

Гл. ас. д-р Христо Проданов\*

## ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИЕТО НА 3D ПРИНТИРАНЕТО И НЕГОВИТЕ ИКОНОМИЧЕСКИ И ПОЛИТИЧЕСКИ СЛЕДСТВИЯ

Изследвани са промените, възникнали в политикономическите системи на четвъртата индустриална революция в резултат от въвеждането на 3D принтерите (т. нар. адитивни технологии). Разгледани са появата, същността и историческото развитие на 3D принтерите. Анализирани са областите на приложението им, които все повече се разширяват. Очертани са промените в икономическата подсистема, които се предполага, че изискват изменения в цялостното отношение между икономика и политика, а с това и трансформации в политикономическите системи. Тези промени са проследени от гледна точка както на новите предизвикателства, на които ще трябва да реагират държавите, така и на разгръщащите се трансформации в глобалните разделение на труда и стойностни вериги, които ще имат радикални следствия за геоикономическите и геополитическите баланси в света.<sup>1</sup>

JEL: L86; O25; O31; P16

*Ключови думи:* адитивни технологии; четвърта индустриална революция; дигитални технологии; 3D принтери; политическа икономия

### Поява и развитие на 3D принтирането

За разлика от традиционния принтер от времето на третата индустриална революция, който репродуцира текстове в двуизмерно пространство, 3D принтерът (т.нар. адитивни технологии) може да репродуцира триизмерни обекти от всякакъв вид чрез последователно добавяне на пластове при печатането на съответния предмет, докато той се оформи като цяло. От тази триизмерност, революционизираща производствения процес с помощта на дигиталните техно-

---

\* УНСС, катедра „Политическа икономия“, h\_prodan@abv.bg

<sup>1</sup> Chief Assistant Prof. Hristo Prodanov, PhD. TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF 3D PRINTING AND ITS ECONOMIC AND POLITICAL IMPLICATIONS. *Summary:* An examination is made of the emerging changes in the politico-economic systems of the Fourth Industrial Revolution as a result of the introduction of 3D printers, which are also known as additive technologies, because they create three-dimensional objects layer after layer. The emergence, nature and historical development of 3D printers are addressed. The areas of their application, which are increasingly expanding, are analyzed. The changes in the economic subsystem, which are supposed to require changes in the overall relationship between economy and policy, and thus transformations in the politico-economic systems as a whole, are outlined. These changes are addressed in terms of the new challenges that the countries will have to react to, as well as in terms of the unfolding transformations in the global divisions of labor and value chains that will have a radical impact on the geo-economic and geo-political balances in the world. *Keywords:* additive technologies; Fourth Industrial Revolution; digital technologies; 3D printers; political economy

логии, като трансформира данните във веществени продукти, произлиза и неговото наименование.

Първата версия на 3D принтер е дело на Хидео Кодама от Института за индустриални изследвания в гр. Нагоя, Япония. През 1981 г. той разработва два метода за производство на триизмерни пластмасови модели с фоточувствителна смола, която, облъчвана с ултравиолетови лъчи, се втвърдява и се превръща в полимер. Неговата работа обаче не е патентована. През 1983 г. Чарлз Хъл (Charles W. Hull), инженер от щата Колорадо в САЩ, принтира малка черна пластмасова чаша с нов, изобретен от него метод, който нарича „стереолитография“ – добавяните слоеве от фотополимерна смола се втвърдяват с помощта на ултравиолетова светлина от лазери. През 1984 г. Хъл патентова своето откритие, а две години по-късно година основава първата компания за такива технологии „3D Systems“ и създава първата предназначена за пазара машина Stereolithography Apparatus (SLA).

В началото технологията е доста несъвършена и има някои недостатъци. Произвежданите чрез нея предмети например са крехки и лесно се чупят, а процесът на изработването им е много бавен и дълъг. Освен това се изисква специално и индивидуално оборудване за отделните части на произвеждания сложен продукт, което съществено оскъпява неговото производство. Ето защо за продължително време адитивните технологии не се използват за промишлени цели, а главно за създаване на прототипи на различни обекти. Правят се триизмерни модели на определени предмети – дигитално те са във версията на файлове, софтуерно „нарязани“ на тънки слоеве, които трябва да се възпроизведат последователно, за да се принтира съответният предмет. Оттук идва и названието им – „технологии за бързо правене на прототипи“ (от англ. Rapid Prototyping). Те са от съществено значение и в днешно време, особено в областта на архитектурата, строителството, автомобилната и аерокосмическата промишленост, защото дават възможност циклите на изобретяване и разработка на нови продукти да се ускорят, като се изпробват чрез евтини 3D прототипи и визуални модели.

Около три десетилетия по-късно химикът Джо Де Симоне, основател на компанията „Carbon“, разработва 3D принтер – модел M1, който успява да преодолее голяма част от съществуващите дотогава слабости. С негова помощ започват да се произвеждат не двуизмерни, а триизмерни копия, като се използва съответен дигитален модел. Технологията е подобна на тази при традиционния принтер, но при нея последователно се добавят (оттук и определението „адитивни технологии“ – от англ. add) множество слоеве пластичен материал, чрез които се „отпечатва“ съответният физически обект. За да започне процесът, е необходим 3D модел на обекта, който ще бъде принтиран, вкаран в съответната компютърна програма, т.е. 3D принтирането трансформира дигиталния файл във физически обект. При производството се използват два основни компонента: (1) първична суровина – версия на пластмаса, метал, дърво, пластмаса, керамика в подходяща форма, дори биоматериали и (2) лазерен/

електронен лъч, дъга, ултравиолетови лъчи, топлинна дъга, изобщо енергиен източник, чиято функция е спояването на различните пластове на суровината. С течение на времето принтерите се усъвършенстват по най-различни начини. Например с помощта на една или повече „глави“ от рода на тези, които има класическият принтер, се пресоват малки количества материал на точното място, за да се изгради триизмерен обект точка по точка от основите към горната му част.

Постепенно възниква клъстер от технологии, които изиграват ключова роля в четвъртата индустриална революция. Новите варианти на адитивни технологии днес могат да възпроизвеждат сложни обекти, използвайки множество материали едновременно. Подобряването на материалите и качеството на произведените предмети води до значително намаляване на цената на принтерите и до непрекъснато увеличаване на възможностите за производството на все по-комплексни продукти от различен характер, както и до почти неограничено разширяване на сферите на приложението им.

Бързият процес на иновации става причина за създаването на множество видове 3D принтери, които се различават в зависимост от: начина на изграждане на отделните слоеве в процеса на печатане на триизмерния обект; използваните материали (течни, ронливи, полимерни, метал на прах и др.); лазерни/нелазерни; енергията, с която обектът се фиксира като единно цяло (топлинна, ултравиолетови лъчи, обикновена видима светлина и др.). Засега обаче суровините за производство с адитивни технологии са все още относително скъпи, което определя и посоката на съвременната изследователска и развойна дейност в тази сфера. Усилията са насочени не само към намаляване на стойността на материалите, но и към намиране на начини те да се обработват намясто или в употреба да влязат рециклирани елементи от предходно производство на различни продукти (особено от пластмасови изделия и отпадъци). Очакванията са, че 3D принтерите ще доведат до също толкова голяма промяна в сферата на производството, както интернет в комуникациите, т.е. след дигиталната революция в комуникациите предстои дигитална революция и в производството. Затова и през последните години адитивните технологии се превръщат в една от най-бързо развиващите се области на четвъртата индустриална революция.

Значителният напредък на дигиталните технологии в проектирането, моделирането и производството става фактор и за съществено разширяване на приложението на 3D принтерите. За разлика от първите модели от края на 80-те и 90-те години на миналия век, които са изключително обемисти, доста от сегашните версии са с големината на традиционен мастиленоструен двумерен принтер за печат върху хартия. Същевременно технологията става все по-точна и ефективна. Подобно на компютрите и мобилните телефони, в днешно време 3D принтерите стават широко достъпни – все повече малки и средни компании могат да си позволят да ги закупват и използват. Един от най-важните фактори за тяхното бързо разпространение е спадането на цените

им – вече има модели за по няколко стотин USD, което ги прави достъпни и за домашно потребление. Само през 2017 г. в света са продадени половин млн. настолни 3D принтера, като прогнозите са към 2030 г. броят им да достигне 100 млн. (Adams, 2018).

Основополагащо предимство в сравнение с досегашните начини на производство, свързано с разходите при адитивните технологии, е, че цената на производството на прости предмети е приблизително същата, колкото и на суперсложни съоръжения. След като дигиталният модел вече е създаден, изработването на изделие със сложна форма и с различни допълващи го елементи не изисква повече време, умения или разходи, отколкото това на нещо съвсем просто (например, изграждайки слой върху слой при принтирането на тухла или на човешки кости или зъби, усилията са едни и същи) Нещо повече, тези технологии позволяват да се създават много сложни предмети, които не могат да се изработят по традиционните начини. При това се очаква скоро 3D принтерите да се усъвършенстват дотолкова, че да могат да се самовъзпроизвеждат, а системи като RepRap и Fab@home да спомогнат за свободния достъп до програми за изготвянето на нужните за тази цел части. Така един 3D принтер ще може да се поправя и да се възпроизвежда неопределен брой пъти, стига да е налице необходимата за това производство суровина (вж. Jonhston, Smith, Irwin, 2018, p. 5).

### **Основни сфери на приложение на адитивните технологии**

Към 2016 г. чрез 3D принтиране могат да се възпроизведат различни обекти във всякакви цветове, като се използват над 250 различни материали, например титаний, гума, пластмаса, стъкло, керамика, кожа, биологични компоненти и даже шоколад. Освен това материалите могат да се съчетават, за да се изработват по-сложни структури като реактивни двигатели, медицински протези и др. Един от пробивите в тази област е на учени от Карнеги Мелън Юнивърсити и Университета в Мисури, които прилагат 3D принтирането на наноструктури при производството на литиево-йонни батерии със сребърни електроди и много голям капацитет на съхраняваната в тях енергия – около 400% по-голям на единица тегло на електродите в сравнение с произвежданите дотогава батерии. Това се смята за най-сложния продукт, произведен до 2018 г. по този начин, като се очаква нововъведението да трансформира всички мобилни устройства, използващи батерии (Jackson, 2018).

*Основната област, в която адитивните технологии намират приложение, е индустриалното производство, където те допринасят за повишаване на добавената стойност чрез индивидуализация на продукцията, производство на малки партии сложни продукти и т.н. От самата им поява например автомобилната индустрия се опитва да използва тези технологии за създаване на прототипи. За да се намалят разходите за отделните части на колите, активно се произвеждат олекотени детайли от алуминиеви сплави. С 3D принтери вече*

се произвеждат не само прототипи и редки компоненти, но и цели устройства, които за разлика от традиционните технологии не е нужно да се разделят на части и впоследствие да се сглобяват. В перспектива това би могло да предизвика коренна промяна в сектора, водейки до изчезването на почти цялата работна сила в него. В САЩ през 2014 г. компанията „Local Motors“ създава модел на „умен микроавтобус“, напечатан на 3D принтер, който се движи без шофьор и е управляван с помощта на изкуствен интелект. Колата превозва до 12 човека и може да бъде повикана със специално смартфон-приложение. Освен това в автомобилната индустрия адитивните технологии са печеливши и поради факта, че улесняват персонализацията (производството на автомобил по индивидуална заявка), което повишава конкурентоспособността.

3D принтерите намират все по-широко приложение не само в автомобилната, но и в аерокосмическата промишленост за производството на дронаве, самолети, ракетни двигатели и сателити. С тяхна помощ големи корпорации като „Airbus“ и „Boeing“ изработват с 50 до 80% по-леки части за самолетите, (например инжектори за гориво за реактивни двигатели, чието производство е много трудоемко), което води до икономия на гориво. Компанията „General Electric“ възнамерява да използва адитивни технологии за направата на половината от частите на нейните електрически и самолетни турбини. Чрез прилагането на адитивни технологии при производството на най-сложните части за ракетните мотори разходите намаляват до 70%, а времето за работа се съкращава от 12 на 4 месеца (Barneveld, Jansson, 2017, p. 12).

Редица компании използват адитивните технологии за производство на потребителска електроника като смартфони и таблети, на антени, сензори и др., които по този начин също могат да бъдат индивидуализирани. Те се изработват като цяло изделие, а не като отделни части, които се сглобяват след това. През последните години се наблюдава и тенденция към изграждане на потясна връзка между адитивното производство и нанотехнологиите, в резултат от което се създават много по-здрави и устойчиви продукти. Един от типичните примери е съдържащата наночастици батерия, която е с размерите на пясъчно зърно.

*Адитивните технологии имат все по-голямо приложение в археологията, строителството и архитектурата.* В археологията те служат за производство на различни артефакти, които могат да се възпроизвеждат на различни места. В сферата на архитектурата и строителството през 2017 г. фирмата „Apis Cor“ в Сан Франциско започва да предлага строеж на нови къщи с 3D принтер, като стените могат да бъдат принтирани за 24 часа, а общата цена на създаването и обзавеждането е около 10 хил. USD (Murphy, 2017). В Холандия пък с помощта на роботи компанията „MX3D“ напечатва на 3D принтер пешеходен мост, който да бъде поставен над един от най-старите и известни канали в Амстердам. Мостът е дълъг 12.5 м, широк 6.3 м и за изработването му са използвани 4.5 т неръждаваеща стомана (MX3D Bridge, 2018). В Айндховен компанията „Van Wijnen“ планира през 2019 г. да построи пет сгради, напечатани

на 3D принтер. На това се гледа като начало, с което рязко ще се намалят разходите, ще се преодолее недостигът на работна сила в сектора, като същевременно ще бъдат използвани много по-малко суровини и ще могат да се конструират всякакви футуристични модели на различни сгради (Krishna, 2018). В Обединените арабски емирства през 2016 г. е приета стратегия, според която към 2025 г. 25% от новопостроените жилища в Дубай ще бъдат създадени с 3D принтери. Очаква се това да намали използвания досега за тази цел труд със 70%, а разходите в различните отрасли да се съкратят с до 90%. Смята се, че с помощта на 3D принтирането ще може да се разреши до голяма степен проблемът с нарастващия недостиг на жилища в световен план – в днешно време ежегодно над 100 млн. човека се местват да живеят в градовете, а според прогнози на ООН до 2030 г. в света ще има 41 мегаградове с по над 10 млн. жители (Breene, 2018).

Друг сектор, в който тепърва се очаква широкото навлизане на *3D принтерите*, макар и свързано със сериозни опасности, е *оръжейната промишленост*. През август 2012 г. в Остин американският студент в Тексаския университет и радикален анархист-либертарианец Коди Уилсън създава нетърговската организация „Дефенс дистрибутид“ за реализирането на проект за 3D оръжие, достъпно за всеки желаещ. Година по-късно той разработва и качва за свободно ползване в интернет програмата *Liberator* (Освободител) за отпечатване на пистолет, позволяваща всеки да си направи собствено оръжие от пластмаса в домашни условия, ако разполага с 3D принтер. По думите на Уилсън за производството му са необходими 24 часа. За много кратък период програмата е свалена около 100 хил. пъти. Скоро след това поради опасения, че може да се използва с престъпни намерения, е наредено тя да бъде махната от интернет. Уилсън дори е арестуван за нарушаване на регулациите за международен трафик на оръжие, тъй като програмата му може да бъде свалена и пистолетът бъде принтиран навсякъде по света. Впоследствие обаче започва дискусия, водят се съдебни дела и от 1 август 2018 г. под натиска на лобитата, които стоят зад идеята за свободно притежание на оръжие, всеки американец получава правото да си закупи съответния софтуер и да си изработи въщи оръжие на 3D принтер.<sup>2</sup> Пистолетът, който може да се произведе, е пластмасов, само спусъкът е от стомана и може да се маха и слага, затова и е неоткриваем за скенерите по летищата. Засега оръжието не е достатъчно свършено, но се работи активно за неговото подобряване. В същото време правната битка за забраната му продължава. Отделни платформи заявяват, че ще ограничат възможностите за достъп до програмата, но колкото и да е силен контролът, всеизвестно е, че в интернет могат да се разпространяват в перспектива всякакви програми. Това поставя държавите в тежко положение, тъй като по този

<sup>2</sup> Компанията „Defense Distributed“, която се занимава с продажбата на съответния софтуер, обяви, че епохата, в която всеки може да си произведе оръжие, започва – всеки може да влезе в нейния сайт, да сваля съответната програма и да произведе оръжието (вж. Lartey, 2018).

начин тяхната функция, свързана с контрола върху оръжията, започва да отслабва. Ситуацията се усложнява и от факта, че множество компании и изследователски институти работят над създаването на оръжия чрез адитивни технологии.

Тенденция към по-широко *приложение на 3D принтерите се отчита и в производството на храни*. От специални дюзи на принтера се изпуска съответна полутечна субстанция и съобразно компютърната програма се създават различни храни – шоколади, бисквити, палачинки, паста, пица и др. Чрез 3D принтерите храната може да бъде адаптирана към специфичните хранителни изисквания, вкусове и навици на хората, ориентирани към една или друга конкретна диета, чийто брой в днешно време все повече се увеличава. С такъв тип храни вече се експериментира в новооткрити ресторанти в Европа. Те могат да бъдат особено полезни за хора, намиращи се в извънредна ситуация, за астронавти и др. В Ню Йорк и Атланта веригата от ресторанти „Ribalta“ въвежда 3D принтери за производство на основното си ястие – пицата (Hall, 2016). Международната верига „Food Ink“, която има поделения в Ню Йорк, Токио, Барселона, Кейптаун, Лондон, пък става първата компания в света, която от юли 2016 г. предлага само храна, произведена чрез 3D принтери (Miller, 2016).

*Нараства производството на стоки за масово потребление с помощта на адитивни технологии*. Днес човек вече може да си купи 3D принтирани обувки, бижута, писалки, играчки или превозни средства. Тенденцията е тези технологии да започнат да се използват все повече при моделирането и създаването на обзавеждане за дома. Известни компании в тази област като ИКЕА работят за вкарването на 3D принтирани мебели на масовия пазар. Адитивните технологии вече навлизат и в модната индустрия, при това позволявайки потребителят да поиска съответно адаптиране на произвежданото облекло и особено обувки, към неговите изисквания и фигура. На Седмицата на парижката мода през 2018 г. вече беше представена колекция от 3D принтирани дрехи.

*Различни компании разработват 3D принтери за домашна употреба*, като в редица случаи за тази цел се използват програми с открит код. Бързо се увеличава броят на малките фирми, предлагащи различни версии на прости и евтини настолни принтери за домашно творчество, за обучение в училищата и т.н. Увеличаването на този тип производство е стимулирано от много бързия спад на цените на 3D принтерите – ако към 2010 г. те са стрували около 20 хил. USD, то сега могат да се намерят модели за домашно ползване и за потребителски нужди и за под 1000 USD. При това може да се използва програмно оборудване от споменатия проект с отворен код Fab@Home, даващ възможност да се произведат всякакъв вид изделия за домашна употреба – от шоколади, сладкиши и пици до различни химически продукти. Представители на най-различни професии (дизайнери, архитекти, инженери, лекари, астрономи, палеонтолози, преподаватели, музиканти, сладкари и др.) започват все по-често да използват 3D принтери за реализирането на своите идеи и проекти.

Най-перспективната *сфера на приложение на 3D принтирането е медицината*, където с помощта му могат да се създават най-разнородни продукти – от персонализирани лекарства до човешки тъкани. Това е една от технологиите, която се очаква да направи революция в здравеопазването през следващото десетилетие. Биопринтирането се използва вече от фармацевтични компании за тестване на различни изделия. То позволява лекарствата да се произвеждат не само от големите фармацевтични компании, а там, където е потребителят – в болницата или дори в аптеката, като се адаптират към съответното заболяване и се персонализират според нуждите на конкретния пациент. Това е предпоставка и за намаляване на цените на лекарствата. Принтирането на клетки може да допринесе за по-добро проучване на болестите в лабораториите и на тази основа – за по-успешни терапии. Изследователите вече са успели да принтират ракови клетки на яйчниците, върху които са изпробвани съответни лекарства, преди да се приложат върху реални пациенти. Адитивните технологии се използват и като диагностични инструменти. На 3D принтер са създадени човешка кожа за присаждане при изгаряния, зъбни коронки и челюсти, коленни стави, протези на крака, ръце и на други части от тялото.

Публикувано през 2017 г. проучване за състоянието на 3D индустрията в света и за продажбите на различните групи продукти, произведени от нея, показва, че те са концентрирани в пет основни области (Leering, 2017, p. 5-6):

- 19% от продадената продукция са в индустриалния сектор – различни инструменти, механизми, части за машини и др., които са по-конкурентоспособни, защото са произведени по-бързо и по-евтино. Компании като „Honda“ и „Local Motors“ вече предлагат на пазара изцяло направени от 3D части автомобили.

- 18% са в аерокосмическата сфера – геометрични сложни и олекотени части за производствата в нея. Тук конкурентното предимство е не само в по-бързата и евтината им изработка, но и в това, че намалява нуждата да се поддържат големи запаси от тях.

- 13% са потребителски продукти в областта на микроелектрониката, микровълнови мрежи, пластмасови изделия и др. Конкурентните предимства са освен по-голямата бързина при производството им, функционалната интеграция на множество различни елементи чрез изготвянето на цялостен продукт, създаването на различни прототипи, както и производството на редки и липсващи на пазара изделия по индивидуална поръчка.

- 11% са медицински и дентални продукти като зъболекарски и слухови апарати, дигитални протези, коленни стави и др.<sup>3</sup> Те имат предимството, че се произвеждат по-бързо, производственият процес е дигитализиран, лесно се възпроизвеждат индивидуалните характеристики, необходими за конкретен пациент.

<sup>3</sup> По данни на глобално проучване от 2016 г. почти всички медицински слухови апарати в света вече се правят на 3D принтери, като тази технология е по-добра в сравнение с останалите както по цената, така и по качеството си.



Компании от тези пет отрасли са и най-големите инвеститори в 3D принтери през изминалото десетилетие. Тенденциите са адитивните технологии да започнат в нарастваща степен да доминират на пазарите на трудоемки, сложни, изискващи персонализация и предназначени за специфичен тип потребители продукти.

### **Промени в икономическите системи, изискващи промени в политиката и цялостните социални системи**

Развитието на 3D принтирането налага радикално нови тенденции в организацията на производството, размяната и потреблението, а оттук и в цялостното функциониране на икономиката, които пораждаат необходимостта от нейната демократизация и децентрализация. Това се отразява върху глобалните стойностни вериги, бизнес моделите и създаването на различни продукти и техните прототипи.

*Първо.* 3D принтирането води до значително понижаване на стойността на продукцията, защото необходимите суровини и етапите за производството ѝ са много по-малко и не са нужни складове за нейното съхранение. Както беше посочено, чрез 3D принтирането продуктът се създава чрез „добавяне“ последователно на слой след слой, докато той бъде завършен, и така по същество допълнителните разходи са нулеви (Diamandis, 2016) Традиционното производство на сложни машини е свързано с класическите поточни линии, на които през XX век работят хора, а днес все повече се използват роботи. Прилагайки 3D принтирането, потребността от такова разделяне и събиране на продукта значително намалява, като по този се икономисват много материали и труд.<sup>4</sup> При някои конвенционални производства, за да се създаде крайният продукт, се губят до 90% от първоначалната суровина – нещо, което до голяма степен се избягва чрез адитивните технологии. Съкращава се също и времето за производство, а поевтиняването на производството премахва и бариерите за включването в него на нови компании и за усъвършенстването му чрез стартър структури.

*Второ.* С разширяването на адитивното производство се повишава и търсенето на нови продукти, които влизат в стойностните вериги. Това са преди всичко суровините за изготвянето на съответните изделия – пластмаса, метали, керамика, биоматериали и др., които изискват различно оборудване, различни модели принтери. Например за производството на метални продукти не са необходими традиционните метални суровини, а специализирани прахове от сплави и оксиди; при пластмасите се използват пластмасов прах и биоматериали.

---

<sup>4</sup> Става дума за радикално преобръщане на фундаментална тенденция в икономическото развитие, изглеждаща азбучна от времето на Адам Смит насам – разделението на труда, съответно на производството на цялостния продукт между много специализирани се в конкретни операции хора като фактор за повишаване на ефективността и на производителността.

териали и т.н. Едновременно с нарастването на производството ще се засилва потребността от и съответно търсенето на продукти, които да се преработват в материал, годен за използване от принтерите, а с увеличаването на продуктите и техните версии ще расте и търсенето на съответни дигитални програми (вж. Barneverd and Jansson, 2017, p. 15-16).

*Трето.* С тези технологии се създават изделия с такива форми и сложност, които не могат да се постигнат с нито една от традиционните технологии или направата им и изключително трудна и скъпа. Чрез 3D принтирането става възможно изработването на холографски модели на сложни обекти, например на исторически и културни паметници, и тяхното реконструиране. Това се отнася не само за обществено значими обекти, но и за всякакви предмети, които са важни за едно семейство или малка общност.

Известно е, че обикновено колкото по-сложен е даден продукт, толкова по-скъпо е производството му. При 3D принтирането производственият процес не е функция на сложността на изделието, т.е. отношението между разходите и сложността е нелинейно. С едно 3D устройство могат да се изработят голямо количество различни продукти, без да е необходимо да се ползва друга машина. Всяко принтиране на допълнителен продукт може да бъде персонализирано без допълнителни разходи и без да е нужно да се поддържат материални запаси от части за направата му. Поради това може да се очаква, че разходите за производство на персонализирани продукти ще станат сравними с тези за масовото им производство преди това (Garret, 2014).

*Четвърто.* Адитивните технологии трансформират икономиките от масово производство към изработка по поръчка на едни или други изделия на малки серии или според конкретни изискванията на отделния потребител, който става съавтор на произведения продукт. С едно и също оборудване могат да се проектират и произвеждат различни неща чрез промени в дигиталното копие в софтуера, т.е. локалното гъвкаво производство се превръща в алтернатива на сегашното глобално масово производство. По този начин складовете, в които се пазят редки части на различни устройства, стават излишни, тъй като компютърният модел съществува в мрежата, готов да бъде свален от всяка точка на света и да бъде възпроизведен. Една от популярните тенденции е например на домашния принтер да се създават персонализирани храни, съдържащи съответното на личните потребности в момента количество протеини, въглехидрати, витамини и добавки, или пък да се принтират персонализирани лекарства за конкретен човек, индивидуализирани обувки, съобразени с походката и особеностите на крака на отделния човек, и т.н. Така се постига ново равнище на връщане към някогашното доиндустриално занаятчийско производство, различаващо се коренно от технологиите на масовото производство и потребление, както и от нишовите технологии на третата индустриална революция. Съчетават се дигиталната прецизност и възможността за възпроизводство, характерна за традиционната фабрика, със свободата на занаятчията да създава всяко изделие поотделно и да влага в него своето специфично

изкуство, вкус и индивидуалност, произвеждайки продукта, който му трябва, в необходимото количество.

Ако се сравни сегашното масово производство на стоки и това чрез адитивни технологии, се вижда, че в двата случая отношението между пределните разходи за производство и количеството продукция е различно. При масовото производство от времето на втората и третата индустриална революция колкото повече еднотипни продукти се произвеждат, толкова по-изгодно е това, защото спадат маргиналните разходи за производство (те са най-високи при единични продукти и малки серии). Обратно, при адитивните технологии тези разходи са най-ниски при единични или малки групи продукти – с увеличаването на количеството на произвежданите еднотипни изделия разходите нарастват, като основната причина е по-дългото време, необходимо за създаването им.<sup>5</sup> Във всеки случай може да се предположи, че в средносрочен план по-голямата част от домашните вещи ще продължават да бъдат резултат от масово или нишово производство, които засега са свързани с традиционните технологии, тъй като 3D принтерите не са приспособени към тях.

*Пето.* През последните години средствата и уменията, които се прилагат в адитивните технологии, се демократизират. Свързаността на 3D принтирането с цялостната мрежа на интернет, с облачни технологии дава възможност да се използват интелигентни търсещи машини за откриването и свалянето на различни триизмерни модели, които да се споделят или купуват за създаване на разнообразни продукти не само от тесните специалисти в областта, но и от огромната част от останалите потребители. Тези, които не разполагат с достатъчно средства, могат да ползват програми с открит код и да отпечатват нужните им предмети на обществени 3D принтери, а в предприятията могат да се създават различни усъвършенствани устройства. Все повече се налага тенденцията към осигуряване на по-голям достъп до свободен софтуер за изработване на различни неща на 3D принтер, особено на продукти за дома и на играчки. Съответните програми се разпространяват свободно в интернет, с тях може да се захрани принтерът, при това те могат да се коригират по различни параметри според вкуса и желанието на конкретния потребител. Скок в това отношение прави основаната през 2009 г. американска компания „MakerBot Industries LLC“, която между 2009 и 2016 г. е произвела 6 поколения настолни принтери с отворен код, а броят на продадените от тях в света е над 100 хил. За да ускорят този процес и да избягнат обвиненията, че нарушават правата на интелектуална собственост, членовете на хакерската общност RepRap създават дори специален сайт – „Product Bay“, от който могат да се свалят такива програми.<sup>6</sup>

<sup>5</sup> На този етап все още е така, макар че има тенденция маргиналните разходи да спадат с допълнителна продукция.

<sup>6</sup> „Product Bay“ е аналог на известния сайт „The Pirate Bay“, символ на нелегалното сваляне на файлове и на политическа активност, целяща подриване на съществуващата система (вж. Hansen and Stephensen, 2015, p. 120-121).

*Шесто.* В перспектива можем да се очаква адитивните технологии да доведат до промени в цялостната икономическа система. При методите, характерни за досегашните индустриални революции, произвеждащият е ограничен от възможностите на машините, предназначени за създаването на строго определен продукт. За разлика от тях с адитивните технологии хората ще започнат да се чувстват по-свободни, тъй като чрез дигиталния модел ще могат да проектират и да произвеждат всичко, което пожелаят, контролирайки и количеството на използваната енергия, и разходите си. Вместо да купува различни продукти, човек ще може да ги произвежда самостоятелно в домашни условия. Предполага се, че до десетина години вече ще бъдат създадени 3D принтери, с които всеки да си направи въщи дори велосипед или автомобил, а това безспорно ще има радикални последици за цялостната организация и функциониране на съвременното производство (Моратинос, 2015, с. 11).

От представеното дотук може да се обобщи, че чрез адитивните технологии предимството на компаниите, дължащо се досега на мащаба на производството им, особено силно изразено в епохата на масовото производство и потребление, ще намалява, ще спаднат разходите и ще се улесни навлизането на иновации и на нови участници на пазарите.

### **Новите проблемни ситуации, на които трябва да реагират държавите**

3D технологиите кардинално ще променят характера и отношенията между труда, производството, размяната, разпределението и потреблението, което може да доведе до силни сътресения не само в икономиките, в политиката, в социалните системи в отделните страни, но и в целия свят. Напред ще вървят тези страни, които успеят бързо да се адаптират към извършващите се промени и да реагират правилно както на необходимостта, така и на последиците от развитието на такъв вид технологии за икономиките. Досегашният опит показва, че ако държавите не съумеят да изградят подходящи стратегии, ще възникват предпоставки за изоставане в световната надпревара и за загуба на позиции на съответните страни, което се наблюдава и на предишни етапи от развитието на капитализма.

*По-нататък ще очертаем някои от най-сериозните проблемни ситуации, на които би трябвало да реагират държавите, защото те засягат не само новата технология и икономиката, но изискват и промени в политикономическата и в цялата социална система (Bloomberg, 2013).*

*Първо.* Става дума за стратегическа технология, свързана с конкурентните предимства на отделните страни и региони, а е добре известно, че в технологичната надпревара през последните два века държавата е имала решаваща роля. Затова както в Европейския съюз, така и в САЩ правителствата се призовават да инвестират повече средства в адитивни технологии, а не просто да се концентрират върху създаване на условия за връщане на компаниите,

изнесли производството си в чужбина, или да участват в търговски войни, каквито се наблюдават в момента (вж. Barneveld and Jansson, 2017, p. 9).

*Второ.* Държавата и нейната политика са много важни от гледна точка на това, че развитието на адитивните технологии може да има сериозни последствия за сигурността (както беше посочено, 3D принтерите са способни да конструират продукти, вариращи от оловен войник до пистолет, картечница, бомба или дрон, който да напада с бомби).<sup>7</sup> Това създава нарастващи предпоставки за разпространение на производството на всякакъв вид оръжия и използването им от най-различни сили. Същевременно съществуващите през последните десетилетия традиционни мерки за контрол и неразпространение на опасни оръжия – химически, биологични, ядрени, са трудно приложими към оръжията, произведени чрез адитивни технологии.

Проблеми могат да възникнат и във връзка със сигурността в широкия смисъл на думата, свързана с всеки от произведените най-разнородни продукти – от играчки и бебешки колички до храна и протези. Тези проблеми произтичат от необходимостта да се контролират тяхната безопасност и качество и да се определи кой ще е отговорен за това, тъй като все още липсват стандарти за проверка на качеството, оперативна съвместимост и сертификация на машините, материалите, продуктите и процесите.

*Трето.* Пред нови предизвикателства ще бъде изправена и съществуващата система на защита на интелектуалната собственост, свързана досега преди всичко с това, че различни компании произвеждат евтини копия на изделия, за които нямат лиценз, а пазарът на такива копия е доста голям. Чрез 3D принтирането могат да бъдат копирани, възпроизведени и фалшифицирани цели категории продукти, което ще има сериозни икономически, политически, правни последствия. Вероятно това ще стимулира развитието на правни услуги, свързани със защитата на интелектуалната собственост в тази сфера и с борбата срещу интернет пиратството.

*Четвърто.* Тъй като внедряването на адитивните технологии оказва ограничаващо въздействие върху голяма част от съществуващите производства и съответно върху свързаните с тях професии, то и тук, както при всеки технологичен скок, може да се стигне до загуба на работни места, което в средносрочен план би създавало остри социални проблеми. Ще настъпят промени и в разделението на труда – редица функции, които сега са разпределени между тясно специализирани работници, ще се интегрират, а това ще доведе до припокриване на част от дейностите и до необходимостта от засилване на сътрудничеството помежду им. Същевременно ще нараства броят на работещите в областта на адитивните технологии и на производствата на консумативи

---

<sup>7</sup> Във военните стратегии на държави като САЩ вече влиза и производството и използването на оръжия с помощта на адитивни технологии. През май 2017 г. например американски изследователи проектират, принтират и взривяват успешно ръчна граната. Чрез интернет терористи и екстремисти от всякакъв вид, вкл. т. нар. самотни вълци (терористи-единаци) могат да принтират бързо оръжие на места, където по-рано не е имало достъп до него (Johnston, Smith and Irwin, 2018, p. 1-2).

за тях. Това ще изисква специализирана подготовка на кадри на различно равнище – с по-висока дигитална грамотност, мултидисциплинарна ориентация, гъвкавост и т.н.

### **3D принтерите и промените в глобалната политикономия**

Усъвършенстването и въвеждането на адитивните технологии означава радикална промяна в досегашното глобално разделение на труда, производствени вериги и отношения на размяна. Според проучване на холандската банка ING от 2017 г. се очаква още през 2040 г. половината от световното производство да се реализира на 3D принтери.

При производства с висока добавена стойност, при които скоростта на иновацията е от по-голямо значение от абсолютната цена на произведения продукт, комбинацията на 3D принтери и роботи може да направи близостта до крайните пазари и наличието на висококвалифицирани кадри по-важни при взимането на решение къде да бъде локализирано дадено производство, отколкото цената на работната сила. Това е предпоставка за намаляване на разходите за транспорт и енергия, които според някои проучвания могат да спаднат с 85%. По такъв начин компаниите в развитите икономики ще имат стимул да започнат да произвеждат повече продукти в собствените си страни, създавайки възможност за ускоряване на икономическото им развитие (вж. Barneveld and Jansson, 2017, p. 14). Резултатът вероятно ще е свързан с радикални промени в глобалното разделение на труда – страните, оказали се печеливши поради ниската цена на работната сила по време на третата индустриална революция, ще се окажат в губеща позиция, а пазарите ще се локализируют там, където има повече и с по-висока покупателна способност потребители. Създават се предпоставки за деглобализация на капитала, а с това и за засилване на ролята на държавата. Такива процеси се наблюдават днес във водещите страни от капиталистическия център Великобритания и САЩ, които през последните две столетия последователно задават посоките на световното развитие.

Тези тенденции обуславят прогнозата, че развитието на 3D принтирането ще доведе до драстичен спад в световната търговия – с една пета до 2040 г. и с една четвърт до 2060 г. При индустриалното производство делът ще бъде още по-голям – при умерен сценарий търговията с него ще спадне до 2060 г. с 18%, а при радикален намалението още през 2040 г. може да е до 36%. Основната причина за това е същественото понижаване на дела на труда при производството, поради което и досегашните географски различия в цената на труда стават много по-маловажни.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Известно е, че по време на третата индустриална революция именно разликата в цената на труда е основният мотив на компаниите за разделяне на отделните етапи на производство в различни региони и за създаване на глобалните стойностни вериги.

3D принтерите създават висококачествена продукция, могат да се използват бързо и лесно с различни програми, което ще намали потребността от внос на различни суровини или елементи, тъй като необходимостта от тях е много по-малка или изобщо липсва при този тип производство. Във всяка област ще бъдат разработени собствени 3D технологии. Голямото количество локално произвеждани продукти ще отслаби икономическата взаимозависимост между държавите и така ще доведе до радикални геоикономически, а оттук и геополитически промени. В резултат от това за немалка част от производството – например за автомобилите, за различни машини и потребителски продукти, ще стане излишна трансграничната търговия. Това се разглежда като един от основните фактори, които ще допринесе за решаването на проблема с дефицита на търговията в страни като САЩ, а в държавите с търговски излишък той значително ще се свие (вж. Leering, 2017, p. 3-12).

Ще се ограничи трансграничното движение на стоки, тъй като всичко, което е нужно, ще може да се произведе на място с помощта на една основна суровина, необходима на 3D принтера, за да превърне дигиталния модел във веществен продукт. По този начин ще стане излишно разделението на труда при изработката на отделни части на различни места, които след това да бъдат сглобявани в краен продукт. Производството ще се доближи до потребителя и ще намалее необходимостта от посредници, съответно и от трансграничната търговия. Това редуцира времето за транспортиране на продуктите и стимулира локалното производство, а оттук и икономическата деглобализация. В резултат повечето от сегашните глобализирани стойностни вериги за производството на някакъв краен продукт ще станат ненужни или ще бъдат значително съкратени и опростени.

Както беше посочено, адитивните технологии се развиват в посока към производство не само отделни части, а към отпечатването наведнъж на сложни устройства от типа на различни двигатели, компютри и др., които няма да има нужда да бъдат сглобявани традиционно. По този начин се намалява цената на производството, скъсяват се и се опростяват веригите за доставки и в крайна сметка може да се стигне до етап, когато целият сложен продукт ще бъде принтиран като цяло. Това ще елиминира изобщо производствените вериги и поточни линии за все повече продукти, правейки излишна и съответната трансгранична търговия.

В този смисъл може да се каже, че наблюдаваните в днешно време търговски войни, протекционизъм и деглобализация възплъщават и някои тенденции на технологиите на четвъртата индустриална революция, които променят характера на производствения процес и значението на съществуващите глобализирани стойностни вериги. Това не само е предпоставка за завръщане на производството в развитите страни<sup>9</sup>, а и за намаляване на нуждата им от

---

<sup>9</sup> Типичен пример за завръщане на производство обратно в развитите държави са слуховете апарати. Поради застаряващото население на Европа от края на миналия век търсенето им се увеличи.

внос на суровини. Същевременно по-слабо развитите икономики, които досега са разчитали на евтината работна сила, на суровините, на стоки с ниска степен на преработка могат да се окажат в катастрофална ситуация в резултат от свиването на световните инвестиции и от загубата на интерес към тях. Китай и някои други азиатски страни осъзнават добре това и още отсега се насочват към сериозно увеличаване на инвестициите в 3D принтирането.

Глобален политикономически, геоикономически и геополитически ефект ще има и фактът, че става дума за технология, в която водеща роля играят съответните дигитални програми, модели, прототипи с невеществен характер. Те могат да се запазват и разпространяват лесно чрез дигитални файлове, които могат да бъдат принтирани навсякъде по света от всеки принтер със съответните параметри, т.е. както при интернет-информацията изобщо, разстоянието губи значение и това прави възможно бързото глобално разпространение на продуктите. Всеки продукт може да бъде произвеждан намясто съобразно специфичното търсене и предлагане, което също може да бъде фактор за деглобализация на досегашните пазари.

За да се реализира това обаче, трябва да са налице две предпоставки. *Първо*, доколко и в каква степен адитивните технологии ще могат да произвеждат повече продукти на цена, по-ниска от получаваната при досегашното индустриално производство и глобални стойностни вериги. На този етап те могат да произвеждат персонализирано отделни продукти на относително ниски цени, но все още не са достатъчно конкурентни по отношение на масовото производство. *Второ*, наличието на изходните материали за производството (пластмаси, смоли, метали, биоматериали и др.), както и на нови техни усъвършенствани варианти. Това ще бъде едно от най-важните и водещи конкурентни предимства на държавите и компаниите през следващите две десетилетия, което може да бъде предпоставка за нови дисбаланси в отношенията между тях и за преразпределение на геоикономическа и геополитическа мощ (вж. Pierrakakis, Gkritzali, Kandias, Gritzalis, 2018, p. 9-10)

\*

През следващите години адитивните технологии ще бъдат една от посоките на радикални промени в процеса на производство, разпределение,

---

чава. За да вършат успешно работата си, те трябва много добре да се напаснат на ухото на ползващия ги – както за да се чувства комфортно, така и за да чува добре. Поради сложната им геометрия и различните форми на човешкото ухо, те се изработват ръчно, като производственият процес се разделя на седем отделни процедури, изискващи повече от седмица, за да се произведе един апарат. Поради високата им трудоемкост, тяхното производство за дълго време е изнесено от развитите страни в държави с ниска цена на труда. С напредъка на 3D принтирането производственият процес е рязко опростен и по-голямата част от ръчния труд става ненужен. Това чувствително намалява разходите и времето за производство. Така става излишно производството да се пренася надалеч и да се губят време и средства за транспорт на готовия продукт. Благодарение на използването на адитивни технологии производството (вече на 3D принтери) е върнато в Европа, като през 2017 г. повечето от слуховите апарати са с по-високо качество, по-ниска цена, по-кратко време за доставянето им в сравнение с десетилетие по-рано (Barneveld and Jansson, 2017, p. 10).



размяна и потребление на стоки, което ще формира съвсем различни политикономически системи, изискващи и ново политикономическо мислене. Разширява се обхватът на използваните материали за създаване на различни продукти чрез адитивни технологии, както и потенциалът за съчетаване на разнообразни материали, т.е. увеличават се възможностите за производство на сложни устройства, в които са вградени сензори, електроника и други технологии. И тъй като скоростта на промяна ще бъде много голяма, то и вероятността от нарастващо разделение на държавите и социалните групи на печеливши и губещи ще се засилва. Разбира се, съществуват предпоставки и за нови форми на догонващо развитие, имайки предвид намаляващата цена на адитивните технологии и относителната лекота, чрез която могат да се намерят евентуално дигитални модели за едно или друго производство, както и спадащите разходи при нарастваща сложност на произвежданите продукти.

*Използвана литература:*

Моратинос, М. А. (2015). *Мир в епоху устойчивого развития*. Санкт-Петербург: СПбГУП.

Adams, S. (2018). *Half million 3D printers sold in 2017 – on track for 100m sold in 2030*, available at <https://3dprintingindustry.com/news/half-million-3d-printers-sold-2017-track-100m-sold-2030-131642/> (accessed 6 April 2018).

Bloomberg (2013). *Your Future Will Be Manufactured on a 3-D Printer*, available at <http://www.bloomberg.com/view/articles/2013-05-12/your-future-will-be-manufactured-on-a-3d-printer> (accessed 12 May 2013).

Breene, K. (2018). *Amsterdam is getting a 3D-printed bridge*. World Economic Forum, available at <https://www.weforum.org/agenda/2018/07/amsterdam-is-getting-a-3d-printed-bridge>, (accessed 6 July 2018)

Diamandis, P. (2016). *Eight 21<sup>st</sup> Century Emerging Technologies: Part 5*, available at <http://www.21stcentech.com/21st-century-emerging-technologies-part-5/> (accessed 7 March 2018)

Garret, B. (2014). 3D Printing: New Economic Paradigms and Strategic Shifts. *Global Policy, Vol. 5, N 1*.

Hall, N. (2016). *Try 3D Printed food in a restaurant today!*, available at <http://3dprintingindustry.com/news/pizza-legend-turns-3d-printer-84590/> (accessed 8 July 2016).

Hansen, L. K. and J. L. Stephensen (2015). (In)tangible Arguments about Play, Creativity, and the Political Economy of 3D Printing: The Free Universal Construction Kit. *Triple C: Communication, Capitalism & Critique, Vol. 13, N 1*.

Jackson, B. (2018). *3D Printing creates “major advance” for longer life batteries*, available at <https://3dprintingindustry.com/news/3d-printing-creates-major-advance-for-longer-life-batteries-137240/> (accessed 31 July 2018).

Johnston, T., T. D. Smith, J. L. Irwin (2018). *Additive Manufacturing in 2040: Powerful Enabler, Disruptive Threat*. Rand Corporation.

Krishna, Swapna (2018). *A 3D-printed house you can actually live in should be ready by 2019*, available at: <https://www.engadget.com/2018/06/08/3d-printed-house-concrete-the-netherlands-van-wijnen/>, (accessed 8 June 2018).

Lartey, J. (2018). DIY 3D-printed guns get go-ahead after Trump administration strikes court deal. *The Guardian*, July 23.

Leering, R. (2017). *3D printing: a threat to global trade*, available at [https://www.ing.nl/media/ING\\_EBZ\\_3d-printing\\_tcm162-131996.pdf](https://www.ing.nl/media/ING_EBZ_3d-printing_tcm162-131996.pdf), (accessed December 20, 2017).

Miller, A. (2016). *Print Your Cake and Eat It Too with Food Ink.*, available at <http://3dprintingindustry.com/news/print-cake-eat-food-ink-85394/> (accessed 12 July 2018).

Murphy, M. (2017). *A San Francisco start up is 3D-printing entire houses in just one day*, <https://qz.com/924909/apis-cor-can-3d-print-and-entire-house-in-just-one-day/> (accessed 5 March 2017).

Pierrakakis, K., Ch. D. Gkritzali, M. Kandias, D. Gritzalis (2018). *3D Printing: A Paradigm Shift in Political Economy*. 65<sup>th</sup> International Studies Association's Annual Convention New Orleans, USA, 18-21 February 2015, available at <https://www.infosec.aueb.gr/Publications/ISA-2014%203D%20Printing.pdf> (accessed 10 August 2018).

van Barneveld, J. and T. Jansson. (2017). *Additive manufacturing: A layered revolution. Impact of game-changing technologies in European manufacturing*. Eurofound.

MX3D Bridge (2018), available at <http://mx3d.com/projects/bridge/> (accessed 7 April 2018).

19.09.2018 г.