

Criptovalute delle banche centrali¹

Quasi quotidianamente sorgono nuove criptovalute e molte parti interessate cominciano a chiedersi se le banche centrali non dovrebbero emetterne di proprie. Ma come dovrebbero essere le criptovalute delle banche centrali (CBCC)? E sarebbero utili? Questo articolo fornisce una tassonomia della moneta, individuando due tipi di CBCC – al dettaglio e all'ingrosso – e distinguendole da altre forme di liquidità delle banche centrali, come i contanti e le riserve. Illustra inoltre le diverse caratteristiche delle CBCC e delinea un confronto tra di esse e le opzioni di pagamento già esistenti.

Classificazione JEL: E41, E42, E51, E58

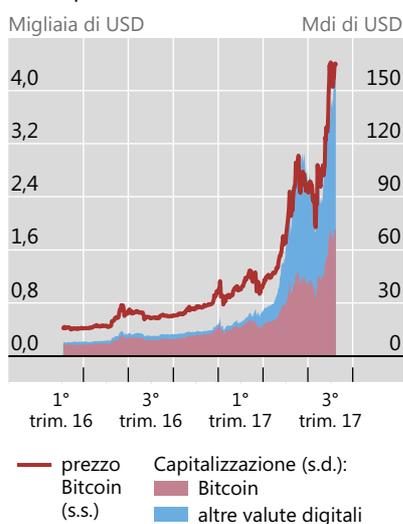
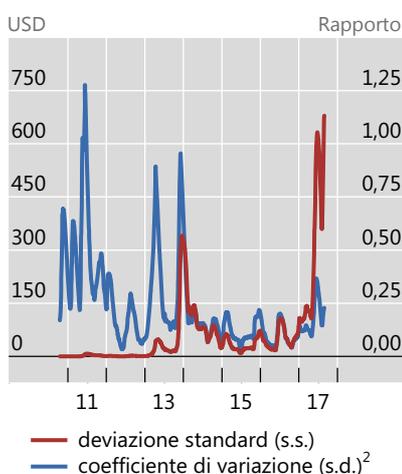
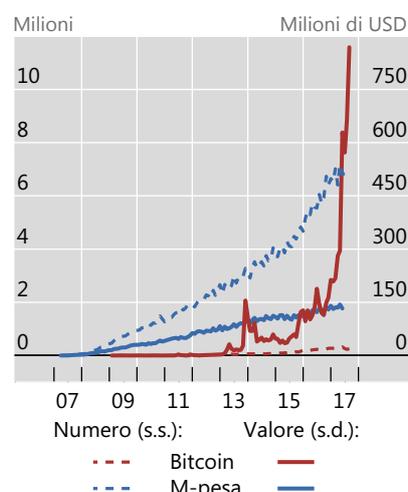
Il bitcoin, che meno di dieci anni fa era ancora una misteriosa curiosità, è oggi conosciuto in tutto il mondo. Il suo valore è aumentato, pur con alti e bassi, da pochi centesimi a oltre \$4 000. Parallelamente, sono emerse centinaia di altre criptovalute, equivalenti al bitcoin in termini di valore di mercato (grafico 1, diagramma di sinistra). Se appare improbabile che il bitcoin o simili sostituiranno le valute nazionali, essi hanno dimostrato l'applicabilità delle blockchain, o tecnologia di tipo distributed ledger (DLT), su cui si basano. Società specializzate in venture capital e istituzioni finanziarie stanno investendo massicciamente in progetti di DLT che mirano a fornire nuovi servizi finanziari o a migliorare l'efficienza di quelli già esistenti. Blogger, banche centrali ed esponenti del mondo accademico prevedono che ciò trasformerà o destabilizzerà i metodi di pagamento, l'attività delle banche e il sistema finanziario nel suo complesso².

Recentemente, le banche centrali sono entrate in lizza. Molte di esse hanno annunciato che stanno esplorando o sperimentando la DLT, e la prospettiva che comincino a emettere criptovalute o valute digitali sta suscitando notevole interesse. È tuttavia difficile vederci chiaro. La natura di queste nuove valute suscita confusione e spesso i partecipanti ai dibattiti non hanno la stessa comprensione di ciò che viene effettivamente proposto. Questo articolo intende chiarire alcuni punti rispondendo a una domanda semplice in apparenza: cosa si intende per criptovalute emesse dalle banche centrali (*central bank cryptocurrencies* - CBCC)?

¹ Le opinioni espresse in questo articolo sono quelle dell'autore e non rispecchiano necessariamente il punto di vista della BRI. Si ringraziano Claudio Borio, Stijn Claessens, Benjamin Cohen, Dietrich Domanski, Hana Halaburda, Krista Hughes, Jochen Schanz e Hyun Song Shin per gli utili commenti, Aleksander Berentsen, James Chapman e Paul Wong per le discussioni approfondite e Codruta Boar per l'eccellente assistenza alla ricerca.

² Cfr. Andolfatto (2015, 2016), Broadbent (2016), Raskin e Yermack (2016) e Skingsley (2016).

Prezzo e capitalizzazione di mercato a fine periodo

Volatilità del prezzo del bitcoin¹Media delle transazioni giornaliere³

¹ Media mobile di 90 giorni. ² Rapporto tra la deviazione standard e la media. ³ Medie mensili. Per il bitcoin, valore stimato di transazione in USD; per M-pesa™, valore di transazione in KES convertito in USD.

Fonti: Banca centrale del Kenya; CoinDance; CoinDesk; www.blockchain.info; elaborazioni degli autori.

A tal fine, viene presentata una tassonomia della moneta basata su quattro criteri chiave: *emittente* (banca centrale o altri); *forma* (elettronica o fisica); *accessibilità* (universale o limitata); *meccanismo di trasferimento* (centralizzato o decentralizzato). In base a questa tassonomia una CBCC è definita come una forma elettronica di moneta emessa da una banca centrale che può essere scambiata in modo decentralizzato, ossia con trasferimenti *peer-to-peer* in cui le transazioni avvengono direttamente tra l'ordinante e il beneficiario senza il bisogno di un intermediario centrale³. Ciò distingue le CBCC da altre forme esistenti di moneta elettronica delle banche centrali, come le riserve, che sono scambiate in modo centralizzato tra i conti presso le banche centrali. Inoltre, la tassonomia fa distinzione tra due forme possibili di CBCC: uno strumento di pagamento a larga accessibilità destinato ai consumatori per le transazioni al dettaglio, e un token ad accesso limitato per i pagamenti digitali per le transazioni all'ingrosso⁴.

Ma cosa potrebbero offrire in più questi due tipi di CBCC rispetto alle forme alternative di moneta emesse dalle banche centrali? Per quanto riguarda il tipo di CBCC destinato ai consumatori, riteniamo che la componente *peer-to-peer* della nuova tecnologia potrebbe offrire caratteristiche di anonimato simili a quelle del denaro contante ma in forma digitale. Se l'anonimato non è considerato importante,

³ La forma più pura di transazione *peer-to-peer* è lo scambio di denaro contante. In una rete telematica, il concetto *peer-to-peer* significa che le transazioni possono essere processate senza bisogno di un server centrale.

⁴ Solitamente si dividono i pagamenti in segmenti al dettaglio e all'ingrosso. I pagamenti al dettaglio sono transazioni di valore relativamente basso, ad esempio sotto forma di assegni, bonifici, addebiti diretti e pagamenti con carta. I pagamenti all'ingrosso, invece, riguardano transazioni di importi elevati e massima priorità, come i trasferimenti interbancari. Questa distinzione potrebbe diventare meno rilevante se dovessero affermarsi le CBCC. In tal caso, il nostro uso del termine corrisponderebbe ai tipi di pagamento principalmente interessati dalle CBCC.

allora la maggior parte dei vantaggi attribuiti alle CBCC al dettaglio potrebbe essere ottenuta dando la possibilità al pubblico di detenere conti presso le banche centrali, il che è tecnicamente fattibile già da molto tempo, anche se le banche centrali si sono mostrate generalmente reticenti.

Dal punto di vista dei pagamenti all'ingrosso, la valutazione delle CBCC differisce notevolmente. Oggi i pagamenti all'ingrosso non offrono l'anonimato permesso dal denaro contante. In particolare, le transazioni realizzate nei sistemi all'ingrosso sono visibili all'operatore centrale. Di conseguenza, a rendere interessanti le CBCC nell'ambito dei pagamenti all'ingrosso sarebbe la loro capacità di migliorare l'efficienza e ridurre i costi, che a sua volta dipende da una serie di questioni tecniche non ancora risolte. Alcune banche centrali hanno sperimentato le CBCC per i pagamenti all'ingrosso, ma nessuna di esse, per ora, ha annunciato di essere pronta ad adottare questa tecnologia.

La prima sezione di questo articolo presenta la tassonomia sulla quale si basa la nostra definizione. Le due sezioni seguenti delineano le caratteristiche dei due principali tipi di CBCC, al dettaglio e all'ingrosso, partendo dallo studio di esempi passati e di progetti attualmente in corso. La conclusione riflette su alcune delle questioni che le banche centrali dovranno tenere in considerazione in questo ambito.

Una nuova forma di moneta delle banche centrali

Per la nostra definizione delle CBCC partiamo da un rapporto sulle criptovalute pubblicato nel 2015 dal Comitato per i pagamenti e le infrastrutture di mercato (CPIM (2015))⁵. Questo rapporto intendeva fornire una definizione della nuova categoria di valute costituita dai bitcoin e dagli altcoin, un'alternativa ai bitcoin che si basa sulla stessa tecnologia. Il rapporto identifica tre caratteristiche chiave delle criptovalute: sono *elettroniche*, *non sono una passività per nessuno* e permettono scambi *peer-to-peer*⁶.

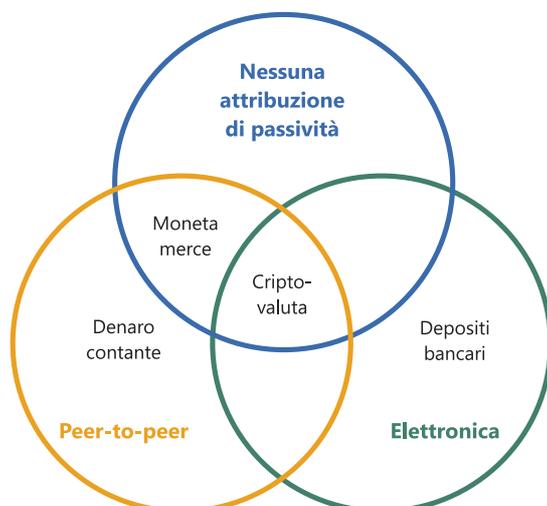
Le criptovalute utilizzano la DLT (Riquadro A) per permettere trasferimenti remoti peer-to-peer di moneta elettronica senza l'instaurazione di un rapporto di fiducia tra le parti contraenti. Di norma, le forme elettroniche di moneta, come i depositi bancari, sono scambiate tramite infrastrutture centralizzate dove un intermediario di fiducia compensa e regola le operazioni. In precedenza, lo scambio peer-to-peer era riservato alle forme fisiche di moneta.

Alcune di queste caratteristiche – ma non tutte – sono comuni ad altre forme di moneta (grafico 2, diagramma di sinistra). Il denaro contante è peer-to-peer, ma non è elettronico ed è una passività per una banca centrale. I depositi presso le banche commerciali sono una passività per le banche che li propongono. Oggigiorno sono in forma elettronica e sono scambiati in modo centralizzato attraverso i conti di una determinata banca o tra banche diverse via la banca centrale. Anche la maggior parte

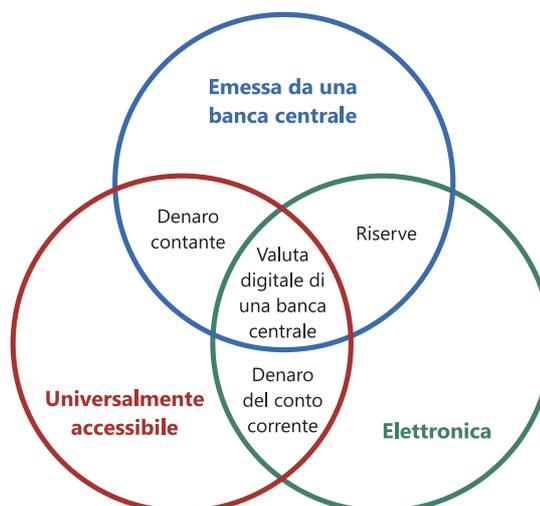
⁵ Il titolo del rapporto è *Digital currencies* (valute digitali) ma viene specificato che tali valute sono spesso chiamate "criptovalute" per dar conto dell'uso della crittografia al momento dell'emissione e della convalida delle transazioni.

⁶ Le criptovalute non hanno valore intrinseco e le si detiene in quanto si ritiene che potranno essere scambiate con beni e servizi in futuro.

Criptovaluta, CPIM (2015)



Valuta digitale delle banche centrali, Bjerg (2017)



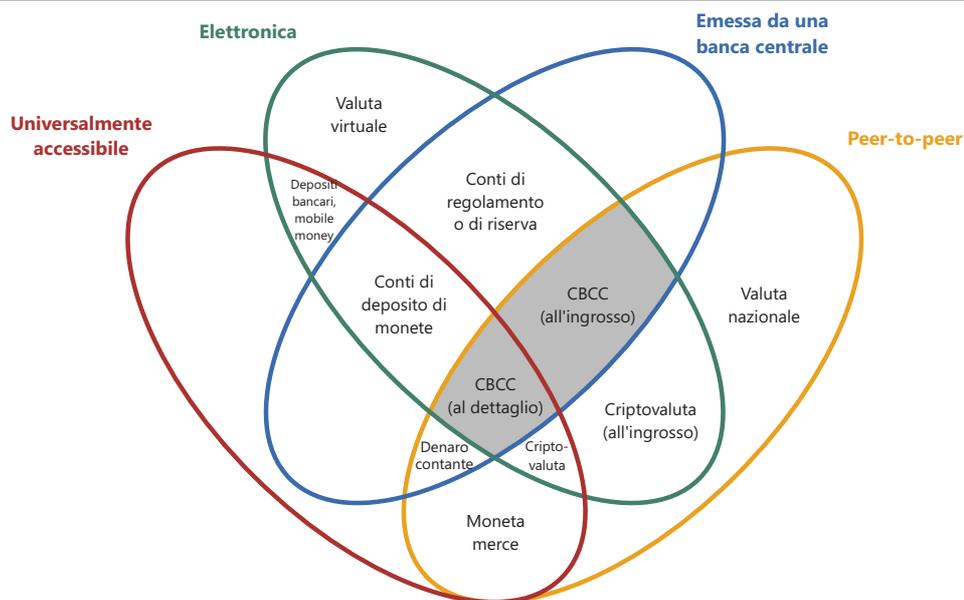
delle monete merce, come le monete d'oro, può essere scambiata in modo peer-to-peer, ma esse non rappresentano una passività per nessuno e non sono elettroniche⁷.

Potrebbe sembrare naturale descrivere le CBCC adattando la definizione del CPIM, dicendo che sono passività elettroniche di una banca centrale che possono essere usate in scambi peer-to-peer. Ma in questo modo si ignora una caratteristica importante di altre forme di moneta delle banche centrali: l'*accessibilità*. Attualmente, una forma di moneta delle banche centrali – il denaro contante – è ovviamente accessibile a tutti, mentre i conti di regolamento delle banche centrali sono solitamente disponibili solo per un numero limitato di entità, principalmente bancarie (CSPR (2003, pag. 3)). In questa ottica, Bjerg (2017), nella definizione del nuovo concetto di valuta digitale emessa dalle banche centrali include la caratteristica di *universalmente accessibili* (ovvero facili da ottenere e usare), in aggiunta al fatto che debbano essere *elettroniche* ed *emesse dalle banche centrali* (grafico 2, diagramma di destra).

Abbiamo fatto una sintesi delle proprietà descritte dal CPIM (2015) e da Bjerg (2017) per stabilire una nuova tassonomia della moneta. Le proprietà che abbiamo individuato sono: *emittente* (banca centrale o altri); *forma* (elettronica o fisica); *accessibilità* (universale o limitata); *meccanismo di trasferimento* (centralizzato o decentralizzato, ovvero peer-to-peer). Questa tassonomia riflette ciò che sembra stia emergendo a livello pratico e fa una distinzione tra due tipi potenziali di CBCC, entrambi elettronici, emessi dalle banche centrali e peer-to-peer. Il primo tipo è accessibile al pubblico in generale (CBCC al dettaglio), mentre il secondo è disponibile solo per le istituzioni finanziarie (CBCC all'ingrosso). Anche in questo caso, un diagramma di Venn permette di illustrare meglio le differenze⁸. La versione a quattro

⁷ Nel Medioevo, a volte i pagamenti richiedevano i servizi di un cambiavalute per esaminare e valutare le monete usate.

⁸ Un diagramma di Venn a quattro cerchi copre solo 14 delle $2^4 = 16$ combinazioni possibili. Di conseguenza, in presenza di quattro serie, Venn (1881) suggerisce di usare delle ellissi al fine di mostrare tutti i casi.



ellissi del grafico 3, che chiamiamo *fiore delle monete*, mostra in che modo i due potenziali tipi di CBCC si inseriscono nell'insieme del panorama delle monete.

In linea di principio, vi sono quattro tipi diversi di moneta elettronica delle banche centrali: due tipi di CBCC (area ombreggiata) e due tipi di depositi delle banche centrali. La forma più conosciuta di depositi delle banche centrali è rappresentata da quelli detenuti dalle banche commerciali, spesso chiamati conti di regolamento o riserve. L'altra forma è costituita, almeno in teoria, dai depositi detenuti dai cittadini. Tobin (1987) chiama questa forma conti di deposito di monete (*deposited currency accounts, DCA*)⁹. Finora le banche centrali hanno generalmente scelto di non fornire DCA.

Le forme di denaro universalmente accessibili non emesse da una banca centrale includono le criptovalute (create privatamente), la moneta merce, i depositi delle banche commerciali e il mobile money¹⁰. Le criptovalute si avvicinano alle CBCC dato che si differenziano solo per una delle loro proprietà. Le altre tre forme di valute sono più lontane dalle CBCC perché sono, in aggiunta, o fisiche o "non peer-to-peer". Molte altre forme di moneta non sono universalmente accessibili. Monete locali (fisiche), come quelle che possono essere usate in un particolare luogo geografico dalle organizzazioni partecipanti, costituiscono il petalo a destra del fiore. Il petalo in alto a sinistra contiene monete virtuali, che sono "monete elettroniche emesse e

⁹ In un discorso del 1987, il premio Nobel James Tobin ha dichiarato che, al fine di evitare di fare troppo affidamento sull'assicurazione dei depositi per proteggere il sistema dei pagamenti, le banche centrali dovrebbero "rendere accessibile al pubblico un mezzo che sia pratico quanto i depositi e sicuro come le monete, essenzialmente dei depositi di monete, trasferibili tramite assegno o altro, qualsiasi sia la somma" (Tobin (1987, pag. 6); cfr. anche Tobin (1985)). Ciò equivale a dire che i cittadini dovrebbero avere la possibilità di costituire delle riserve di valore senza essere soggetti al rischio di fallimenti bancari.

¹⁰ Il mobile money è un servizio di portafoglio elettronico che permette agli utenti di depositare, spedire e ricevere denaro usando il cellulare. Il valore depositato nei portafogli può costituire una passività per il fornitore del servizio, o un credito su fondi detenuti in forma fiduciaria presso una banca commerciale.

solitamente controllate dai loro creatori, usate e accettate dai membri di una determinata comunità virtuale” (BCE, (2012)). Esiste inoltre la possibilità di una versione privata di criptovaluta all’ingrosso. Verrebbe trasferita in modalità peer-to-peer tramite distributed ledger, ma solo tra alcune istituzioni finanziarie.

Nel Riquadro B viene usata questa tassonomia per classificare diversi esempi di moneta del passato, del presente e del futuro a seconda di dove si collocherebbero nel fiore delle monete. Il resto di questo articolo analizza più nel dettaglio i due tipi di CBCC ed evidenzia alcune delle questioni che le banche centrali dovranno considerare se sceglieranno di adottarle. Cominceremo con la variante al dettaglio e passeremo poi a quella all’ingrosso.

Criptovalute emesse dalle banche centrali per pagamenti al dettaglio

Le CBCC al dettaglio non esistono in nessun paese. Tuttavia, il concetto è stato ampiamente analizzato da blogger, banche centrali e accademici. La proposta di cui si parla maggiormente è il Fedcoin (Koning (2014, 2016), Motamedi (2014))¹¹. Come illustrato nel Riquadro B, l’idea è che la Federal Reserve crei una criptovaluta simile al bitcoin. Tuttavia, a differenza del bitcoin, i Fedcoin potrebbero essere emessi solo dalla Federal Reserve e sarebbero convertibili con i contanti e le riserve in un rapporto di uno a uno. I Fedcoin sarebbero creati (distrutti) solo se allo stesso tempo una somma equivalente di contanti o di riserve fosse distrutta (creata). Come i contanti, i Fedcoin sarebbero decentralizzati per quanto riguarda le transazioni e centralizzati in termini d’offerta. La Sveriges Riksbank, con il progetto eKrona, sembra essersi spinta più avanti nelle sue riflessioni circa una possibile emissione di CBCC al dettaglio (Riquadro C).

Una CBCC al dettaglio analoga al Fedcoin eliminerebbe il problema dell’elevata volatilità del prezzo che caratterizza le criptovalute (grafico 1, diagramma centrale)¹². Inoltre, come osserva Koning (2014), il Fedcoin potrebbe allentare il vincolo della soglia zero per la politica monetaria. Come con altre forme elettroniche di moneta delle banche centrali, è tecnicamente possibile pagare interessi su una CBCC basata sulla DLT. Se una CBCC dovesse sostituirsi completamente al denaro contante, non sarebbe più possibile per i depositanti evitare tassi di interesse negativi continuando a detenere denaro emesso dalle banche centrali.

Ogni decisione in favore di un’implementazione delle CBCC al dettaglio dovrebbe essere presa dopo aver pesato i benefici e i rischi potenziali. Delle corse agli sportelli potrebbero verificarsi più rapidamente se i cittadini avessero la possibilità di convertire facilmente denaro delle banche commerciali in passività prive di rischio presso le banche centrali (Tolle (2016)). Potrebbero inoltre esserci rischi per i modelli di business delle banche commerciali. Se i consumatori decidessero di rinunciare ai depositi delle banche commerciali a favore delle CBCC al dettaglio, le banche potrebbero essere disintermedie e di conseguenza meno capaci di svolgere funzioni economiche essenziali, come il monitoraggio dei prenditori. Questi vantaggi e costi, tuttavia, non sono un’esclusività delle CBCC al dettaglio. Li troviamo anche

¹¹ La Federal Reserve non ha approvato la proposta, né ha rilasciato dichiarazioni ufficiali in merito.

¹² Cfr. Yermack (2015), Bolt e van Oordt (2016), e Garratt e Wallace (2016) per approfondire la questione delle valute digitali e della volatilità del prezzo.

nei DCA. Qual è allora la differenza fondamentale tra le CBCC al dettaglio e i DCA? La risposta a questa domanda è legata al carattere peer-to-peer delle CBCC e, più specificamente, all'anonimato.

Anonimato

Il bitcoin è stato concepito come una "versione peer-to-peer della moneta elettronica" (Nakamoto (2009, pag. 1), e ciò permette l'anonimato delle transazioni. Tutte le transazioni in bitcoin sono registrate pubblicamente usando gli indirizzi pubblici dell'ordinante e del beneficiario¹³. Tuttavia, come con gli indirizzi email, gli indirizzi pubblici del bitcoin non svelano necessariamente l'identità reale degli utenti¹⁴. Ciò significa che non è necessario che una persona che invia bitcoin a un indirizzo pubblico sveli la sua vera identità al destinatario (*anonimato della controparte*) o ad altri membri della comunità Bitcoin (una forma di *anonimato rispetto a terzi*)¹⁵.

Kahn et al. (2005) e McAndrews (2017) evidenziano motivi legittimi a sostegno dell'anonimato della controparte nelle transazioni. I beneficiari e gli ordinanti potrebbero voler ridurre il rischio di furto d'identità o la possibilità che la controparte possa seguirli e derubarli, o evitare altre seccature meno gravi come pubblicità diretta e sollecitazioni (spam). Analogamente, la mancanza di anonimato rispetto a terzi potrebbe essere vista come un rischio di rivelare troppe informazioni sulle attività private di una persona. Lo sostiene David Chaum (1983) nella sua proposta per *Digicash*, dichiarando che "il fatto che terzi conoscano il nome del beneficiario, l'importo e l'ora del pagamento per ogni transazione fatta da un individuo può rivelare molte informazioni sui suoi spostamenti, le frequentazioni e lo stile di vita"¹⁶.

L'anonimato della controparte appare meno controverso di quello rispetto a terzi. Molti osservatori sostengono che l'anonimato rispetto a terzi nei pagamenti non dovrebbe essere permesso perché facilita attività criminose, come l'evasione fiscale, il finanziamento del terrorismo e il riciclaggio di denaro. Rogoff (2016) sostiene che le banconote da \$100 dovrebbero essere tolte dalla circolazione per le stesse ragioni.

Non sappiamo quanta importanza diano i consumatori ai due tipi di anonimato per proteggere la loro privacy. Athey et al. (2017) hanno analizzato gli sforzi fatti dagli utenti di valute digitali per proteggere la loro privacy. Su base sperimentale, il loro studio mostra che gli individui, in generale, non dedicano il poco tempo necessario alla lettura della descrizione del portafoglio elettronico che permette di definire le

¹³ Luther e Olson (2015) sostengono che il bitcoin sia un'applicazione pratica di ciò che viene definito "memoria" nella letteratura di economia monetaria. Kocherlakota (1998) mostra che sia la moneta sia la memoria sono mezzi che possono facilitare gli scambi. La memoria può tuttavia procedere a un maggior numero di allocazioni rispetto alla moneta. Quest'ultima può quindi essere vista come una forma di memoria, ma non viceversa.

¹⁴ Cfr. Nakamoto (2009, sezione 10).

¹⁵ Con anonimato rispetto a terzi si intende il fatto che la vera identità di una persona non è rivelata a nessuno che non sia direttamente coinvolto nella transazione. In applicazioni più generiche ciò comprenderebbe un operatore di sistema.

¹⁶ Digicash è stato lanciato negli anni novanta come mezzo per trasferire i depositi bancari da un utente a un altro senza rivelare l'identità dell'ordinante alla sua banca (permetteva quindi l'anonimato rispetto a terzi). Venivano usate tecniche crittografiche per creare, a partire dai depositi degli utenti, una riserva di Digicash non tracciabili. L'interesse di Digicash risiede nel fatto che offriva l'anonimato rispetto a terzi senza la necessità di un'autonomia rispetto alle banche commerciali. Le banche commerciali detenevano e trasferivano i depositi detenuti dai clienti che usavano Digicash.

loro preferenze in termini di privacy. Risultati analoghi sono emersi da un questionario rivolto agli studenti di economia dell'University of California, Santa Barbara, sull'uso di Venmo (un portafoglio digitale con le caratteristiche di un social media). Sui 669 partecipanti, l'80% ne era utilizzatore. Di questi utilizzatori, il 44% permetteva che le transazioni Venmo fossero pubbliche (visibili a tutti su internet) e il 21% permetteva a tutti gli amici Facebook di vederle. In fin dei conti, sebbene Digicash sia considerato un precursore del bitcoin, potrebbe essere mancata una domanda sufficientemente elevata per l'anonimato rispetto a terzi che esso offriva, dato che non è mai stato adottato su larga scala. Digicash ha dichiarato fallimento nel 1998¹⁷.

La tecnologia alla base delle CBCC potrebbe permettere alle banche centrali di offrire un sostituto digitale dei contanti con proprietà simili in termini di anonimato. Nel suo ruolo di emittente, la banca centrale dovrebbe decidere se richiedere o meno informazioni sul cliente (la reale identità, oltre all'indirizzo pubblico). Ciò determinerebbe fino a che punto le CBCC al dettaglio permetterebbero l'anonimato rispetto a terzi.

Se può sembrare strano che una banca centrale emetta una criptovaluta che permette l'anonimato, in realtà è esattamente quello che accade già con la moneta fisica, ossia i contanti. Forse la differenza sostanziale è che con una CBCC al dettaglio l'anonimato diventa una decisione consapevole. Vale la pena ricordare che le proprietà di anonimato dei contanti sono probabilmente frutto di ragioni di comodità o di una combinazione di eventi piuttosto che di un intento preciso.

Criptovalute emesse dalle banche centrali per pagamenti all'ingrosso

Mentre le CBCC per i pagamenti al dettaglio sono ancora in fase concettuale, alcune banche centrali hanno portato a termine studi di fattibilità per applicazioni basate sulla DLT¹⁸. Una delle ragioni dell'interesse per la DLT è che molti sistemi di pagamento all'ingrosso operati dalle banche centrali sono alla fine dei loro cicli di vita tecnologica. I sistemi sono programmati con linguaggi obsoleti o usano strutture di database non più adatti allo scopo e molto costosi da mantenere.

Progetti Jasper e Ubin

Il progetto Jasper della Bank of Canada (Chapman et al. (2017)) e il progetto Ubin della Monetary Authority of Singapore (MAS (2017)) simulano sistemi di regolamento

¹⁷ Una possibile ragione del suo insuccesso potrebbe risiedere nel fatto che non garantiva autonomia nei confronti di un'autorità centrale. Il "bit gold" proposto da Nick Szabo offre una versione autonoma dell'e-gold che usa catene di proof-of-work. Il bit gold rappresenta una tappa importante dell'evoluzione della moneta digitale verso il bitcoin (<https://unenumerated.blogspot.ch/2005/12/bit-gold.html>).

¹⁸ Le banche centrali non si sono limitate alle applicazioni per i pagamenti all'ingrosso basate sulla DLT. La Hong Kong Monetary Authority (HKMA) ha sviluppato studi di fattibilità di applicazioni per il credito al commercio e i prestiti ipotecari in collaborazione con gli operatori del settore (HKMA (2016)). La Banque de France ha progettato una versione basata sulla DLT del suo database di identificazione dei creditori che usano il sistema SEPA (Area unica dei pagamenti in euro) (Banque de France (2016)).

loro in tempo reale (RLTR) su una piattaforma DLT. In un sistema RLTR i pagamenti sono processati individualmente, immediatamente e vengono conclusi nell'arco della giornata (CSPR (1997)).

Contrariamente alle applicazioni per i pagamenti al dettaglio descritte sopra, i sistemi per i pagamenti all'ingrosso hanno accesso riservato, ovvero vi si accede previa autorizzazione. Di solito, l'accesso è riservato alle istituzioni finanziarie. Inoltre, il costoso processo di convalida proof-of-work (Riquadro A) necessario per evitare la doppia spesa nei sistemi al dettaglio è sostituito da alternative meno dispendiose di energia, come un'autorità di fiducia (ad esempio la banca centrale).

Una sfida chiave di tutte le applicazioni di CBCC è capire come trasferire la moneta delle banche centrali al distributed ledger¹⁹. Sia Jasper sia Ubin hanno scelto un approccio fondato sul *digital depository receipt* (DDR), ovvero un impiego verso le riserve di una banca centrale detenute in un conto segregato, in cambio del quale la banca centrale emette token digitali sul distributed ledger. Nel caso di Jasper, i token digitali – inizialmente noti come *CADcoins*²⁰ – sono creati all'inizio della giornata e riscattati al termine della giornata. Nel caso di Ubin, le banche acquistano o riscattano token digitali in qualsiasi momento della giornata e possono mantenerli sul distributed ledger fino al giorno seguente. Di conseguenza, i trasferimenti sulla piattaforma DLT nell'ambito dello studio di fattibilità a Singapore non sono limitati agli orari di apertura della MAS.

Il progetto Jasper introduce anche un meccanismo di risparmio di liquidità (*liquidity-saving mechanism*, LSM) sulla piattaforma DLT. Se da una parte i sistemi RLTR minimizzano il rischio di regolamento, dall'altra possono richiedere molta liquidità. Di conseguenza, parecchi sistemi RLTR in tutto il mondo sono rafforzati da meccanismi che mirano a compensare periodicamente i pagamenti tra loro in una coda e a regolare solo gli importi netti (Bech e Soramäki (2001)). I distributed ledger sono decentralizzati, di modo che la realizzazione di una coda centralizzata richiede una soluzione ingegnosa (Project Jasper (2017)).

I due progetti mostrano che il denaro delle banche centrali può essere trasferito su un distributed ledger in tempo reale, in volumi realistici e con un LSM. Ciò nondimeno, nessuna delle attuali iniziative che mirano ad aggiornare o sostituire i sistemi di pagamento all'ingrosso esistenti sta considerando la possibilità di adottare la DLT. Sia la Bank of England (2017) sia la Bank of Canada (Ho (2017)) hanno decretato che la DLT non è ancora matura per essere adottata. Eppure la maggior parte delle banche centrali che stanno pensando di modernizzare le loro infrastrutture di pagamento basilari insiste sulla necessità di rendere i nuovi sistemi interoperabili con le future piattaforme DLT.

Regolamento di titoli

Guardando oltre l'orizzonte immediato, molti operatori del settore ritengono che la DLT potrebbe aumentare significativamente l'efficacia e ridurre i costi di

¹⁹ I Principles for financial market infrastructures (PFMI) elaborati da CPIM-IOSCO stabiliscono che i pagamenti devono essere eseguiti nella moneta della banca centrale ogniqualvolta sia pratico e possibile.

²⁰ Cfr. Garratt (2016).

riconciliazione nell'ambito della compensazione e del regolamento di titoli²¹. Un vantaggio potenziale delle strutture basate sulla DLT è rappresentato dall'immediatezza della compensazione e del regolamento dei titoli, a fronte del ritardo di numerosi giorni che si verifica attualmente quando si scambiano contanti con titoli (e viceversa)²². Una joint venture tra la Deutsche Bundesbank e Deutsche Börse ha permesso recentemente di fare dei progressi in questo senso: è stato creato un prototipo funzionale di piattaforma di regolamento di titoli basata sulla DLT che permette un regolamento consegna contro pagamento di monete digitali e titoli (Deutsche Bundesbank (2016)).

Conclusioni

Attualmente il denaro contante è l'unica forma di moneta della banca centrale che possono detenere i cittadini. Se si desidera digitalizzare tali fondi è necessario convertire la passività della banca centrale in una passività di una banca commerciale, depositando il denaro contante in una banca. Una CBCC permetterebbe ai consumatori di detenere passività della banca centrale in forma digitale²³. Ma affinché ciò sia possibile è inoltre necessario che ai cittadini sia permesso di detenere conti presso le banche centrali, un'idea emersa già da tempo²⁴. In questo articolo si sostiene che il principale vantaggio di una CBCC per i pagamenti al dettaglio rivolta ai consumatori, al di là del fatto che permette pubblico accesso (centralizzato) ai conti delle banche centrali, risiede nella possibilità di offrire l'anonimato del denaro contante. In particolare, i trasferimenti peer-to-peer permettono l'anonimato rispetto a terzi. Se l'anonimato rispetto a terzi non è considerato abbastanza importante dai cittadini, allora molti dei benefici attribuiti alle CBCC al dettaglio possono essere ottenuti dando libero accesso a conti presso le banche centrali.

Determinare se una banca centrale dovrebbe fornire un'alternativa digitale al denaro contante o meno è più rilevante in paesi dove l'uso di denaro contante è in rapido calo, come la Svezia. Ma è possibile che tutte le banche centrali debbano prima o poi decidere se l'emissione di CBCC al dettaglio o all'ingrosso sia pertinente nel loro contesto. Per prendere questa decisione le banche centrali dovranno considerare non solo le preferenze dei consumatori in termini di privacy e i possibili miglioramenti in termini di efficienza – per quanto riguarda pagamenti, compensazione e regolamenti – ma anche i rischi che potrebbero emergere per il sistema finanziario e per l'economia nel suo complesso, così come ogni altra implicazione per la politica monetaria (Bordo e Levin (2017)). Al momento alcuni di questi rischi sono difficili da valutare. Per esempio attualmente non si può dire molto riguardo alla cyber-resilienza delle CBCC, un argomento che non è stato affrontato in questo breve articolo.

²¹ Mainelle e Milne (2016) stimano che i database sincronizzati condivisi possono ridurre i costi di back office fino al 50%. Secondo uno studio condotto da Santander InnoVentures (2015) si potrebbero risparmiare ogni anno \$15-20 miliardi nel settore bancario nel suo insieme.

²² Attraverso l'uso di contratti intelligenti, la tecnologia permette inoltre di fare in modo che l'ora e la data del regolamento siano specificate dalle parti interessate.

²³ Un consumatore potrebbe volere un conto presso una banca centrale per evitare il rischio di credito connesso alle passività delle banche commerciali.

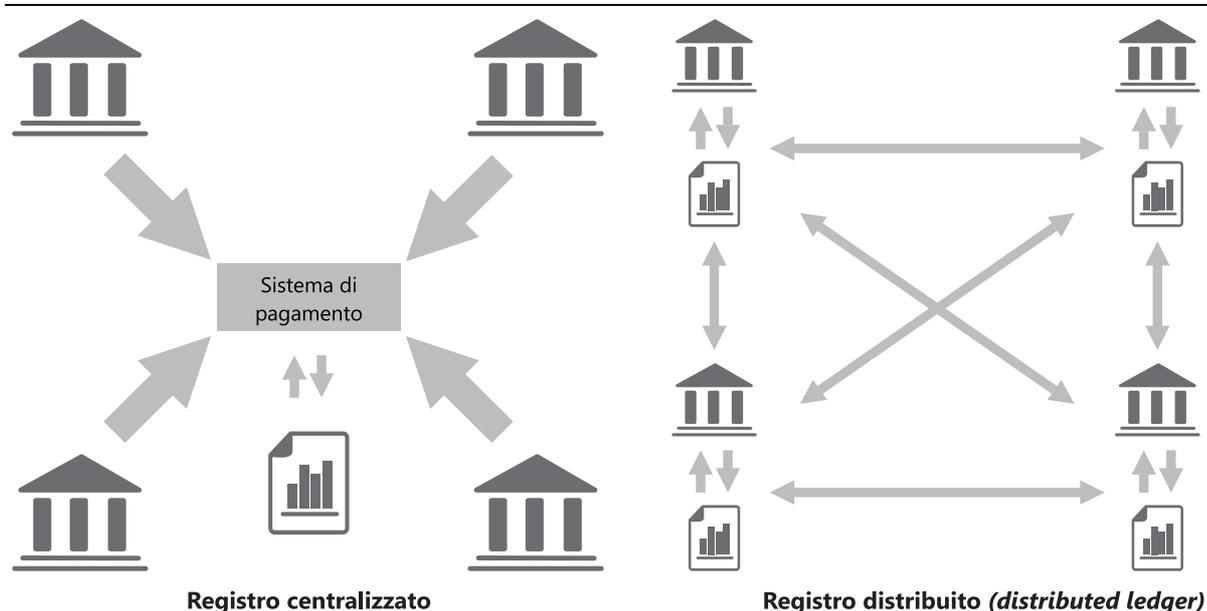
²⁴ Chi dovrebbe e chi non dovrebbe avere accesso alla moneta delle banche centrali è una questione ricorrente nelle discussioni relative alle politiche. Cfr. CSPR (2003), CSFG (2015) e Bank of England (2017) per maggiori dettagli.

Che cos'è la tecnologia di tipo "distributed ledger"?①

Con distributed ledger technology (DLT) ci si riferisce a quei protocolli e infrastrutture di supporto che permettono a computer situati in luoghi diversi di proporre e convalidare transazioni, e aggiornare la registrazione delle transazioni in modo sincronizzato all'interno di una rete. L'idea di un distributed ledger (letteralmente un libro mastro digitale distribuito, ovvero un registro comune delle attività condivise tra computer in luoghi diversi) non è nuova. Tali registri sono usati dalle organizzazioni (ad esempio le catene di supermercati) che hanno diverse filiali o uffici in un determinato paese o in più paesi. Tuttavia, in un classico database distribuito, un sistema amministratore esegue generalmente le funzioni chiave necessarie per garantire una coerenza tra le *molteplici copie* del registro. Il modo più semplice per farlo è conservare l'originale del libro mastro che è periodicamente aggiornato e condiviso con tutti i partecipanti della rete.

Sistema di tipo distributed ledger

Grafico A



Fonte: Santander InnoVentures (2015).

I nuovi sistemi basati sulla DLT, soprattutto Bitcoin e Ethereum, sono invece concepiti per funzionare senza un'autorità di fiducia. Il sistema Bitcoin mantiene un database distribuito in modo decentralizzato usando una procedura di convalida basata sul consenso e firme crittografiche. In questi sistemi, le transazioni sono eseguite in peer-to-peer e trasmesse a tutti i partecipanti che le convalidano in lotti noti come "block". Dato che il libro mastro dell'attività è organizzato in blocchi separati ma connessi, questo tipo di DLT è spesso chiamata tecnologia "blockchain".

La tecnologia blockchain garantisce il buon funzionamento di Bitcoin da diversi anni. Tuttavia, il sistema presenta qualche inconveniente: il suo funzionamento è costoso (per evitare le doppie spese senza ricorrere a un'autorità di fiducia i miner verificatori delle transazioni devono usare ingenti quantità di potenza computazionale per completare i calcoli del "proof-of-work")②; il carattere definitivo del pagamento è solo probabilistico; tutte le transazioni sono pubbliche. In diversi casi, queste caratteristiche non sono adatte a un uso nei mercati finanziari. Le attuali applicazioni di pagamento all'ingrosso basate sulla DLT hanno quindi abbandonato la tecnologia blockchain standard per adottare

protocolli che modificano il processo di consenso al fine di permettere una maggiore riservatezza e scalabilità. Tra i protocolli che le banche centrali stanno attualmente testando ci sono Corda e Hyperledger Fabric. Corda sostituisce la blockchain con una struttura “notarile” che utilizza un’ autorità fidata e permette di raggiungere un consenso su transazioni individuali, piuttosto che su un blocco di transazioni, limitando la condivisione delle informazioni.

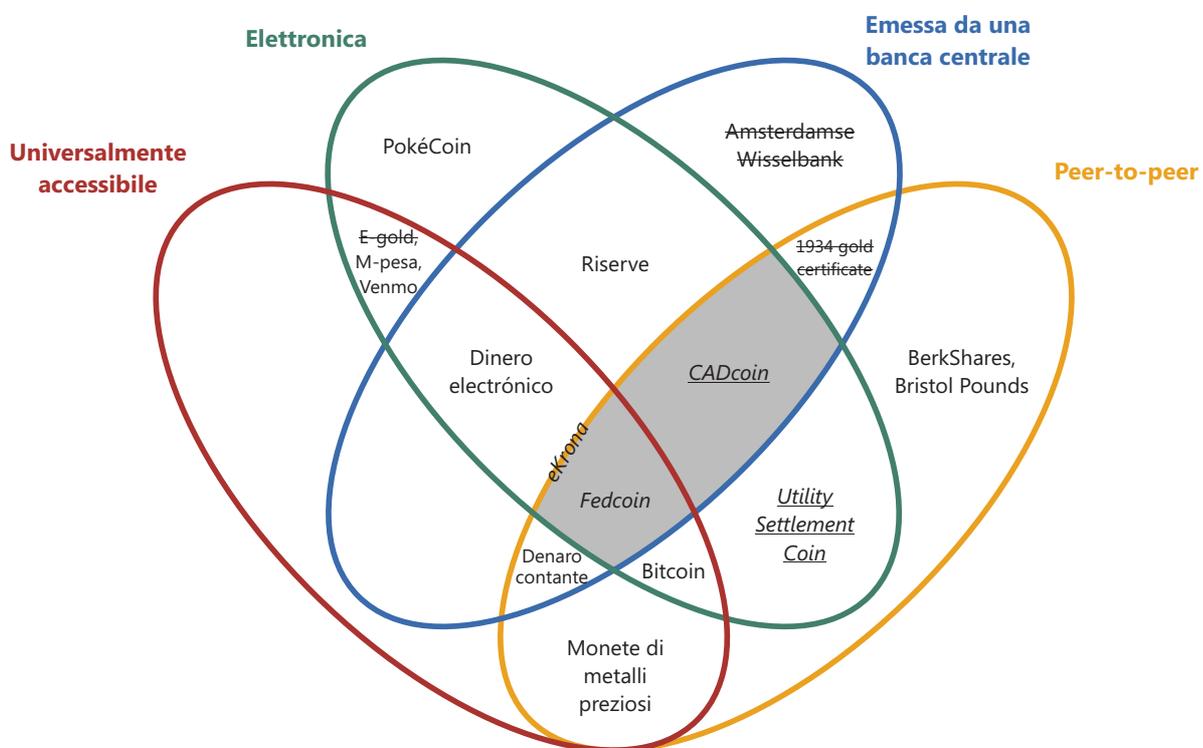
① Cfr. anche Chapman et al. (2017), CPIM (2015) e Benos et al. (2017). ② La quantità di energia attualmente usata dai miner di Bitcoin è pari al consumo energetico di Libano e Cuba (cfr. <http://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>). Per una descrizione dettagliata del proof-of-work, cfr. https://en.bitcoin.it/wiki/Proof_of_work.

Il fiore delle monete: una selezione di esempi

Il grafico B mostra una rappresentazione "a fiore" delle monete con esempi tratti dal passato, dal presente e possibilmente dal futuro. Partendo dal centro, troviamo il **Fedcoin**, che costituisce un esempio di CBCC al dettaglio. Il concetto, proposto da Koning (2014) e non adottato dalla Federal Reserve, prevede che la banca centrale crei la propria criptovaluta. Questa potrebbe essere convertita in dollari USA alla pari in entrambi i sensi e la conversione sarebbe gestita dalle Federal Reserve regionali¹⁰. A differenza dell'offerta di bitcoin, che è predeterminata, l'offerta di Fedcoin, proprio come quella del denaro contante, aumenterebbe o diminuirebbe a seconda della domanda dei consumatori. Il Fedcoin diventerebbe una terza componente della base monetaria, a fianco di contanti e riserve. Diversamente dal bitcoin, il Fedcoin non rappresenterebbe una "moneta esterna" concorrente e privata, ma piuttosto una forma alternativa di moneta sovrana (Garratt e Wallace (2016)).

Il fiore delle monete: esempio

Grafico B



Un carattere normale indica che il sistema è operativo; un carattere *corsivo* indica che si tratta di una proposta; un carattere corsivo e sottolineato indica una sperimentazione; un carattere ~~barrato~~ indica che la società non esiste più o che il progetto è stato abbandonato.

Il **CADcoin** è un esempio di CBCC all'ingrosso. È il nome originale di attività digitali che costituivano una moneta usata dalla Bank of Canada nel suo studio di fattibilità di un sistema di pagamento all'ingrosso basato sulla DLT. Il CADcoin è stato usato in simulazioni effettuate dalla Bank of Canada in collaborazione con Payments Canada, R3 (una società di fintech) e numerose banche canadesi, ma non è stato adottato.

In Svezia, la domanda di denaro contante è scesa notevolmente nell'ultimo decennio (Skingsley (2016)). Già adesso molti negozi non accettano contanti e alcune filiali bancarie non li erogano o raccolgono più. In risposta, la Riksbank ha lanciato un progetto allo scopo di determinare la fattibilità di un **eKrona** per i pagamenti al dettaglio. Non sono state ancora prese decisioni riguardo alla tecnologia (Sveriges Riksbank (2017)). Di conseguenza, l'eKrona si posiziona al confine tra i conti di deposito di monete e le CBCC al dettaglio.

Dinero electrónico è un servizio di pagamento tramite mobile disponibile in Ecuador i cui conti sottostanti sono messi a disposizione dei cittadini dalla banca centrale. I cittadini possono aprire un conto scaricando un'applicazione, registrando il loro numero di documento d'identità e rispondendo a domande di sicurezza. In seguito, depositano o prelevano denaro recandosi in uno dei centri di transazione stabiliti. Il Dinero electrónico è quindi un (raro) esempio di sistema di conti di deposito di monete. Dato che l'Ecuador usa il dollaro USA come moneta ufficiale, i conti sono denominati in questa valuta.

Il **Bitcoin** è un esempio di moneta digitale non emessa da una banca centrale. È stato inventato da un programmatore sconosciuto sotto lo pseudonimo Satoshi Nakamoto ed è stato lanciato in quanto software open-source nel 2009 assieme a un libro bianco che ne descriveva gli aspetti tecnici (cfr. Riquadro A per maggiori dettagli).

PokéCoin è una moneta usata per gli acquisti all'interno del videogioco Pokémon Go ed è un esempio di valuta virtuale.

L'**Utility Settlement Coin** (USC) è un tentativo da parte del settore privato di fornire una criptovaluta per pagamenti all'ingrosso. È un concetto proposto da un gruppo di grandi banche private e da una società fintech per creare una serie di token digitali rappresentanti la moneta di diversi paesi che possono essere scambiati su una piattaforma di tipo distributed ledger (UBS (2016)). Il valore dell'USC di ogni paese sul distributed ledger sarebbe garantito da un valore equivalente di moneta nazionale detenuta in un conto separato (riserva) presso la banca centrale.

La **Amsterdamse Wisselbank** è stata fondata nel 1609 dalla Città di Amsterdam per facilitare il commercio ed è spesso vista come una precorritrice delle banche centrali. All'epoca vi era il problema che le valute, ossia le monete fisiche, si consumavano, si arrotondavano o si degradavano in altri modi. La banca accettava depositi di monete sia estere sia locali al loro valore intrinseco applicando una piccola commissione di conio e di gestione. Tali depositi erano noti come moneta della banca. La Wisselbank introdusse un sistema di gestione scritturale che permetteva agli utenti di regolare i pagamenti con altri detentori di conti. Nel 1814 venne fondata la Banca centrale olandese e nel 1820 la Wisselbank venne chiusa (Smith (1776), Quinn e Roberds (2014)).

Il **1934 series gold certificate** era una banconota da \$100 000 emessa dal Tesoro USA e usata solo per transazioni ufficiali tra le banche regionali della Federal Reserve. È stata la banconota denominata in dollari USA con valore più alto che sia mai stata emessa e non è stata messa in circolazione tra i cittadini. È un esempio di moneta non elettronica, a uso limitato, con garanzia governativa e peer-to-peer.

Tra gli esempi di valute locali emesse da privati vi sono **Bristol Pound** e **BerkShares**, localizzate nel petalo a destra. I negozi di Bristol, nel Regno Unito, fanno uno sconto a chi usa Bristol Pounds, mentre le BerkShares sono acquistate a 95 centesimi sul dollaro e accettate nei negozi al dettaglio nella regione Berkshires del Massachusetts al valore nominale.

Le **monete in metalli preziosi** sono un esempio di moneta merce. Possono essere usate come fattore di produzione o per i consumi e anche come mezzo di scambio. Si differenziano dalla moneta fiduciaria, che non ha valore intrinseco. Sebbene oggi la moneta merce sia considerata superata, è stata il mezzo di scambio predominante per più di due millenni.

I detentori di conti **e-gold** usavano il denaro delle banche commerciali per acquistare una quota dello stock di oro della società holding e trasferivano quantità di oro ad altri utenti tramite messaggi dal cellulare. I pagamenti tra gli utenti e-gold erano transazioni "on-us" che necessitavano solamente l'aggiornamento dei conti degli utenti. L'esperimento e-gold fallì, ma prima della chiusura, nel 2009, registrava più di 5 milioni di detentori di conti^①. Molte attuali piattaforme private di pagamento tramite mobile, come **Venmo** (un portafoglio digitale con le caratteristiche di un social media diffuso tra gli studenti universitari degli Stati Uniti) e **M-pesa**[™] (una piattaforma di mobile money molto usata in Kenya e in altri paesi dell'Africa orientale) utilizzano un modello "on-us" analogo. Gli utenti trasferiscono depositi bancari o contanti all'operatore che dà loro in cambio crediti mobile. Questi crediti possono essere trasferiti tra i partecipanti della piattaforma usando i loro dispositivi mobili o riacquistati dall'operatore in cambio di denaro contante o depositi. Il numero di transazioni giornaliere di M-pesa sovrasta quelle condotte tramite Bitcoin. Tuttavia, in termini di valore, i trasferimenti mondiali in bitcoin hanno recentemente superato quelli eseguiti sulla piattaforma M-pesa (grafico 1, diagramma di destra)

① Argomentazioni tratte da Friedman (1959) e Klein (1974) suggeriscono che se la Federal Reserve dovesse mantenere una convertibilità uno a uno con il Fedcoin, essa dovrebbe anche controllare l'offerta di Fedcoin. ② La società ha avuto problemi con le autorità perché sospettata di aver violato le norme antiriciclaggio e di aver condotto un'attività di money transmitter senza la necessaria autorizzazione; cfr. <http://legalupdate.e-gold.com/2008/07/plea-agreement-as-to-douglas-l-jackson-20080721.html>. Le statistiche sui conti e-gold sono disponibili all'indirizzo <http://scbbs.net/craigs/stats.html>.

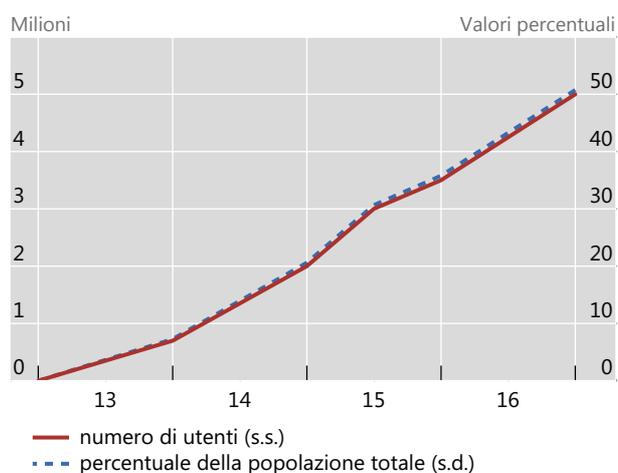
Il caso della Svezia

La Svezia presenta uno dei tassi più elevati al mondo di adozione di moderne tecnologie di informazione e comunicazione. Ha anche un sistema di pagamenti al dettaglio estremamente efficiente. A fine 2016 oltre 5 milioni di svedesi (più del 50% della popolazione) avevano installato Swish, un'applicazione per il cellulare che permette di trasferire moneta delle banche commerciali con effetto immediato (giorno e notte) tramite un dispositivo portatile (grafico C, diagramma di sinistra; cfr. anche Bech et al. (2017)).

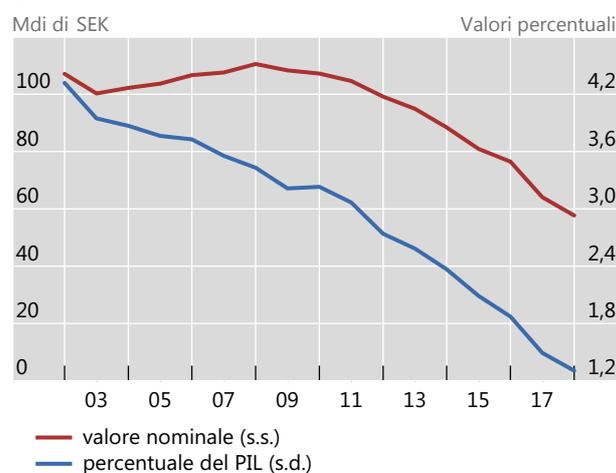
Svezia

Grafico C

Download di Swish



Contanti in circolazione¹



¹ Misurati come media annua.

Fonti: FMI, *International Financial Statistics*; Nazioni Unite, *World Population Prospects*; www.getswish.se; dati nazionali; elaborazioni degli autori.

La domanda di denaro contante sta calando rapidamente in Svezia (grafico C, diagramma di destra). Già adesso molti negozi non accettano più contanti e alcune filiali bancarie non erogano o raccolgono più contanti. Questo fenomeno preoccupa la Riksbank (Skingsley (2016)). Il sistema di pagamento continuerà ad essere sicuro ed efficiente senza il denaro contante? Anche se i contanti non sono usati quotidianamente, restano comunque un'opzione di riserva in situazioni di crisi. Le persone che non hanno accesso ai servizi bancari potranno ancora gestire i loro pagamenti?

La Riksbank ha attualmente in corso un progetto, chiamato eKrona, volto a determinare se dovrebbe offrire moneta digitale di banca centrale ai cittadini. Il progetto sta prendendo in considerazione diverse soluzioni tecniche, ma per ora non è stata fatta nessuna scelta tra la possibilità di concentrarsi sul DCA o su una struttura basata sulle CBCC al dettaglio. Il progetto dovrebbe essere finalizzato a fine 2019 (Sveriges Riksbank (2017)).

Riferimenti bibliografici

Andolfatto, D. (2015): "Fedcoin: on the desirability of a government cryptocurrency", *MacroMania*, blogpost, 3 febbraio.

——— (2016): "Is bitcoin a safe asset?", *MacroMania*, blogpost, 27 marzo.

Athey, S., C. Catalini e C. Tucker (2017): "The digital privacy paradox: small money, small costs, small talk", Stanford University Graduate School of Business, Research Papers, n. 17-24.

Banca centrale europea (2012): *Virtual currency schemes*, ottobre.

Bank of Canada (di prossima pubblicazione): "White paper on Project Jasper".

Bank of England (2017): "Bank of England extends direct access to RTGS accounts to non-bank payment service providers", comunicato stampa, 19 luglio.

Banque de France (2016): "La Banque de France mène une expérimentation de 'blockchain' interbancaire", comunicato stampa, 15 dicembre.

Bech, M. e K. Soramäki (2001): "Gridlock resolution in payment systems", Danmarks Nationalbank, *Monetary Review*, dicembre.

Bech, M., Y. Shimizu e P. Wong (2017): "La ricerca della velocità nei pagamenti", *Rassegna trimestrale BRI*, marzo, versione integrale disponibile solo in inglese.

Benos, E., R. Garratt e P. Gurrola-Perez (2017): "The economics of distributed ledger technology for securities settlement", Bank of England, *Staff Working Papers*, n. 670, agosto.

Bjerg, O. (2017): "Designing new money – the policy trilemma of central bank digital currency", *Copenhagen Business School (CBS) Working Paper*, giugno.

Bolt, W. e M. van Oordt (2016): "On the value of virtual currencies", Bank of Canada, *Staff Working Papers*, n. 42, agosto.

Bordo, M. e A. Levin (2017): "Central bank digital currency and the future of monetary policy", *NBER Working Papers*, n. 23711, agosto.

Broadbent, B. (2016): "Central banks and digital currencies", discorso tenuto presso la London School of Economics, 2 marzo.

Chapman, J., R. Garratt, S. Hendry, A. McCormack e W. McMahon (2017): "Project Jasper: are distributed wholesale payment systems feasible yet?", Bank of Canada, *Financial System Review*, giugno, pagg. 1-11.

Chaum, D. (1983): "Blind signatures for untraceable payments", *Advances in Cryptology*, atti di Crypto '82, pagg. 199-203.

Comitato per i pagamenti e le infrastrutture di mercato (2015): *Digital currencies*, novembre.

Comitato sui sistemi di pagamento e regolamento (1997): *Real-time gross settlement systems*, marzo.

——— (2003): *The role of central bank money in payment systems*, agosto.

Comitato sul sistema finanziario globale (2015): "Central bank operating frameworks and collateral markets", *CGFS Papers*, n. 53, marzo.

- Deutsche Bundesbank (2016): "Joint Deutsche Bundesbank and Deutsche Börse blockchain prototype", comunicato stampa, 28 novembre.
- Friedman, M. (1959): "The demand for money: some theoretical and empirical results", *The Journal of Political Economy*, vol. 67, n. 4, pagg. 327-51.
- Garratt, R. (2016): "CAD-coin versus Fedcoin", *R3 Report*, 15 novembre.
- Garratt, R. e N. Wallace (2016): "Bitcoin 1, bitcoin 2, ... : an experiment in privately issued outside monies", University of California, Santa Barbara, Dipartimento di Economia, *Departmental Working Paper*, ottobre.
- Ho, S. (2017): "Canadian trial finds blockchain not ready for bank settlements", *Reuters Business News*, 25 maggio.
- Hong Kong Monetary Authority (2016): *Whitepaper on distributed ledger technology*, 11 novembre.
- Kahn, C., J. McAndrews e W. Roberds (2005): "Money is privacy", *International Economic Review*, vol. 46, n. 2, pagg. 377-99.
- Klein, B. (1974): "The competitive supply of money", *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 6, n. 4, pagg. 423-53.
- Kocherlakota, N. (1998): "Money is memory", *Journal of Economic Theory*, vol. 81, n. 2, pagg. 232-51.
- Koning, J. (2014): "Fedcoin", *Moneyness*, blogpost, 19 ottobre.
- (2016): "Fedcoin: a central bank issued cryptocurrency", *R3 Report*, 15 novembre.
- Luther, W. e J. Olson (2015): "Bitcoin is memory", *The Journal of Prices & Markets*, vol. 3, n. 3, pagg. 22-33.
- Mainelle, M. e A. Milne (2016): "The impact and potential of blockchain on the securities transaction lifecycle", *SWIFT Institute Working Papers*, n. 7.
- McAndrews, J. (2017): "The case for cash", *Asian Development Bank Institute Working Paper Series*, n. 679.
- Monetary Authority of Singapore (2017): *The future is here – Project Ubin: SGD on distributed ledger*.
- Motamedi, S. (2014): "Will bitcoins ever become money? A path to decentralised central banking", *Tannu Tuva Initiative*, blogpost.
- Nakamoto, S. (2009): "Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system".
- Project Jasper (2017): "A Canadian experiment with distributed ledger technology for domestic interbank payments settlement", Libro bianco elaborato da Payments Canada, R3 e la Bank of Canada.
- Quinn, S. e W. Roberds (2014): "How Amsterdam got fiat money", *Journal of Monetary Economics*, vol. 66, settembre, pagg. 1-12.
- Raskin, M. e D. Yermack (2016): "Digital currencies, decentralized ledgers and the future of central banking", *NBER Working Papers*, n. 22238, maggio.
- Rogoff, K. (2016): *The curse of cash*, Princeton University Press.
- Santander InnoVentures (2015): *The Fintech 2.0 Paper: rebooting financial services*.

Skingsley, C. (2016): "Should the Riksbank issue e-krona?", discorso tenuto alla FinTech Stockholm 2016, 16 novembre.

Smith, A. (1776): *An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations*, W. Strahan e T. Cadell, Londra.

Sveriges Riksbank (2017): *Project plan for the eKrona*, 14 marzo.

Tobin, J. (1985): "Financial innovation and deregulation in perspective", *Bank of Japan Monetary and Economic Studies*, vol. 3, n. 2, pagg. 19-29.

——— (1987): "The case for preserving regulatory distinctions", in *Proceedings of the Economic Policy Symposium*, Jackson Hole, Federal Reserve Bank of Kansas City, pagg. 167-83.

Tolle, M. (2016): "Central bank digital currency: the end of monetary policy as we know it?", *Bank Underground*, blogpost, 25 luglio.

UBS (2016): "Utility settlement coin concept on blockchain gathers pace", comunicato stampa, 24 agosto.

Venn, J. (1881): *Symbolic logic*, MacMillan and Co, Londra.

Yermack, D. (2015): "Is bitcoin a real currency?", in D. Lee (ed.), *The Handbook of Digital Currency*, Elsevier, pagg. 31-44.