20 tysiącach lat ludzkiego budownictwa „proces konstruowania budynków czeka rewolucja”²⁰.

Khoshnevis mówi, że gigantyczne drukarki będą kosztowały kilka tysięcy dolarów sztuka – niewielka cena jak na sprzęt budowlany. Potencjalnie będzie można wydrukować nowy dom za cenę o wiele niższą niż koszt standardowej budowy dzięki użyciu tanich kompozytowych materiałów i addytywnego procesu infoprodukcji, który zużywa znacznie mniej materiału i pracy ludzkiej. Wierzy, że budynki drukowane w 3D staną się do roku 2025 dominującym standardem w branży na całym świecie.

Khoshnevis nie jest sam. Laboratorium badawcze MIT używa technologii druku 3D i bada możliwość stworzenia szkieletu domu w ciągu jednego dnia bez zaangażowania w zasadzie jakiegokolwiek pracy ludzkiej. Taki sam szkielet ekipa budowlana stawiałaby miesiąc²¹.

Janjaap Ruijsenaars, holenderski architekt, współpracuje z Enrico Dinim, prezesem Monolite, brytyjskiej firmy zajmującej się drukiem 3D. Ci dwaj Europejczycy ogłosili, że wydrukują ramy o rozmiarach 183 na 275 centymetrów z piasku i nieorganicznego spoiwa, po czym wypełnią je betonem wzmocnionym włóknami. Mają nadzieję, że do roku 2014 będą mieli piętrowy budynek²².

Dini and Foster + Partners, jedna z największych światowych firm architektonicznych, połączyła siły z European Space Agency w celu zbadania możliwości wykorzystania technologii druku 3D do wybudowania stałej bazy na Księżycu. Budynki wydrukowano, używając jako surowca księżycowej gleby. Celem jest wzniesienie księżycowych habitatów za pomocą materiałów otrzymywanych lokalnie, znajdujących się na Księżycu, aby uniknąć kosztów logistycznych związanych z przesyłaniem ich z Ziemi. Xavier De Kestelier z Foster + Partners mówi, że „jako firma jesteśmy przyzwyczajeni do projektowania dla ekstremalnych klimatów na Ziemi i eksploatacji korzyści środowiskowych wiążących się z używaniem miejscowych materiałów pozyskiwanych w sposób zrównoważony – do naszego habitatu księżycowego stosuje się ta sama logika”²³.

Plan polega na wykorzystaniu drukarki D-Shape Diniego do wylania księżycowych budynków – budowa każdego z nich trwałaby około tygodnia. Budynki to puste w środku, zamknięte komórki przypominające trochę szkielet ptaka. Łańcuchową kopułę oraz komórkowe ścianki zaprojektowano tak, by oparły się mikrometeoroidom i promieniowaniu kosmicznemu. Baza budynku oraz nadmuchiwana kopuła zostałyby dostarczone z Ziemi pojazdem kosmicznym. Foster wyjaśnia, że warstwy gleby księżycowej, zwanej regolitem, byłyby przepuszczane przez drukarkę D-Shape i nawarstwiane wokół ramy. Architekci Fostera zastosowali już symulowany materiał do skonstruowania półtoratonowego prototypu. Pierwszy księżycowy budynek zostałby wydrukowany na południowym biegunie Księżyca, gdzie nie brakuje światła słonecznego²⁴.

Choć trójwymiarowy druk budynków jest jeszcze w bardzo wczesnej fazie, przewiduje się, że przez następne dwie dekady ogromnie się rozwinie, proporcjonalnie do zmian w procesie produkcyjnym, który będzie się stawał coraz efektywniejszy i tańszy. W odróżnieniu od konwencjonalnych technologii budowy, gdzie koszt projektu architektonicznego jest wysoki, materiały budowlane kosztowne, koszty pracy ogromne, a czas na wzniesienie konstrukcji długi, druk przestrzenny nie wiąże się z podobnymi trudnościami.

Trójwymiarowy druk może wykorzystywać najtańsze materiały budowlane na Ziemi – piasek i kamień, jak również w zasadzie każdego rodzaju wyrzucone odpady, wszystko ze źródeł miejscowych. Dzięki temu unika się wysokich kosztów związanych z tradycyjnymi materiałami budowlanymi i nie mniej wysokich kosztów logistycznych wynikających z dostarczenia materiałów na miejsce. Addytywny proces budowania konstrukcji warstwa za warstwą zapewnia dodatkowe oszczędności na wykorzystanych materiałach. Programy typu open source są w zasadzie darmowe, w odróżnieniu od znacznych kosztów pieniężnych i czasowych wiążących się z wynajęciem architekta do narysowania planów. Szkielet budynku konstruuje się prawie bez zaangażowania pracy ludzkich rąk, w porównaniu z budową tradycyjną, i w znacznie krótszym czasie. Wreszcie koszty krańcowe wytworzenia energii elektrycznej potrzebnej do napędzania drukarki 3D mogą zbliżyć się do zera dzięki skupieniu się na lokalnie generowanej energii ze źródeł odnawialnych. Jest zatem całkiem możliwe, że w niezbyt odległej przyszłości niewielki budynek może kosztować tylko trochę więcej niż cena, jaką trzeba ponieść na zebranie w okolicy kamieni, papieru, recyklowanego materiału i innych surowców.

Czy to na Księżycu, czy tu, na Ziemi, ludzie będą potrzebowali transportu. Pierwszy samochód wydrukowany za pomocą drukarki 3D, Urbee, już jest w fazie prób terenowych. Urbee został opracowany przez KOR EcoLogic, spółkę z siedzibą w Winnipeg w Kanadzie. Jest to dwuosobowy hybrydowo-elektryczny samochód (nazwa *Urbee* to skrót od *urban electric*), zaprojektowany tak, by jego napędem była energia słońca i wiatru, którą można zbierać codziennie w jednosamochodowym garażu. Osiąga szybkości do 65 km na godzinę²⁵. Jeżeli konieczna jest podróż na dłuższy dystans, użytkownik może uruchomić zapasowy silnik na etanol²⁶. Prawda, Urbee to dopiero pierwszy roboczy prototyp nowego samochodu ery trzeciej rewolucji przemysłowej, ale – tak samo jak w przypadku wprowadzenia masowo produkowanego, napędzanego benzynowym silnikiem spalinowym samochodu Henry’ego Forda – sam charakter jego konstrukcji i napędu wiele sugeruje na temat tego, jaką przyszłość zapowiada on gospodarce i społeczeństwu.

Pojazd Forda wymagał budowy wielkich, scentralizowanych fabryk, aby umożliwić dostawy i przechowywanie materiałów niezbędnych do jego

montażu. Utworzenie linii montażowej było możliwe dzięki zaangażowaniu ogromnego kapitału oraz produkowaniu długich serii identycznych, masowo wytwarzanych samochodów, aby zapewnić odpowiedni zwrot z inwestycji. Większość ludzi zna odpowiedź Forda na pytanie klienta o to, jaki kolor samochodu może wybrać. Ford odpowiedział: „jaki tylko zapragnie, o ile będzie to czarny”²⁷.

Subtraktywny proces produkcyjny na taśmie montażowej Forda wiązał się ze znacznym marnotrawstwem, gdyż materiały trzeba było ciąć i przycinać przed ostatecznym montażem auta. Sam samochód składał się z setek części, a ich złożenie w całość wymagało czasu i pracy. Następnie trzeba było wysłać go przez cały kraj do sprzedawców, co znowu oznaczało dodatkowe koszty – logistyki. I chociaż Ford był w stanie korzystać z usprawnień, jakie przyniosła druga rewolucja przemysłowa i dzięki temu tworzyć pionowo zintegrowane działania i osiągnąć wystarczającą ekonomię skali, by wytworzyć stosunkowo tani pojazd i posadzić miliony ludzi za kierownicą, koszty krańcowe produkcji i użytkowania każdego samochodu nigdy nie zbliżyły się do zera. Szczególnie jeżeli weźmie się pod uwagę cenę benzyny.

Samochód wydrukowany na drukarce 3D tworzony jest z zastosowaniem całkiem innej logiki. Można go wyprodukować z niemal darmowych surowców dostępnych na miejscu, eliminując tym samym koszt trudno dostępnych materiałów oraz ich transportu do fabryki i przechowywania tam. Większość części samochodu jest z plastiku formowanego przez drukarkę 3D, z wyjątkiem podwozia i silnika²⁸. Resztę auta produkuje się warstwami, „dodawanymi” jedna za drugą w nieustającym procesie, a nie składa z poszczególnych części. A to oznacza mniej materiału, mniej czasu i mniej pracy. Drukarka 3D o wysokości 180 centymetrów uformowała karoserię Urbee w tylko dziesięciu fragmentach, nie marnując żadnego materiału²⁹.

Trójwymiarowy druk nie wymaga wielkich inwestycji kapitałowych, by przygotować fabrykę, ani długiego czasu potrzebnego do zmiany produkowanych modeli. Wystarczy tylko zmiana oprogramowania open source i każdy samochód można sformować i wydrukować zgodnie z konkretnymi wymaganiami pojedynczego użytkownika lub ich grupy, praktycznie bez żadnych kosztów dodatkowych.

Ponieważ fabryka produkująca za pomocą druku 3D może być zlokalizowana gdziekolwiek, gdzie tylko może się podłączyć do infrastruktury IoT, jest w stanie dostarczać samochody na poziomie lokalnym lub regionalnym, co jest tańsze niż transportowanie ich po całym kraju ze scentralizowanych fabryk.

Wreszcie koszty użytkowania samochodu z drukarki 3D, za pomocą energii odnawialnej generowanej na miejscu, są niemal żadne. Paliwo dla Urbee kosztuje zaledwie 0,03 dolara na kilometr – jedna trzecia kosztów jeżdżenia Toyotą Prius³⁰.

INFRASTRUKTURA MAKERÓW

Do niedawna ruch makerów skupiał przede wszystkim hakerów, hobbystów i przedsiębiorców społecznościowych, bawiących się nowymi sposobami drukowania konkretnych przedmiotów do użytku osobistego i ogólnego. Ruch kierował się czterema zasadami: dzielenie się nowymi wynalazkami w formule open source, promowanie kultury współpracy i nauki, wiara w samowystarczalną wspólnotę oraz stosowanie praktyk produkcyjnych umożliwiających zrównoważony rozwój. Ale pod powierzchnią zaczyna się formować dużo bardziej radykalna agenda, chociaż niezbyt jeszcze rozwinięta i w zasadzie nieświadomiona. Gdybyśmy złożyli wszystkie oddzielne części kultury wielbicieli druku 3D w całość, zaczęłaby ukazywać się nowa potężna narracja, która mogłaby zmienić sposób, w jaki zorganizowana jest cywilizacja w XXI wieku.

Proszę się nad tym zastanowić. Na świecie rozwija się kultura „zrób to sam”, napędzana przez koncepcję używania bitów do przedstawiania atomów. Podobnie jak hakerzy poprzedniego pokolenia, motywowani do tego, by tworzyć własne oprogramowanie i dzielić się nowymi informacjami, przedstawiciele tej kultury wierzą w kreowanie własnego oprogramowania, aby drukować rzeczy i dzielić się nimi. Wiele przedmiotów produkowanych przez tych hobbystów, gdyby je złożyć razem, formuje podstawowe węzły infrastruktury trzeciej rewolucji przemysłowej „zrób to sam”.

Naprawdę rewolucyjny aspekt druku 3D, który przesunie całą sprawę z infrastruktury hobbystów na poziom nowego paradygmatu gospodarczego, to zbliżająca się „infrastruktura makerów”. Jej rozwój spowoduje powstanie nowych praktyk biznesowych, w których efektywność i produktywność doprowadzą do niemal zerowych kosztów krańcowych w produkcji i dystrybucji towarów i usług – wyprowadzając ludzkość z epoki kapitalizmu, a wprowadzając w epokę współpracy.

Wśród pierwszych, którzy dostrzegli historyczne znaczenie „infrastruktury makerów”, byli lokalni aktywiści, tworzący ruch odpowiedniej technologii (*appropriate-technology*). Ruch ten rozpoczął się w latach siedemdziesiątych XX wieku, zainspirowany pismami Mahatmy Gandhiego, a później Ernsta Friedricha Schumachera, Ivana Illicha, oraz – mam nadzieję, że nie jest to nadużycie z mojej strony – moją książką pod tytułem *Entropia. Nowy światopogląd*. Nowe pokolenie hobbystów-majsterkowiczów, z których wielu było weteranami ruchów pokojowych i ruchów obrony praw obywatelskich, stowarzyszało się luźno pod sztandarami odpowiedniej technologii. Niektórzy głosili etos „powrotu do ziemi” i migrowali w obszary wiejskie. Inni pozostawali w biednych dzielnicach wielkich miast, często jako squattersi, zajmując opuszczone budynki w sąsiedztwie. Misją, którą przyjęli, było tworzenie „odpowiednich technologii”, czyli

narzędzi i maszyn, które można było wytworzyć z lokalnie dostępnych źródeł, nastawionych raczej na porządkowanie niż eksploatację ekologicznego otoczenia, którymi można by było dzielić się w ramach kultury współpracy. Ich okrzyk bojowy to „myśl globalnie, działaj lokalnie”, co znaczyło, że należy dbać o planetę, żyjąc w sposób zrównoważony w swojej lokalnej społeczności.

Ruch, który pojawił się najpierw w uprzemysłowionych krajach Północy, wkrótce stał się jeszcze potężniejszą siłą w rozwijających się państwach Południa, gdy biedni tego świata usiłowali stworzyć własne samowystarczalne społeczności na marginesach globalnej gospodarki kapitalistycznej.

Szczególnie istotne, zwłaszcza w retrospekcji, wydaje się, że dziesięć lat po narodzinach ruchu odpowiedniej technologii, na scenie pojawił się całkiem nowy ruch, wychodzący od młodych tech-hobbystów. Byli to geekowie i nerdowie kultury IT, których łączyła miłość do programowania komputerowego i zamiłowanie do dzielenia się programami w ramach edukacyjnych wspólnot opartych na współpracy. Utworzyli oni ruch wolnego oprogramowania, którego celem było zbudowanie globalnej wspólnoty współpracy (bardziej szczegółowo zajmiemy się tym ruchem w części III). Ich sloganem było „informacja chce być wolna” – wymyślił go Stewart Brand, jeden z nielicznych, którzy połączyli ruch odpowiedniej technologii i kulturę hakerów. (*The Whole Earth Catalog*, redagowany przez Branda, pomógł wyprowadzić ruch odpowiedniej technologii ze stanu subkultury niszowej i zmienić go w większy fenomen kulturowy.) Wśród uwag Branda na temat rewolucji software'owej często ginie reszta jego wystąpienia na pierwszej konferencji hakerów w roku 1984:

Z jednej strony informacja pragnie być droga, bo jest cenna. Właściwa informacja we właściwym miejscu zmienia człowiekowi życie. Z drugiej strony, informacja chce być wolna, bo koszt jej publikacji wciąż się obniża. Te dwie tendencje walczą ze sobą.³¹

Brand wcześniej dostrzegł nadchodzącą sprzeczność między prawami własności intelektualnej a dostępem typu open source. Sprzeczność ta w końcu stała się podstawą walki kapitalistów i zwolenników współpracy, w miarę jak koszty krańcowe dzielenia się zbliżały się do zera.

Ruch odpowiedniej technologii zdecydowanie był ruchem low-tech, zainteresowanym zarówno odkryciem na nowo, jak i udoskonaleniem, efektywnych technologii tradycyjnych, które zostały porzucone lub zapomniane w pędzie do epoki przemysłowej, i rozwijających się nowych technologii – zwłaszcza tych związanych z odnawialnymi źródłami energii. Wolał proste od złożonego, a także technologię, którą można było odtworzyć od podstaw, używając lokalnych zasobów i know-how, aby zachować wierność zasadzie lokalnej niezależności.

Hakerzy byli ulepieni z innej gliny. Byli to młodzi, często wybitni inżynierowie i naukowcy, awangarda rewolucji IT – ucieleśnienie kultury high-tech. Patrzyli globalnie, nie lokalnie, a ich społeczność kształtowała się w społecznościowych sferach Internetu.

Jednak te dwa ruchy łączyło poczucie wspólnoty oraz etyczna wiara w wartość współpracy, ważniejszej niż własność, wiara raczej w dostęp niż posiadanie.

Teraz druk 3D łączy te dwa istotne ruchy, gdyż jest on jednocześnie ogromnie high tech i appropriate tech. W ogromnej części funkcjonuje jako technologia open source. Software'owe instrukcje drukowania przedmiotów są upowszechniane na forum globalnym, a nie trzymane w prywatnych rękach, ale materialne surowce są dostępne lokalnie, dzięki czemu technologia ma uniwersalne zastosowanie. Druk 3D wspiera samowystarczalne społeczności lokalne, ale produkty można sprzedawać za pośrednictwem stron internetowych przy niemal zerowych kosztach krańcowych i udostępniać globalnej bazie użytkowników. Trójwymiarowy druk przekracza także granice ideologiczne – interesuje libertarian, zwolenników „zrób to sam”, przedsiębiorców społecznościowych oraz miłośników komunikacji, bowiem wszyscy oni preferują rozproszone, transparentne, oparte na wspólnocie podejście do życia gospodarczego i społecznego, w odróżnieniu od podejścia scentralizowanego i opartego na własności. Druk 3D łączy te różne podejścia. Więź społeczna to zdecydowane odrzucenie hierarchicznej potęgi i gorące oddanie sprawie potęgi lateralnej, sieci równorzędnych użytkowników.

Nie jest niczym zaskakującym fakt, że drukowanie przestrzenne przyjmuje się w najbardziej rozwiniętych, uprzemysłowionych gospodarkach. Podczas gdy firmy ze Stanów Zjednoczonych szybko objęły prowadzenie w obszarze tej nowej technologii, wydaje się, że w ciągu kilku lat dogonią je Niemcy, ponieważ ich technologia 3D postrzegana jest jako model infoprodukcyjny dopasowany do rozproszonej, opartej na wspólnocie, infrastruktury.

Pod względem przesunięcia platformy technologicznej IoT do druku 3D na poziom *plug into and play* (podłącz i używaj) Niemcy znacznie wyprzedzają pozostałe zindustrializowane narody. Jak już wspomniano, państwo przekroczyło cel produkowania 20 procent energii elektrycznej dzięki rozproszonej energii odnawialnej i przewiduje się, że do roku 2020 35 procent jego elektryczności będzie pochodziło ze źródeł odnawialnych³². Niemcy konwertowały także w ciągu ostatnich 10 lat milion budynków na częściowo zasilane zielonymi mikroelektrowniami. E.ON i inne firmy energetyczne w tej chwili instalują technologie do przechowywania wodoru i inne w całej sieci przesyłowej. Deutsche Telekom testuje Internet energetyczny w sześciu regionach kraju, a Daimler buduje sieć wodorowych stacji paliwowych, przygotowując się do uruchomienia w 2017 roku produkcji pojazdów napędzanych ogniwami wodorowymi³³.

Posiadacze drukarek 3D mogą korzystać z potencjalnej efektywności i produktywności, jaką oferuje nowy Internet przedmiotów, ponieważ w całych Niemczech mogą podłączyć się do infrastruktury IoT. Pozwala to niemieckim infoproducentom na wyprzedzenie Stanów Zjednoczonych, gdzie firmy zajmujące się drukiem przestrzennym są zagubione w nieefektywnej i przestarzałej infrastrukturze drugiej rewolucji przemysłowej, mającej szczyt produktywności dawno za sobą.

Małe i średnie firmy inżynieryjne w Niemczech od dawna były uważane za światową awangardę w inżynierii precyzyjnej, co daje im znakomitą pozycję do wprowadzania udoskonaleń druku 3D. Już teraz są one w czołowie jego rozwoju. EOS i Concept Laser, obie z Bawarii, należą do graczy światowej klasy³⁴. Niemieckie podejście do przechodzenia na infrastrukturę trzeciej rewolucji przemysłowej jest zarówno konwencjonalne – polega na odgórnej implementacji Internetu przedmiotów – jak i lateralne – z miejscowymi społecznościami transformującymi swoje budynki w minielektrownie, instalującymi mikrosieci elektroenergetyczne i wprowadzającymi transport typu e-mobility.

Ale to w świecie rozwijającym się infrastruktura makerów ewoluuje w swojej najczystszej formie. Na biednych przedmieściach, w odizolowanych miasteczkach i wsiach, gdzie infrastruktura jest słaba, dostęp do kapitału w najlepszym wypadku niepewny, a doświadczenie techniczne, narzędzia i maszynaria w zasadzie nie istnieją, druk 3D zapewnia rozpaczliwie potrzebną możliwość budowania infrastruktury makerów na potrzeby trzeciej rewolucji przemysłowej.

Marcin Jakubowski, absolwent Uniwersytetu Princeton, mający doktorat z energii fuzyjnej z University of Wisconsin, jest jednym z coraz większej liczby społecznie motywowanych młodych wynalazców, którzy zaczynają tworzyć plany 3D w celu budowy infrastruktury trzeciej rewolucji przemysłowej w każdym miejscu na świecie. Zaczął od postawienia raczej prostego pytania: Czego potrzebuje każda społeczność pod względem materiałów i maszyn, aby zapewnić zrównoważoną i przyzwoitą jakość życia. On i jego zespół – gorący zwolennicy odpowiedniej technologii – „zidentyfikowali 50 najważniejszych maszyn pozwalających na istnienie nowoczesnego życia, narzędzi, z których korzystamy każdego dnia – wszystkiego, od traktora do pieca na chleb i maszyny do produkcji obwodów elektrycznych”, do uprawiania roli, budowania domów i produkowania przedmiotów³⁵.

Grupa skupia się przede wszystkim na narzędziach produkcji. Celem jest utworzenie oprogramowania open source korzystającego z dostępnych na miejscu surowców – głównie złomu – do wydrukowania wszystkich 50 maszyn i wyposażenia tym samym każdej społeczności w „globalny zestaw narzędzi do budowy samowystarczalnej wioski”. Będzie ona mogła dzięki niemu wytworzyć własne społeczeństwo trzeciej rewolucji przemysłowej.

Jak dotąd sieć rolników i inżynierów ekologii open source Jakubowskiego skorzystała z druku przestrzennego 3D, aby zrobić prototypy ośmiu z 50 maszyn – „buldożera, spulchniacza gleby, mikrotraktora, koparki, uniwersalnego wirnika, wiertarki pionowej, wielozadaniowej obrabiarki metalu [...] oraz automatycznej wycinarki części do precyzyjnego cięcia metalu”³⁶. Wszystkie projekty i instrukcje do maszyn drukowanych w 3D są typu open source i dostępne dla każdego na stronie internetowej grupy. Aktualnie zespół pracuje nad kolejnymi ośmioma prototypami.

Budowanie nowoczesnej cywilizacji „od zera”, z odpadów, byłoby nie do pomyślenia jeszcze pokolenie wcześniej. Ekologia open source przyjmuje zintegrowane, systemowe podejście, którego celem jest stworzenie całej ekologii maszyn służących do tworzenia nowoczesnej gospodarki. Inne grupy zajmujące się drukiem przestrzennym, w tym Appropedia, Howtopedia i Practical Action, służą jako składnice projektów typu open source do druku 3D, które pozwolą zwolennikom „zrób to sam” na wyprodukowanie wielu maszyn niezbędnych do zbudowania gospodarki makerów³⁷.

Drukowanie przestrzenne najważniejszych narzędzi i maszyn do uprawy roli, budowania i produkcji samo w sobie niewiele da. Aby był z nich pożytek, trzeba sprawić, by stały się częścią infrastruktury elektrycznej. Prawdziwa rewolucja przychodzi, gdy ruch makerów 3D podłączy wszystkie „rzeczy” do Internetu energetycznego. Kiedy to się stanie, paradygmat gospodarczy ulegnie zmianie. Połączenie przedmiotów wydrukowanych trójwymiarowo za pośrednictwem Internetu da każdej społeczności miniaturową infrastrukturę IoT, która będzie w stanie rozszerzać się węzłowo i łączyć przylegające do siebie społeczności całych regionów.

Mikro sieci elektroenergetyczne – lokalne Internety energetyczne – już teraz są instalowane w społecznościach leżących w najbardziej odległych regionach świata, z dnia na dzień zmieniając tam dynamikę rozwoju gospodarczego. W Indiach, gdzie 400 milionów ludzi – głównie w okolicach rolniczych – wciąż nie ma elektryczności, mikrosieć zadebiutowała na wielką skalę w lipcu 2012 roku, kiedy państwo przeżyło najgorszy *blackout* w historii i 700 milionów ludzi zostało bez prądu. Podczas gdy większa część narodu wpadła w panikę, w jednej małej wiosce w Radżastanie życie toczyło się jak zwykle, a światła nawet nie mrugnęły. Nowe telewizory mieszkańców nie wyłączyły się, odtwarzacze DVD działały, maszyny do produkcji maślanek ubijały w najlepsze, a wiatraki chłodziły – wszystko to dzięki zielonej mikrosieci.

Zaledwie kilka miesięcy przed tym niewielka firma start-up o nazwie Gram Power, prowadzona przez dwudziestodwuletniego przedsiębiorcę społecznościowego Yashraja Khaitana, absolwenta Uniwersytetu Kalifornijskiego, oraz jego kolegę Jacoba Dickinsona, uruchomiła pierwszą inteligentną mikrosieć w Indiach w małej wiosce Khareda Lakshimpura.

Miejscowa mikrosieć elektroenergetyczna czerpie energię z paneli solar-nych podłączonych do ceglanej podstacji. Wewnątrz podstacji znajdują się akumulatory, pozwalające wiosce magazynować energię na pochmurne dni. Mały komputer przekazuje dane do biura firmy w Jaipurze. Druty rozciągnięte na drewnianych słupach przesyłają elektryczność z podsta-cji do domów w wiosce, zapewniając zieloną energię elektryczną ponad 200 mieszkańcom. Każdy dom wyposażony jest w inteligentny miernik, informujący właściciela, ile prądu zużywa i ile to kosztuje w różnych po-rach dnia³⁸. Zielona energia jest znacznie tańsza od energii z państwowej sieci przesyłowej i eliminuje konieczność spalania bardzo szkodliwego dla środowiska kerosenu, który odpowiada za choroby układu oddechowego i serca, często spotykane w całym kraju.

Miejscowa matka w wywiadzie dla gazety „Guardian” opisała, jak elektryczność zmieniła życie w wiosce. Wyjaśniła, że „teraz dzieci mogą uczyć się wieczorem. Przedtem życie tutaj było jak w dżungli. Teraz na-prawdę czujemy się jak część społeczeństwa”³⁹.

Gram Power, firma wybrana w 2011 roku z całego świata przez NASA do pierwszej dziesiątki Clean Tech Innovators, od tamtego czasu współpra-cowała z dziesięcioma innymi wioskami, instalując mikrosieci, a w ciągu następnych 12 miesięcy spodziewa się przynieść zieloną energię kolejnym 40 tysiącom mieszkańców wsi⁴⁰. Poszukuje także innych źródeł dostępnej lokalnie energii odnawialnej, jak energia geotermalna i biomasa. W tej chwili firma negocjuje z indyjskim rządem wprowadzenie mikrosieci w kolejnych 120 wioskach, co przyniosłoby energię ponad 100 tysiącom gospodarstw⁴¹.

Gram Power to jedna z licznych nowych firm funkcjonujących na terenie indyjskich wsi, pomagających miejscowym rolnikom stworzyć zielone mikro sieci w celu upowszechniania elektryczności. Husk Power Systems to start-up z Bihar, gdzie 85 procent mieszkańców nie ma prądu. Spółka spala biomasę z łupin ryżowych, by napędzać 90 miejscowych elektrowni. Elektrownie te z pomocą mikrosieci przesyłają elektryczność do 45 tysięcy wiejskich domów. Typowy koszt instalacji dla wioski liczącej około stu domów to zaledwie 2,5 tysiąca dolarów, społeczność może więc spłacić inwestycję w ciągu kilku lat, po czym koszty krańcowe produkcji i przesyłu każdego dodatkowego kilowata energii elektrycznej spadają niemal do zera⁴².

Lokalne mikrosieci łączą się także między sobą, tworząc sieci regio-nalne, które w końcu scalają się z krajowymi, zmieniając scentralizowaną strukturę energetyczną w rozproszoną, opartą na współpracy, lateralną sieć energetyczną. Zakłada się, że do roku 2018 na całym świecie takie sieci będą generować ponad 75 procent przychodów za energię odnawialną⁴³.

Rozpowszechnienie mikrosieci w najuboższych regionach państw rozwijających się, ich zasilanie za pomocą lokalnie wytwarzanej energii odnawialnej, zapewnia elektryczność niezbędną do funkcjonowania dru-

karek 3D, a te z kolei mogą wytworzyć narzędzia i maszyny koniecz-ne do utworzenia samowystarczalnych i zrównoważonych społeczności XXI wieku.

ŚWIAT NEOGANDHIAŃSKI

Obserwując zmiany zachodzące w Indiach i na całym świecie, nie mogę nie zastanawiać się nad dalekowzrocznością myśli Mahatmy Gandhiego sprzed ponad 70 lat. Kiedy zapytano go o jego wizję gospodarki, Gandhi odpowiedział: „produkcja masowa, ale nieoparta na sile [...] To produkcja masowa, ale produkcja masowa w domach ludzi”⁴⁴. Ernst Friedrich Schu-macher podsumował koncepcję Gandhiego jako „nie produkcja masowa, ale produkcja przez masy”⁴⁵. Gandhi zarysował zatem model gospodarczy, który dzisiaj ma większe znaczenie dla Indii i reszty świata niż w chwili, gdy go sformułował.

Poglądy Gandhiego nie zgadzały się z mądrością jego czasów. W świe-cie, w którym politycy, biznesmeni, ekonomiści, akademicy i opinia pu-bliczna wychwalali zalety produkcji przemysłowej, Gandhi zaprzeczał im, sugerując, że „w rozumowaniu Henry’ego Forda tkwi wielki błąd”. Wierzył, że produkcja masowa, z jej pionowo zintegrowanymi przedsię-biorstwami i immanentnymi tendencjami do centralizacji potęgi gospodar-czej i monopolizacji rynków, będzie miała dla ludzkości fatalne skutki⁴⁶. Ostrzegał, że sytuacja taka:

może mieć katastrofalne skutki. [...] Bo chociaż prawdą jest, że będzie się produkować towary w niezliczonych obszarach, władza przyjdzie z jednego wybranego ośrodka. [...] Dałoby to jednej ludzkiej instytucji tak nieograniczoną władzę, że strach mi o tym pomyśleć. Na przykład konsekwencją takiej centralizacji władzy byłby fakt, że od tej potęgi za-leżałoby, czy ja będę miał światło, wodę, nawet powietrze itd. Uważam, że to byłoby potworne.⁴⁷

Gandhi rozumiał, że produkcja masowa zaprojektowana jest tak, by używała coraz bardziej wyrafinowanych maszyn do wytwarzania więk-szych ilości towarów przy mniejszym zużyciu pracy i niższych kosztach. Dostrzegał jednak wewnętrzną sprzeczność w logice organizującej produk-cję masową, która ograniczała jej możliwości. Sądził, że „gdyby wszyst-kie państwa przyjęły system produkcji masowej, nie byłoby dostatecznie dużego rynku na ich produkty. Produkcja masowa musi zatem stanąć”⁴⁸. Podobnie jak Karol Marks, John Maynard Keynes, Wassily Leontief, Ro-bert Heilbroner i inni uznani ekonomiści, twierdził, że zamiar kapitalistów, by osiągnąć efektywność i produktywność, doprowadzi do nieustającego dążenia do zastąpienia pracy ludzkiej automatami, przez co coraz więcej

ludzi pozostanie bez pracy i bez wystarczającej siły nabywczej, aby kupić produkowane towary.

Alternatywą proponowaną przez Gandhiego była lokalna produkcja przez masy we własnych domach i okolicach – nazywał to *Swadeshi*. Ideą *Swadeshi* było „dawać pracę ludziom, a nie ludzi pracy”⁴⁹. Pytał retorycznie, „czy pomnożenie indywidualnej produkcji miliony razy nie da produkcji masowej na olbrzymią skalę?”⁵⁰. Gandhi gorąco wierzył, że „trzeba znowu połączyć produkcję z konsumpcją” – czyli chodzi o to, co dzisiaj nazywamy prosumentami – oraz że „będzie to możliwe tylko wtedy, gdy produkcja będzie lokalna, a większość jej wytworów – chociaż nie wszystkie – zostanie także lokalnie skonsumowana”⁵¹.

Gandhi był uważnym obserwatorem stosunków rządzących pierwszą i drugą rewolucją przemysłową. Patrzył, jak brytyjska machina przemysłowa atakuje indyjski subkontynent, pochłaniając jego bogactwa naturalne i doprowadzając do zubożenia mieszkańców, byle tylko zaspokoić apetyty konsumpcyjne zamożnej elity oraz rosnącej brytyjskiej klasy średniej. Widział, jak miliony jego rodaków pozostają na samym dole globalnej piramidy industrialnej, na której szczycie znajduje się władza. Nic dziwnego, że buntował się przeciwko scentralizowanemu systemowi kapitalistycznemu.

Gandhi był równie rozczarowany eksperymentem komunistycznym w Związku Radzieckim, który powoływał się na zasadę solidarności wspólnotowej, ale wprowadzał jeszcze sztywniejszą scentralizowaną kontrolę nad procesem industrializacji niż jego kapitalistyczni wrogowie.

Gandhi nigdy wprost nie wypowiedział koncepcji, że matryce komunikacyjno-energetyczne określają sposób, w jaki zorganizowana i rozłożona jest w każdej cywilizacji potęga gospodarcza. Intuicyjnie rozumiał jednak, że przemysłowa organizacja społeczeństwa – czy pod egidą rządu kapitalistycznego, czy socjalistycznego – przynosi ze sobą zestaw sztywnych założeń, w tym scentralizowaną kontrolę nad procesem produkcji i dystrybucji, promowanie utylitarnej koncepcji natury ludzkiej oraz dążenie do jeszcze większej konsumpcji materialnej jako celu samego w sobie. Jednakże jego filozofia podkreślała zdecentralizowaną produkcję gospodarczą w samowystarczalnych lokalnych społecznościach, preferencje raczej dla pracy rzemieślniczej niż przemysłowo-maszynowej, a także wizję życia gospodarczego jako poszukiwań moralnych i duchowych, a nie dążeń materialistycznych. Dla Gandhiego antidotum na szalejącą eksploatację gospodarczą oraz chciwość jest altruistycznie oddanie społeczności.

Idealna gospodarka Gandhiego zaczyna się w wiosce, a z niej rozprzestrzenia na świat. Napisał:

Moja idea wioski *Swaraj* polega na tym, że jest to kompletna republika, niezależna od sąsiadów w zaspokajaniu swoich potrzeb, ale jednak współzależna od wielu innych, kiedy taka zależność jest koniecznością.⁵²

Odrzucał koncepcję piramidalnie zorganizowanego społeczeństwa na rzecz tego, co nazywał „oceanicznymi kręgami” (*oceanic circles*), stworzonymi z indywidualnych jednostek włączonych w szersze społeczności, z których fale rozchodzą się na całą ludzkość. Gandhi twierdził, że:

Niepodległość zaczyna się na samym dole [...] każda wioska musi być samowystarczalna i zdolna do prowadzenia swoich spraw, nawet do bronięcia się przed całym światem. [...] To nie wyklucza zależności i woli pomocy ze strony sąsiadów lub świata. Będzie to swobodna i dobrowolna gra wzajemnych sił. [...] W tej strukturze złożonej z niezliczonych wiosek będą zawsze poszerzające się, nigdy nie rosnące wzwyż kręgi. Wzrost nie będzie piramidą z wierzchołkiem podtrzymywanym przez podstawę. Ale będzie to oceaniczny okrąg, którego centrum będzie jednostka. [...] Nawet największe zakłócenia na obwodzie nie będą miały wpływu na to, co znajduje się w środku w najbardziej wewnętrznym okręgu, ale nawet go umocnią i wzajemnie będą czerpać z niego siłę.⁵³

Opisując swoją wizję, Gandhi dystansował się także od klasycznej teorii ekonomicznej. Twierdzenie Adama Smitha, że w naturze każdego osobnika leży ochrona własnych interesów na rynku i że „ma on na widoku własną korzyść, a nie korzyść społeczeństwa”, było dla Gandhiego bluźnierstwem⁵⁴. Wierzył w gospodarkę cnotliwą, w której interes społeczności stoi wyżej niż interes jednostki i twierdził, że wszystko inne ogranicza szczęście rasy ludzkiej.

Według Gandhiego, szczęścia nie można było znaleźć w gromadzeniu bogactw, ale w życiu pełnym współczucia i empatii. Posunął się nawet do sugestii, że „prawdziwe szczęście i zadowolenie [...] polega nie na pomnażaniu, ale na celowym i dobrowolnym ograniczaniu pragnień”, aby człowiek mógł swobodnie żyć w sposób pełniejszy, wspólnie z innymi⁵⁵. Powiązał też swoją teorię szczęścia z odpowiedzialnością wobec planety. Niemal pół wieku przed tym, zanim przyszła moda na zrównoważony rozwój, Gandhi oznajmił, że „Ziemia dostarcza dość, by zaspokoić potrzeby każdego człowieka, ale nie dość, by zaspokoić chciwość dowolnego z nich”⁵⁶.

Wizja idealnej gospodarki Gandhiego wykazuje zaskakujące filozoficzne podobieństwo z trzecią rewolucją przemysłową oraz towarzyszącą jej epoką współpracy. Jego wyobrażenie samowystarczalnych wioskowych społeczności łączących się razem w falujące rozchodzące się wszędy oceaniczne kręgi obejmujące całą ludzkość odzwierciedla lokalne mikrosieci łączące się w rozproszone i polegające na współpracy lateralne sieci w paradygmacie gospodarczym trzeciej rewolucji przemysłowej. Koncepcja szczęścia Gandhiego, jako optymalizacji związków człowieka we wspólnej społeczności, a nie autonomicznego dążenia do zaspokojenia własnych interesów na rynku, odzwierciedla nowe marzenie o jakości życia, będące

główną cechą epoki współpracy. Wreszcie wiara Gandhiego w to, że natura nie jest źródłem niewyczerpanym i że wymaga raczej opieki niż plądrowania, odpowiada nowoczesnej świadomości, że życie każdego z ludzi sędzi się w końcu według wpływu jego ekologicznego śladu na biosferę, w której wszyscy żyjemy.

Podczas gdy Gandhi przyjmował koncepcję lateralnej potęgi gospodarczej i rozumiał, że środowisko Ziemi jest samo w sobie rozległą społecznością wspierającą życie na planecie, był zmuszony bronić swojej filozofii lokalnej potęgi gospodarczej w epoce industrialnej, której matryca komunikacyjno-energetyczna faworyzowała scentralizowane odgórne zarządzanie przedsiębiorstwami i pionową integrację działalności gospodarczej. To postawiło go w niewdzięcznej sytuacji popierania tradycyjnych rzemiosł w ledwie prosperujących społecznościach lokalnych, przez które masy Hindusów tkwiły przez kolejne eony w biedzie i izolacji.

Gandhi nie zauważył, że w sercu systemu kapitalistycznego leży jeszcze głębsza sprzeczność, która umożliwi ziszczenie się rozproszonej i opartej na współpracy, lateralnej gospodarki, jaka mu się marzyła – czyli stałego poszukiwania nowych technologii zwiększających wydajność i produktywność, a przy tym sprowadzających koszty krańcowe niemal do zera, dzięki czemu wiele towarów i usług będzie potencjalnie za darmo i gospodarka obfitości stanie się realną możliwością.

Gandhi bez wątplenia byłby zaskoczony wiadomością, że optymalny punkt w rozwoju kapitalizmu – osiągnięcie idealnej wydajności przy niemal zerowych kosztach krańcowych – zostanie zrealizowany przez wprowadzenie nowej technologii komunikacyjnej, nowego reżimu energetycznego i towarzyszącego im modelu produkcyjno-dystrybucyjnego zorganizowanego w sposób rozproszony i oparty na współpracy, co pozwoli milionom ludzi stać się prosumentami. Nie różni się to bardzo od koncepcji produkcji przez masy, jaką sobie wyobrażał.

Dzisiaj infrastruktura IoT dostarcza środków do realizacji wizji gospodarczej Gandhiego, wydobywając miliony Hindusów ze skrajnego ubóstwa i zapewniając im zrównoważoną jakość życia. Dążenie Gandhiego do dobrej gospodarki, wprowadzone i powiązane z Internetem przedmiotów, może służyć jako potężna nowa narracja nie tylko dla Indii, ale także dla rozwijających się narodów całego świata, poszukujących sprawiedliwej i zrównoważonej przyszłości.

ROZDZIAŁ 7

MOOC I EDUKACJA O ZEROWYCH KOSZTACH KRAŃCOWYCH

Społeczeństwo zerowych kosztów krańcowych, w którym niedobór zastąpiła obfitość, to świat zupełnie inny niż ten, do którego przywykliśmy. Chęć przygotowania studentów na epokę, w której rynki kapitalistyczne będą odgrywały rolę drugorzędną wobec wspólnoty współpracy, wymusza konieczność ponownego przemyślenia samego procesu edukacji. Pedagogika nauczania przechodzi zasadnicze zmiany. Tak samo sposób, w jaki edukacja jest finansowana i realizowana. Fenomen niemal zerowych kosztów krańcowych zaistniał w ciągu ostatnich dwóch lat w edukacji wyższej dzięki kursom online, które milionom studentów zmniejszają koszty uzyskania uniwersyteckich punktów kredytowych niemal do zera.

Epoka kapitalizmu gloryfikowała model edukacji zaprojektowany tak, by robić ze studentów kompetentnych pracowników przemysłowych. Klasę przekształcono w mikrokosmos fabryki. Studentów traktowano analogicznie do maszyn. Ćwiczone ich, by spełniali rozkazy, uczyli się przez powtarzanie i działali efektywnie. Nauczyciel był odpowiednikiem fabrycznego majstra, rozdawał standaryzowane zadania wymagające udzielenia ustalonych odpowiedzi w wyznaczonym czasie. Nauka została podzielona na oddzielne silosy. Edukacja miała być pożyteczna i pragmatyczna. Mniej mówiono o „dlaczego” niż o „jak”. Celem było tworzenie produktywnych pracowników.

JEDNOSALOWA SZKOŁA Z DWOMA MILIARDAMI UCZNIÓW

Przejście z epoki kapitalistycznej do epoki współpracy zmienia pedagogikę sali klasowej. Autorytarny, odgórny model kształcenia zaczyna ustępować doświadczeniu edukacyjnemu opartemu bardziej na współpracy. Nauczyciele zmieniają się z wykładowców w facylitatorów. Przekazywanie wiedzy staje się mniej ważne niż kształtowanie umiejętności krytycznego uczenia