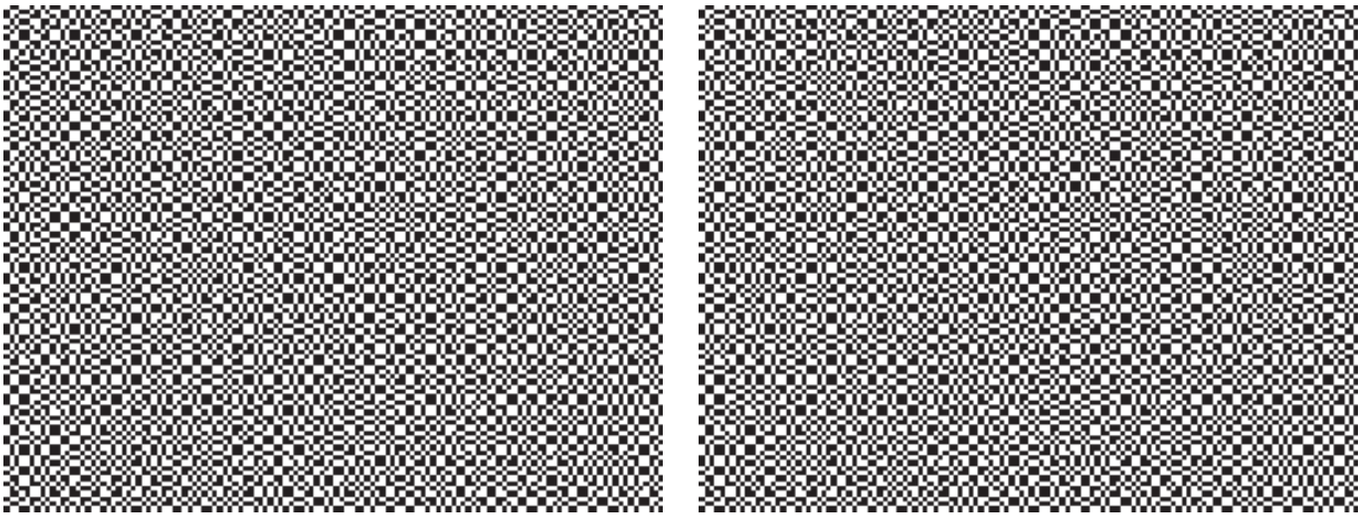
Ukryte obrazy

Joanna JASZUŃSKA

Kryptografia wizualna to metoda komputerowego szyfrowania obrazów, w której do rozszyfrowania wystarczy… popatrzeć. Konkretniej, z obrazu, który chcemy zaszyfrować („obrazem” może być też napisany na kartce tekst), tworzymy dwa „pstrokate” obrazy, z których nic nie można odczytać (rys. 1).

Jest to jedna z metod tak zwanego **dzielenia sekretu**. Na przykład jeśli prezes banku chce, by dwaj wiceprezesi mogli otworzyć sejf tylko wspólnie (żadnemu w pełni nie ufa), może każdemu dać jedną z folii szyfrujących tajny kod dostępu.



Rys. 1. Do rozszyfrowania wiadomości wystarczy precyzyjnie **nałożyć jeden obraz na drugi** – proszę spróbować skopiować je na folię lub pobrać ze strony `www.deltami.edu.pl` (udostępniamy tam większe wersje) i nałożyć w swoim ulubionym programie graficznym.

Rys. 2. Cegiełki służące do tworzenia udziałów. Białe części są przezroczyste. Jeśli cegiełki mają 2 na 2 piksele, otrzymamy udziały o bokach dwukrotnie większych niż szyfrowany obraz.

Jak szyfrować? W najprostszej wersji szyfruje się obraz dwukolorowy, czarno-biały. Dzielimy go na maleńkie kwadraciki (*piksele*), z których każdy jest w całości czarny lub biały. Następnie, analizując wyjściowy obraz piksel po pikselu, tworzymy komputerowo dwa nowe obrazy, nazwijmy je *udziałami*. Jeśli dany piksel jest biały, w odpowiadającym mu miejscu obydwu udziałów umieszczamy **takie same** kwadraty (nazwijmy je *cegiełkami*), losowo wybierając z dwóch przedstawionych na rysunku 2. Dla czarnego piksela w odpowiednich miejscach udziałów umieszczamy **różne** cegiełki, losowo decydując o tym, która na którym udziale.

Dlaczego to działa? Gdy nałożymy tak utworzone udziały, w miejscach odpowiadających czarnym pikselom będą całkowicie czarne (bo czarne części cegiełek dopełniają się), zaś zamiast białych pikseli zobaczymy kwadraty czarno-białe (bo nałożą się dwie identyczne cegiełki) i tak małe, że praktycznie szare. W rezultacie szyfrowany czarno-biały obraz odczytamy jako obraz czarno-szary.

Czy da się złamać ten szyfr? W każdym miejscu każdego z udziałów o tym, która z cegiełek się pojawi, decydujemy losowo. Wobec tego osoba posiadająca jeden udział nie może się z niego niczego dowiedzieć. Cała informacja ukryta jest „pomiędzy” udziałami — w tym, gdzie cegiełki na nich są te same, a gdzie różne.

Zakładamy, że zastosowany algorytm losujący daje wyniki naprawdę losowe (co w praktyce nie zawsze jest spełnione).

Dzięki temu kryptografii wizualnej można używać też do **szyfrowania listów**. Jeśli Bob wyrusza w podróż, przed wyjazdem generuje duży pstrokaty prostokąt, losowo wybierając cegiełki (to będzie klucz do szyfrowania i rozszyfrowywania). Zostawia go Alicji na folii, a sam ma kopię w swoim komputerze. Gdy zechce przesłać tajny list, potraktuje ten prostokąt jako pierwszy udział listu i wygeneruje odpowiedni drugi udział (podobiera takie same lub dopełniające cegiełki). Prześle go Alicji na folii, którą ona nałoży na pierwszą folię i odczyta list. Jeśli przesyłka z drugą folią wpadnie w niepowołane ręce, jest nie do odczytania.

Taki jednorazowy klucz o długości równej długości szyfrowanej wiadomości to tak zwany *one-time pad*.

Bardziej zaawansowane wersje kryptografii wizualnej pozwalają szyfrować obrazy w odcieniach szarości, a nawet kolorowe. Można też dzielić sekret na więcej niż dwie części, a także dzielić go na n części tak, by dowolnych k wystarczało do odczytania wiadomości ($2 \leqslant k \leqslant n$), ale żadnych $k-1$ nie wystarczało. Wreszcie można ukrywać sam fakt przesyłania wiadomości, tworząc zamiast budzących podejrzenia pstrokatych udziałów dwa „zwykłe” obrazy, które po nałożeniu znikają, a oczom odbiorcy ukazuje się tajny przekaz.

Kryptografię wizualną zapoczątkowali Moni Naor i Adi Shamir w 1994 r.

Dziękuję Kubie Pochrybniakowi za wykonanie rysunku 1.