



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 23.10.76 (P. 193216)

Pierwszeństwo: 24.10.75 Francja

Zgłoszenie ogłoszono: 30.01.78

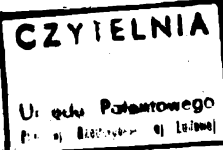
Opis patentowy opublikowano: 15.06.1981

Int. Cl.²

H04N 7/12

H03K 13/25

H04B 1/64



Twórcy wynalazku: Jean Claude Jolivet, Francois Xavier Stouls

Uprawniony z patentu: Société Anonyme Télécommunications, Paryż
(Francja)

Koder-dekoder obrazu wykorzystujący przekształcenie macierzowe z ważoną reprezentacją poszczególnych punktów obrazu w punktach transformaty

1

Przedmiotem wynalazku jest koder-dekoder obrazu wykorzystujący przekształcenie macierzowe z ważoną reprezentacją poszczególnych punktów obrazu w punktach transformaty. Innymi słowy wynalazek dotyczy systemu kodowania i dekodowania obrazów wykorzystujący przekształcenie macierzowe, zapewniające możliwość zagęszczenia sygnałów obrazu.

Znane jest otrzymywanie transformaty $F(u, v)$ odpowiadającej funkcji $f(x, y)$ określonej na zbiorze mającym N^2 punktów, która to transformata $F(u, v)$ jest określana jako iloczyn macierzy:

$$[F(u, v)] = [H(u, v)] \cdot [f(x, y)] \cdot [H(u, v)]^T \quad (1)$$

w którym to równaniu $[H]$ jest macierzą przekształcenia o wymiarze $N \times N$, a $[H]^T$ — odpowiednią macierzą transponowaną. Ta macierz $[H]$ może być, na przykład, macierzą Hadamard'a albo też macierzą Haar'a. Z przypadkiem wykorzystania jako macierzy $[H]$ macierzy Hadamard'a można zapoznać się w następujących publikacjach: 1) Jacques Poncin, „Utilisation de la transformé de Hadamard pour le codage et la compression des signaux d'images, Annales des Télécommunications, Vol. 26, nr 7—8, 1971; 2) William K. Pratt, Julius Kane, Harry C. Andrews, „Hadamard Transform Image Coding”, Proceedings of the IEEE, Vol. 57, nr 1, styczeń 1969; 3) Takahiko Fuminiki, Masachika Miyata, „Intraframe Image Coding by Cascaded Hadamard Trans-

2

forms”, IEEE Transactions on Communications, Vol. Com. 21, nr 3, marzec 1973.

Z przypadkiem wykorzystania jako macierzy $[H]$ macierzy Haar'a można zapoznać się w artykule Haary'ego C. Andrews'a i Kenneth'a L. Caspari'ego zamieszczonym w czasopiśmie IEEE Transactions on Computers, Vol. C—19, nr 1, styczeń 1970 r., strony 16—25 pod tytułem „A Generalized Technique for Spectral Analysis”.

Jeżeli macierz $[H]$ jest macierzą ortogonalną albo ortonormalną, wówczas iloczyn $[H]^T \times [H]$ jest równy N wielokrotności macierzy jednostkowej. Jest to słuszne również i wtedy, gdy macierze $[H]$ są macierzami Hadamard'a albo macierzami Haar'a. I wówczas przekształcenie odwrotne

$$[f(x, y)] = \frac{1}{N^2} [H(u, v)]^T \cdot [F(u, v)] \cdot [H(u, v)] \quad (2)$$

wykorzystuje tę samą macierz przekształcenia $[H]$, jak i przekształcenie bezpośrednie (nie odwrotne).

Ponieważ macierze Hadamard'a są macierzami kwadratowymi o wymiarze $N \times N = 2^n \times 2^n$, możliwym jest poddawać przekształceniu albo cały obraz albo sukcesywnie składowe podobrazy o małych wymiarach. Faktycznie, aby ograniczyć liczbę elementów składowych układu w przypadku wysokiej definicji obrazu oraz, w szczególności, zapewnić możliwość zastosowania pamięci RAM

(Random Access Memory) do zapamiętywania próbek obrazu i pamięci ROM (Read Only Memory) do zapamiętywania współczynników macierzy Hadamard'a o mniejszej pojemności, przekształceniu poddawane są, na ogół, składowe obrazu mające N^2 punktów, podczas gdy liczba punktów całego obrazu wynosi N^2 . A więc w wyniku tych przekształceń otrzymuje się transformatę o N^2 współczynnikach odpowiadającą obrazowi częściowemu o $N \times N$ punktach, przy czym te współczynniki uwzględniają tylko N^2 punktów oryginału. I w ten sposób, jeżeli poprzez przekształcenie odwrotne obraz jest rekonstruowany tylko na podstawie wyznaczonych w ten sposób współczynników, otrzyma się obraz o strukturze, odznaczającej się schodkowo zarysowanymi konturami. W szczególności, jeśli podobraz jest rekonstruowany poprzez przekształcenie odwrotne z pojedynczego elementu, reprezentującego średnią luminancję podobrazu, całkowity obraz jest tworzony poprzez zestawienie kwadratów, których powtarzająca się struktura może maskować treść samego obrazu.

Przedmiotem wynalazku jest system kodowania i dekodowania obrazów poprzez przekształcenie, polegające na kolejnym mnożeniu macierzy, obrazów częściowych, który to system zapewnia możliwość zmniejszenia zniekształceń obrazów, powstających w przypadku zastosowania bezpośredniego przekształcenia Hadamard'a i odwrotnego przekształcenia Hadamard'a, oraz zapewniający możliwość lepszego zagęszczenia informacji przesyłanej w jednostce czasu, co powoduje zwiększenie szybkości przesyłania informacji o całym obrazie.

Przekształcenie, wykorzystywane w rozwiązaniu według wynalazku, będzie wyjaśnione poprzez jego porównanie z klasycznym przekształceniem Hadamard'a.

W przypadku przekształcenia jednowymiarowego są brane pod uwagę pewne kolejne próbki o określonych wskaźnikach wiersza macierzy, której elementami są próbki, na przykład sześć próbek od $x_{1,j}$ do $x_{1,j+5}$. Dwie próbki środkowe $x_{1,j+2}$ i $x_{1,j+3}$ są dwoma próbkami, które mają być poddane przekształceniu, cztery pozostałe próbki, z których dwie $x_{1,j}$ i $x_{1,j+1}$ zajmują miejsce po lewej stronie od próbek wyznaczonych, a dwie pozostałe $x_{1,j+4}$ i $x_{1,j+5}$ z prawej strony względem próbek wybranych, są próbkami biorącymi udział w przekształceniu. Te sześć próbek tworzą macierz prostokątną o wymiarze 1×6 .

Macierz-mnożnik jest macierzą prostokątną o wymiarze 6×2 , której część środkową jest macierz Hadamard'a o wymiarze 2×2 . Z tego wynika, że wynikiem mnożenia tych dwóch macierzy jest macierz o wymiarze 1×2 . Przekształcenie to może być przedstawione w postaci równania:

$$[x_{1,j} \ x_{1,j+1} \ x_{1,j+2} \ x_{1,j+3} \ x_{1,j+4} \ x_{1,j+5}] \times \begin{bmatrix} 0 & -\alpha \\ 0 & -\alpha \\ 1 & 1 \\ 1 & -1 \\ 0 & \alpha \\ 0 & \alpha \end{bmatrix} =$$

$$= [u_{1,j+2} \ u_{1,j+3}] \quad (3)$$

gdzie wartości współczynników u są równe odpowiednio:

$$u_{1,j+2} = x_{1,j+2} + x_{1,j+3}, \quad (4)$$

$$u_{1,j+3} = -\alpha x_{1,j} - \alpha x_{1,j+1} + x_{1,j+2} - x_{1,j+3} + \alpha x_{1,j+4} + \alpha x_{1,j+5}, \quad (5)$$

gdzie α — stała, mniejsza od 1. Współczynnik $u_{1,j+2}$ jest wartością średnią luminacji dwóch punktów $x_{1,j+2}$ i $x_{1,j+3}$. Wzór, określający wartość współczynnika $u_{1,j+3}$ może być przepisany w sposób następujący:

$$u_{1,j+3} = -\alpha u_{1,j} + x_{1,j+2} - x_{1,j+3} + \alpha u_{1,j+4} \quad (5')$$

We wzorze (3) ujęto w ramki, w macierzy próbek o wymiarze 1×6 i w macierzy-mnożniku o wymiarze 6×2 , stojących w lewej stronie równania, te fragmenty, które pozostałyby, jeśli miałyby się do czynienia z przekształceniem Hadamard'a drugiego rzędu.

Przekształcenie odwrotne, umożliwiające rekonstrukcję elementów $x_{1,j+2}$ i $x_{1,j+3}$, bierze pod uwagę nie tylko współczynniki $u_{1,j+2}$ i $u_{1,j+3}$, lecz również przekształcone współczynniki sąsiednich podzbiorów $u_{1,j}$, $u_{1,j+1}$, oraz $u_{1,j+4}$, $u_{1,j+5}$.

Równanie macierzowe przekształcenia odwrotnego ma następującą postać:

$$[x_{1,j+2} \ x_{1,j+3}] = \frac{1}{2} [u_{1,j} \ u_{1,j+1} \ u_{1,j+2} \ u_{1,j+3} \ u_{1,j+4} \ u_{1,j+5}] \times \begin{bmatrix} \alpha & \alpha \\ 0 & 0 \\ 1 & 1 \\ 1 & -1 \\ -\alpha & \alpha \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

co daje:

$$2x_{1,j+2} = \alpha u_{1,j} + u_{1,j+2} + u_{1,j+3} - \alpha u_{1,j+4}, \quad (7)$$

$$2x_{1,j+3} = -\alpha u_{1,j} + u_{1,j+2} - u_{1,j+3} + \alpha u_{1,j+4}, \quad (8)$$

Przy oznaczeniu

$$w_{1,j+2} = \alpha u_{1,j} + u_{1,j+2} - \alpha u_{1,j+4}$$

równania (7) i (8) mogą być przepisane następująco:

$$2x_{1,j+2} = u_{1,j+2} + w_{1,j+2}, \quad (7')$$

$$2x_{1,j+3} = u_{1,j+2} - w_{1,j+2}, \quad (8')$$

Można zauważyć, że dwie kolejno po sobie następujące próbki transformaty mogą być utworzone z sześciu próbek pierwotnego obrazu i że dwie kolejne próbki obrazu rekonstruowanego są utworzone z sześciu próbek transformaty. We wzorze (6) ujęto w ramki w macierzy próbek o wymiarze 1×6 i w głównej macierzy-mnożniku o wymiarze 6×2 , które to macierze znajdują się po prawej stronie równania (6), te elementy które przetrwałyby jedynie, jeśliby się miało do czynienia z przekształceniem odwrotnym do przekształcenia Hadamard'a drugiego rzędu.

W przypadku przekształcenia dwuwymiarowego macierz kwadratowa o wymiarze 6×6 jest mnożona najpierw przez macierz przekształcenia

taką, jak w równaniu (3), stojącą z prawej strony względem macierzy próbek, a następnie przez transponowaną macierz przekształcenia, stojącą z lewej strony względem macierzy próbek, co daje w wyniku macierz kwadratową o wymiarze 2×2 , a mianowicie:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ -\alpha & -\alpha & 1 & -1 & \alpha & \alpha \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_{1,j} & \dots & x_{1,j+5} \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & x_{1+2,j+2} & x_{1+2,j+3} & \dots \\ \dots & x_{1+3,j+2} & x_{1+3,j+3} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{1+5,j} & \dots & x_{1+5,j+5} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 & -\alpha \\ 0 & -\alpha \\ 1 & 1 \\ 1 & -1 \\ 0 & \alpha \\ 0 & \alpha \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{1+2,j+2} & u_{1+2,j+3} \\ u_{1+3,j+2} & u_{1+3,j+3} \end{bmatrix} \quad (9)$$

W wyniku wskazanego mnożenia tych macierzy otrzymujemy dla współczynników U następujące wartości:

$$u_{1+2,j+2} = x_{1+2,j+2} + x_{1+2,j+3}x_{1+3,j+2} + x_{1+2,j+3} \quad (10)$$

$$u_{1+2,j+3} = -\alpha x_{1+2,j} - \alpha x_{1+2,j+1} + x_{1+2,j+2} - x_{1+2,j+3} + \alpha x_{1+2,j+4} + \alpha x_{1+2,j+5} - \alpha x_{1+3,j} - \alpha x_{1+3,j+1} + x_{1+3,j+2} - x_{1+3,j+3} + \alpha x_{1+3,j+4} + \alpha x_{1+3,j+5} \quad (11)$$

$$u_{1+3,j+2} = -\alpha[x_{1,j+2} + x_{1,j+3} + x_{1+1,j+2} + x_{1+1,j+3}] + x_{1+2,j+2} + x_{1+2,j+3} - x_{1+3,j+2} - x_{1+3,j+3} + \alpha[x_{1+4,j+2} + x_{1+4,j+3} + x_{1+5,j+2} + x_{1+5,j+3}] \quad (12)$$

$$u_{1+3,j+3} = \alpha^2[x_{1,j} + x_{1,j+1} + x_{1+1,j} + x_{1+1,j+1} + x_{1+4,j+4} + x_{1+4,j+5} + x_{1+5,j+4} + x_{1+5,j+5}] - \alpha^2[x_{1,j+4} + x_{1,j+5} + x_{1+1,j+4} + x_{1+1,j+5} + x_{1+4,j} + x_{1+4,j+1} + x_{1+5,j} + x_{1+5,j+1}] + \alpha[x_{1,j+3} + x_{1+1,j+3} + x_{1+2,j+4} + x_{1+2,j+5} + x_{1+3,j} + x_{1+3,j+1} + x_{1+4,j+2} + x_{1+5,j+2}] - \alpha[x_{1,j+2} + x_{1+1,j+2} + x_{1+2,j} + x_{1+2,j+1} + x_{1+3,j+4} + x_{1+3,j+5} + x_{1+4,j+3} + x_{1+5,j+3}] + x_{1+2,j+2} + x_{1+2,j+3} - x_{1+3,j+2} + x_{1+3,j+3} \quad (13)$$

W równaniu (9) ujęto w ramki te części macierzy, które odpowiadają przekształceniu Hadamard'a.

Zwracając się na moment do fig. 1, należy podkreślić, że cztery współczynniki transformaty dwuwymiarowej, a mianowicie współczynniki $u_{1+2,j+2}$, $u_{1+2,j+3}$, $u_{1+3,j+2}$, $u_{1+3,j+3}$ są pokazane tak samo, jak i obszary utworzone przez próbki obrazu, które doprowadzają do przekształcenia. Można także zauważyć, że element $u_{1+2,j+2}$ jest funkcją tylko czterech próbek obrazu, a mianowicie próbek $x_{1+2,j+2}$, $x_{1+2,j+3}$, $x_{1+3,j+2}$, $x_{1+3,j+3}$. Element $u_{1+2,j+3}$ i element $u_{1+3,j+2}$ są funkcjami dwunastu próbek, a element $u_{1+3,j+3}$ jest funkcją trzydziestu sześciu próbek. Można również zauważyć, że określone próbki są reprezentowane z wagą równą jedności ze znakiem „+” albo „-”, inne z wagą równą α ze znakiem „+” albo „-”, a jeszcze inne — z wagą równą α^2 ze znakiem „+” albo „-”.

Równanie macierzowe, odwrotne do przekształcenia dwuwymiarowego, przedstawia się następująco: kwadratowa macierz próbek o wymiarze 6×6 jest mnożona z prawej przez macierz prze-

kształcenia taką, jaka była wykorzystana w równaniu (6), i z lewej — przez macierz transponowaną, co w wyniku daje macierz kwadratową o wymiarze 2×2 , a mianowicie:

$$\begin{bmatrix} x_{1+2,j+2} & x_{1+2,j+3} \\ x_{1+3,j+2} & x_{1+3,j+3} \end{bmatrix} = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} \alpha & 0 \\ \alpha & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\alpha & 0 \\ \alpha & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} u_{1,j} & \dots & u_{1,j+5} \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & u_{1+2,j+2} & u_{1+2,j+3} & \dots \\ \dots & u_{1+3,j+2} & u_{1+3,j+3} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ u_{1+5,j} & \dots & u_{1+5,j+5} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \alpha & -\alpha \\ 0 & 0 \\ 1 & 1 \\ 1 & -1 \\ -\alpha & \alpha \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (14)$$

Części macierzy, które odpowiadają odwrotnemu przekształceniu Hadamard'a, są w równaniu (14) ujęte w ramki.

Przypuśćmy teraz, że macierz-mnożnik jest macierzą o wymiarze 6×2 i że jej część środkowa jest macierzą Hadamard'a o wymiarze 2×2 .

Aby rozciągnąć algorytm przekształcenia drugiego rzędu na przekształcenie czwartego rzędu, należy zastosować iterację przekształcenia macierzowego, wynikającą z równania (3) i umożliwiającą otrzymanie następujących współczynników transformaty: $u_{1,j-4}$; $u_{1,j-3}$; $u_{1,j-2}$; $u_{1,j-1}$; $u_{1,j}$; $u_{1,j+1}$; $u_{1,j+2}$; $u_{1,j+3}$; $u_{1,j+4}$; $u_{1,j+5}$; $u_{1,j+6}$; $u_{1,j+7}$. Próbkę $u_{1,j+1}$ i $u_{1,j+3}$ obliczone tym sposobem są zatrzymywane i tworzy się macierz o wymiarze 1×6 z elementów-współczynników o wskaźnikach j parzystych, która to macierz po przemnożeniu jej przez macierz przekształcenia o wymiarze 6×2 taką, jaka była wykorzystana w równaniu (3) daje:

$$\begin{bmatrix} u_{1,j-4} & u_{1,j-2} & u_{1,j} & u_{1,j+2} & u_{1,j+4} & u_{1,j+6} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 & -\alpha \\ 0 & -\alpha \\ 1 & 1 \\ 1 & -1 \\ 0 & \alpha \\ 0 & \alpha \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{1,j} & v_{1,j+1} \end{bmatrix} \quad (15)$$

gdzie:

$v_{1,j}$; $v_{1,j+1}$; $v_{1,j+2} = u_{1,j+2}$; $v_{1,j+3} = u_{1,j+3}$ są czterema współczynnikami transformaty.

Można zauważyć, że współczynniki transformaty otrzymane w wyniku przekształcenia jednokierunkowego są otrzymywane z dwunastu próbek obrazu. Może to być przedstawione w postaci następującego równania macierzowego:

$$\begin{bmatrix} x_{1,j-4} & \dots & x_{1,j+7} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 & -\alpha & 0 & 0 \\ 0 & -\alpha & 0 & 0 \\ 0 & -\alpha & -\alpha & 0 \\ 0 & -\alpha & \alpha & 0 \\ 1 & 1 & -1 & -\alpha \\ 1 & 1 & -1 & -\alpha \\ 1 & -1 & \alpha & 1 \\ 1 & -1 & \alpha & -1 \\ 0 & \alpha & 0 & \alpha \\ 0 & \alpha & 0 & \alpha \\ 0 & \alpha & 0 & 0 \\ 0 & \alpha & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{1,j} & v_{1,j+1} & v_{1,j+2} & v_{1,j+3} \end{bmatrix} \quad (16)$$

System kodowania i dekodowania według wynalazku daje lepsze zagęszczenie informacji, ponieważ dla przekształcenia 2×1 prawdopodobieństwo wystąpienia współczynników $u_{1,j+1}$ będących równymi zeru lub wartościami bardzo małymi jest większa, niż w przypadku przekształcenia Hada-marda. Przekształcenie według wynalazku wprowadza tłumienie fałszywych obwodów kwadrato-wych i zapewnia lepszą statystyczną aproksymację sygnału. W wyniku tego podczas obliczeń przekształcenia odwrotnego realizuje się na współ-czynnikach $u_{1,j}$ działanie filtrujące.

Rozwiązanie według wynalazku jest odtworzone na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia odpow-iednią reprezentację próbek obrazu w próbkach transformaty; fig. 2A, 2B i 3A, 3B przedstawiają w postaci schematycznej najszybszy sposób kształto-wania próbek transformaty z próbek obrazu oraz sposób kształtowania próbek obrazu rekonstruo-wanego z próbek transformaty; fig. 4 — schemat blokowy układu kodowania i dekodowania obrazu o wymiarze 2×2 według wynalazku; fig. 5 — schemat blokowy układu kodowania i dekodowa-nia obrazu o wymiarze 4×4 według wynalazku a fig. 6 A, B, C i D przedstawiają rozwinięcie punktów transformaty z punktów obrazu w przy-padku zastosowania układu przedstawionego na fig. 4.

Na fig. 2A przedstawiono sposób kształtowania próbek u transformaty obrazu z próbek x obrazu oryginału, zgodnie z równaniami (4) i (5). Próbkki $x_{1,0}$ do $x_{1,5}$ są doprowadzane do zacisków 100 do 105 w ciągu pierwszego okresu czasu, natomiast próbkki $x_{1,2}$ do $x_{1,7}$ są doprowadzane do tych za-cisków w ciągu drugiego okresu czasu, przy czym wskaźniki kolejno doprowadzanych próbek różnią się od wskaźników próbek poprzedzających o dwa.

Zaciski 100, 101 są dołączone do obwodu sumu-jącego 110. Zaciski 102 i 103 są dołączone do ob-wodu sumującego 112 oraz do obwodu odejmują-cego 113. Zaciski 104 i 105 są dołączone do obwo-du sumującego 114. Wyjście obwodu sumującego 112 jest dołączone do zacisku wyjściowego 122, z którego są wyprowadzane kolejno próbki-współczynniki $u_{1,2}$, $u_{1,4}$. Wyjścia obwodów sumu-jących 110 i 114 są dołączone do obwodu odejmuj-ącego 115, który wytwarza sygnały postaci $(-u_{1,0} + u_{1,4})$, $(-u_{1,2} + u_{1,6})$,... Wyjście obwodu odej-mującego 115 jest dołączone do obwodu 116, mno-żącego przez α . Wyjście obwodu mnożącego 116 i wyjście obwodu odejmującego 113 są dołączone do obwodu sumującego 117. Wyjście tego obwodu sumującego 117 jest dołączone do zacisku wyjścio-wego 123. Jest oczywistym, że gdy próbki $x_{1,0}$ do $x_{1,5}$ są doprowadzone do zacisków 100 do 105, sygnał reprezentujący współczynnik $u_{1,2}$ pojawia się na zacisku 122, a sygnał reprezentujący współczynnik $u_{1,3}$, pojawia się na zacisku 123.

Można zauważyć (fig. 2B), że możliwym jest wyeliminowanie obwodu sumującego 110 i zastą-pienie go pamięcią w postaci rejestru przesuwaj-ącego 110', który przechowuje informację o współczynnikach $u_{1,2p}$ i przekazuje ją ponownie do obwodu liczącego podczas obliczania wartości $u_{1,2p+2}$. Na fig. 2B symbolem 13 oznaczony jest

rejestr przesuwający, mający cztery wyjścia (w rzeczywistości jest tyle rejestrów przesuwających, załączonych równolegle, ile bitów zawartych jest w próbce), odbierający próbki kolejno i działają-cy w dwóch krokach. Wyjścia 132—135 są połą-czone odpowiednio z wejściami 102—105 obwodu liczącego. Gdy sygnał $u_{1,2p}$ pojawia się na wyjściowym zacisku 122, doprowadza się on również do wejścia rejestru przesuwającego 110', który do-prowadza go do obwodu odejmującego 115 w na-stępnym cyklu.

Na fig. 3A przedstawiony jest sposób kształto-wania próbek x obrazu, rekonstruowanego z sy-gnałów-współczynniki u obrazu transformaty zgodnie z równaniami (7) i (8). Sygnały-współ-czynnikki $u_{1,0}$ do $u_{1,5}$ są doprowadzone do zacisków 200 do 205 w pierwszym okresie czasu, natomiast sygnały-współczynniki $u_{1,2}$ do $u_{1,7}$ są doprowa-dzane do tych zacisków w drugim okresie czasu tak, iż wskaźniki kolejno doprowadzanych do te-go samego zacisku próbek różnią się o dwa.

Zaciski 202 i 203 są dołączone do obwodu odej-mującego 213. Zaciski 200 i 204 są dołączone do obwodu odejmującego 215. Wyjście tego obwodu odejmującego 215 jest dołączone do dwóch obwo-dów mnożących 216 i 216', zapewniających mno-żenie doprowadzonych do nich próbek odpowied-nio przez α i $-\alpha$. Wyjścia obwodów mnożących 216 i 216' są dołączone do dwóch obwodów sumu-jących 217 i 217', z których pierwszy obwód su-mujący 217 jest połączony z wyjściem obwodu sumującego 212, a drugi obwód sumujący 217' połączony jest z wyjściem obwodu odejmującego 213.

Wyjścia obwodów sumujących 217 i 217' są do-łączone odpowiednio do zacisków wyjściowych 222 i 223.

Jest rzeczą oczywistą, że gdy sygnały-współ-czynnikki $u_{1,0}$ do $u_{1,5}$ są doprowadzane do zacisków 200 do 205, próbka $x_{1,2}$ jest wyprowadzana z za-cisku 222, a próbka $x_{1,3}$ — z zacisku 223.

Fig. 3B przedstawia drugi układ obliczenia próbek x jako funkcji współczynników u zgodnie z równaniami (7') i (8'). Zamiast tego, aby do za-cisków 200 do 205 doprowadzać próbki obrazu transformaty w kolejności $u_{1,0}$ do $u_{1,5}$, są one do-prowadzane do tych zacisków w kolejności: $u_{1,0}$; $u_{1,-1}$; $u_{1,2}$; $u_{1,1}$; $u_{1,4}$; $u_{1,3}$; itd., która to kolejność jest naturalną kolejnością generowania tych współczynników. Zaciski 200 i 204 są, jak i na fig. 3A dołączone do obwodu odejmującego 215, którego wyjście jest dołączone do wejścia obwo-du 216 mnożącego przez α . Wyjście obwodu 216 jest dołączone do obwodu sumującego 218, które-go drugie wejście jest połączone z zaciskiem 205. Jest oczywistym, że sygnały postaci $w_{1,2}$ pojawiają się na wyjściu obwodu 218. Sygnały tego rodzaju są doprowadzane do obwodu sumującego 219 i do obwodu odejmującego 219', którego drugie wejście jest połączone z zaciskiem 202. Wyjście obwodu sumującego 219 jest połączone z zaciskiem wy-jściowym 222, a wyjście obwodu odejmującego 219' jest połączone z zaciskiem wyjściowym 223.

Fig. 4 przedstawia koder i dekodek obrazów we-dług wynalazku, które działają na zasadzie prze-

kształcenia macierzowego, dla przypadku składowych obrazu o 2×2 punktach.

Próbki $x_{1,2p}$; $x_{1,2p+1}$;... obrazu składowego są doprowadzane do zacisku wejściowego 30 rejestru 31, który opóźnia przekazywanie próbek o okres czasu τ , odpowiadający okresowi czasu między dwoma kolejnymi próbkami. Zacisk wejściowy 30 i wyjście rejestru 31 są dołączone do obwodu sumującego 32 i do obwodu odejmującego 33, które to obwody 32, 33 wyprowadzają sygnały, odpowiadające sumie i różnicy dwóch kolejnych próbek ($x_{1,2p} \pm x_{1,2p+1}$). Wyjście obwodu sumującego 32 jest dołączone do rejestru 34, a wyjście obwodu odejmującego 33 jest dołączone do rejestru 35. Rejestry 35, 34 wprowadzają opóźnienie równe odpowiednio 2τ i 4τ . W momencie czasu, gdy rejestr 34 odbiera na swoim wejściu sygnał $u_{1,2p+2}$, z jego wyjścia wyprowadzany jest sygnał $u_{1,2p-2}$. Te dwa sygnały są doprowadzane do obwodu odejmującego 36, który wytwarza na swoim wyjściu sygnały postaci ($u_{1,2p+2} - u_{1,2p-2}$). Ten różnicowy sygnał doprowadzany jest następnie do obwodu 37 mnożącego przez α .

Sygnał postaci ($x_{1,2p} - x_{1,2p+1}$) doprowadzany do rejestru 35 jest opóźniany o 2τ , aby uczynić go towarzyszącym sygnałowi α ($u_{1,2p+2} - u_{1,2p-2}$), który jest wyprowadzany z obwodu mnożącego 37. Te dwa sygnały są sumowane w rejestrze sumującym 38 tak, iż kształtowany jest sygnał $u_{1,2p+1}$. Sygnały reprezentujące współczynniki $u_{1,2p}$ i $u_{1,2p+1}$ są zapamiętywane w pamięci 39 tak, iż współczynniki odpowiadające linii obrazu tworzą wiersz w pamięci 39. Następnie współczynniki są porządkowane w pamięci 39 w sposób, który zostanie objaśniony poniżej.

Drugi stopień, składający się z obwodów, oznaczonych liczbami od 40 do 49, ma budowę identyczną z budową pierwszego stopnia, składającego się z obwodów, oznaczonych liczbami od 30 do 39, z tą tylko różnicą, że obwód 45 wprowadza opóźnienie odpowiadające dwóm liniom, a obwód 44 — opóźnienie, odpowiadające 4 liniom. Zamiast generowania współczynników u , drugi stopień generuje współczynniki U . Obwody w dwóch stopniach, oznaczone liczbami, których ostatnie cyfry są jednakowe, są całkowicie identyczne — za wyjątkiem tych obwodów, które wprowadzają opóźnienie, jak było wyjaśnione wyżej.

W pamięci 49 znajduje się tyle współczynników U , ile jest punktów w obrazie, to znaczy na ile punktów rozkłada się obraz. Te współczynniki w pamięci 49 grupowane są w kwadraty. Jeśli nadany jest odpowiedni kierunek odejmowaniu, realizowanemu przez obwody odejmujące 33, 36, 43, 46, wówczas w kwadratach pamięci 49, współczynniki U grupowane są w sposób następujący: w górnym lewym kwadracie znajdują się współczynniki, mające postać $U_{i,j}$, jak przedstawia konfiguracja A na fig. 1, to jest takie współczynniki, które są funkcjami czterech punktów obrazu — równanie (10), w górnym prawym kwadracie znajdują się współczynniki, mające postać $U_{i,j+1}$, jak przedstawia konfiguracja B na fig. 1, to jest współczynniki, które są funkcjami dwunastu punktów obrazu — równanie (11), w dolnym lewym

kwadracie znajdują się współczynniki, mające postać $U_{i+1,j}$, jak przedstawia konfiguracja C na fig. 1, to jest takie współczynniki, które są funkcjami dwunastu punktów obrazu — równanie (12), a w dolnym prawym kwadracie znajdują się współczynniki postaci $U_{i+1,j+1}$, jak przedstawia konfiguracja D na fig. 1, to jest współczynniki, które są funkcjami trzydziestu sześciu punktów obrazu — równanie (13).

Sygnały U są doprowadzane do kompresora-zwielokrotniacza 101. Następnie są one przekazywane kanałem przesyłowym 100 do demultipleksora 102. Kompresor, wchodzący w skład kompresora-zwielokrotniacza 101, zagęszcza w sposób zróżnicowany sygnały, mające postacie A, B, C i D, przedstawione na fig. 1. Może on, na przykład, przesyłać z pewną liczbą bitów sygnały, mające postać A na fig. 1, z pewną mniejszą liczbą bitów sygnały, mające postacie B i C na fig. 1, i z jeszcze mniejszą liczbą bitów sygnały, mające postać D na fig. 1. Sygnały, mające postać D na fig. 1, w ogóle nie muszą być przesyłane. Kompresor może pracować na zasadzie, znanej z przypadku konwencjonalnego przekształcenia Hadamarda.

Współczynnik α określa się drogą eksperymentalną. Zgłaszający ustalił, że najlepsze wyniki są otrzymywane wówczas, gdy wartość α jest wybrana z zakresu wartości od 0,1 do 0,2. Wartość 0,125 przedstawia się szczególnie interesująco tak ze względu na otrzymywane wyniki, jak i ze względu na uproszczenie obliczeń numerycznych.

Dekoder zawiera, tak samo jak i koder, dwa identyczne stopnie opóźniające, którymi są rejestry. Przy tym pierwszy z tych rejestrów jest przyporządkowany dekodowaniu wierszy, a drugi — dekodowaniu kolumn. Zostanie tutaj opisany drugi stopień.

Pamięć 59 pierwszego stopnia jest wypełniona wierszami, a współczynniki są porządkowane tak, jak to będzie opisane. Sygnały postaci $u_{1,2p+2}$ są doprowadzane do wejścia rejestru przesuwającego 61, wprowadzającego opóźnienie τ oraz do obwodu odejmującego 63. Sygnały postaci $u_{1,2p+1}$ są wyprowadzane z rejestru 61 i doprowadzane do rejestru 62, wprowadzającego opóźnienie równe τ oraz do obwodu sumującego 65. Sygnały postaci $u_{1,2p}$ wyprowadzane z rejestru 62 są doprowadzane do obwodu sumującego 66, do obwodu odejmującego 68 i do rejestru przesuwającego 64, wprowadzającego opóźnienie równe 2τ . Sygnały postaci $u_{1,2p-2}$, wyprowadzane z rejestru przesuwającego 64, są doprowadzane do obwodu odejmującego 63, którego wyjście jest połączone z wejściem obwodu 67, mnożącego przez α . Wyjście obwodu mnożącego 67 jest połączone z wejściem obwodu sumującego 65, a wyjście tego ostatniego jest połączone z wejściem obwodu sumującego 66 i wejściem obwodu odejmującego 68. Wyjścia tych wymienionych na końcu obwodów są dołączone do pamięci 69, której wyjście 60 stanowi wyjście dekodera.

Na fig. 6A przedstawiony jest obraz, mający dwanaście punktów w jednej linii i dwanaście linii. Prostokąt T, obejmujący sześć próbek, prze-

suwa się wzdłuż wiersza, poczynając z pozycji $T_{0,0}$, w której to pozycji dwa punkty są zerowymi — z lewej zewnętrznej strony obrazu, w pozycję $T_{0,5}$, w której to pozycji zerowymi są dwa punkty z prawej zewnętrznej strony obrazu. Każdej pozycji prostokąta T w linii obrazu odpowiada wyprowadzenie dwóch współczynników wiersza transformaty, przedstawionej na fig. 6B. Te współczynniki są współczynnikami dwóch typów. Współczynniki pierwszego typu, przedstawione krótkimi białymi, niezakreskowanymi, są współczynnikami postaci $u_{1,2p}$, a współczynniki drugiego rodzaju, przedstawione kwadratami zakreskowanymi ukośnie, są współczynnikami postaci $u_{1,2p+1}$. Są to próbki, które zapisywane są w pamięci 39.

Przed tym, jak poddać transformację wierszową przekształceniu kolumnowemu, współczynniki postaci $u_{2r,2p+1}$ w macierzy, przedstawionej na fig. 6B, są wstawiane na miejsca współczynników $u_{2r+1,2p}$ i odwrotnie — współczynniki postaci $u_{2r+1,2p}$ są wstawiane na miejsca współczynników postaci $u_{2r,2p+1}$ tak, iż otrzymuje się macierz, przedstawioną na fig. 6C. Można powiedzieć inaczej, że macierz o wymiarze 12×12 (fig. 6B) rozczepia się na macierze o wymiarze 2×2 i że te macierze są macierzami transponowanymi (prze-

stawionymi). Takie uporządkowanie macierzy B , dokonywane w celu otrzymania macierzy C , pozwala na to, aby jako stopień kodujący dla kolumn był zastosowany stopień identyczny z tym, jaki jest stosowany do kodowania wierszy. Wracając do przypadku macierzy o wymiarze 6×6 próbek, odpowiadającej równaniu (9), stopień kodujący dla wierszy służy do przemnożenia każdej próbki wiersza, tworzącego macierz o wymiarze 1×6 , przez główną macierz-mnożnik o wymiarze 6×2 . Otrzymuje się w ten sposób macierz o wymiarze 1×2 dla każdego wiersza próbek. Wszystkie te macierze tworzą macierz wynikową o wymiarze 6×2 . Lecz po otrzymaniu tej macierzy 6×2 , to znaczy, gdy macierz środkowa i macierz stojąca po prawej stronie lewej części równania (9), zostają przemnożone, pozostaje wykonać następującą operację mnożenia wynikowej macierzy przez macierz, stojącą po lewej stronie w lewej części równania (9):

$$\begin{array}{c} \text{I} \\ \left[\begin{array}{cccccc} 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ -\alpha & -\alpha & 1 & -1 & \alpha & \alpha \end{array} \right] \times \\ \text{II} \\ \left[\begin{array}{cc} u_{1,2p} & u_{1,2p+1} \\ u_{1+1,2p} & u_{1+1,2p+1} \\ u_{1+2,2p} & u_{1+2,2p+1} \\ u_{1+3,2p} & u_{1+3,2p+1} \\ u_{1+4,2p} & u_{1+4,2p+1} \\ u_{1+5,2p} & u_{1+5,2p+1} \end{array} \right] \end{array} \quad (17)$$

Ta operacja mnożenia jest mnożeniem macierzy o wymiarze 2×6 przez macierz o wymiarze 6×2 , co daje macierz wynikową o wymiarze 2×2 . Jest

korzystnym przekształcenie macierzy współczynników „u” o wymiarze 6×2 — macierz II w wyrażeniu (17) — w macierz o wymiarze 2×6 i przekształceniu głównej macierzy-mnożnika o wymiarze 2×6 — macierz I w wyrażeniu (17) — w macierz o wymiarze 6×2 , ponieważ zapewnia się w ten sposób wykorzystanie tych samych algorytmów obliczania stosowanych w przekształceniu wierszowym dla przekształceń kolumnowych.

Mając na uwadze to, że transponowany iloczyn dwóch macierzy równy jest iloczynowi dwóch transponowanych macierzy-czynników, zamienionych miejscami, przychodzi się do wniosku, że wyrażenie (17) jest równoważne niżej przedstawionemu wyrażeniu (18), które jest otrzymane w sposób następujący: macierz I jest zastąpiona macierzą transponowaną I', a macierz II — macierzą transponowaną II' — przy jednoczesnej zmianie kierunku mnożenia.

$$\begin{array}{cc} \begin{array}{cc} u_{1,2p} & u_{1+1,2p} \\ u_{1,2p+1} & u_{1+1,2p+1} \end{array} & \begin{array}{cc} u_{1+2,2p} & u_{1+3,2p} \\ u_{1+2,2p+1} & u_{1+3,2p+1} \end{array} \\ \left[\begin{array}{cc} u_{1+4,2p} & u_{1+5,2p} \\ u_{1+4,2p+1} & u_{1+5,2p+1} \end{array} \right] \times \begin{array}{c} \begin{array}{c} 0-\alpha \\ 0-\alpha \\ 1 \quad 1 \\ 1-1 \\ 0 \quad \alpha \\ 0 \quad \alpha \end{array} \end{array} \quad (18)$$

Jeśli każda macierz składowa o wymiarze 2×2 w wyrażeniu (18), jest macierzą „u-współczynników” wyrażenia (17), to należy zaznaczyć, że te macierze są względem siebie macierzami transponowanymi (prze-

stawionymi). Przekształcenie, zastosowane w stosunku do macierzy, przedstawionej na fig. 6A, stosuje się teraz do macierzy, przedstawionej na fig. 6C, to znaczy prostokąt R , obejmujący sześć próbek, jest przemieszczany wzdłuż wiersza z pozycji $R_{0,0}$, w której to pozycji prostokąt R obejmuje dwie próbki zerowe przekształconego wiersza, próbki $u_{0,0}$ i $u_{1,0}$ oraz próbki $u_{2,0}$ i $u_{3,0}$ w pozycję $R_{5,0}$. Faktycznie, urządzenie obliczające, do którego wprowadzane są dane przy odczytywaniu wiersza z wierszem macierzy C , zatrzymuje dane dotyczące górnego i dolnego wiersza w pamięci wewnętrznej (pamięci 44 i 45 na fig. 4).

Gdy prostokąt R przemieszcza się wzdłuż wiersza parzystego (białe kwadraciki) macierzy C , są otrzymywane współczynniki postaci $u_{1,2p}$; $u_{1+1,2p}$. Współczynniki postaci $u_{1,2p+1}$; $u_{1+1,2p+1}$ są otrzymywane przy przemieszczeniu się prostokąta R wzdłuż wierszy nieparzystych — kwadraciki zakreskowane.

Macierz D jest otrzymywana przy wypełnianiu wiersza za wierszem współczynnikami różnych postaci, a mianowicie: współczynnikami postaci $u_{2r,2p}$, przedstawionymi jako kwadraciki czyste — niezakreskowane, współczynnikami postaci $u_{2r+1,2p}$, przedstawionymi jako kwadraciki zakreskowane ukośnie pod kątem 135° , współczynnikami postaci $u_{2r,2p+1}$, przedstawionymi jako kwadraciki zakreskowane ukośnie pod kątem 45° , oraz współczyn-

nikami postaci $U_{2r+1,2p+1}$, przedstawione jako kwadraciki zakreskowane poziomo. Należy zaznaczyć, że aby odtworzyć normalną konfigurację macierzy, należy dokonać przedstawienia elementarnych macierzy o wymiarze 2×2 dla współczynników U .

Fig. 5A przedstawia koder wierszowy dla wymiaru 4×4 , zawierający dwa stopnie 71, 72, mające taką samą budowę, co i pierwszy stopień 4 z fig. 4. Pierwszy stopień 71 pracuje z szybkością f , odbierając próbki obrazu i generując współczynniki postaci $u_{1,2p}$ i $u_{1,2p+1}$. Współczynniki $u_{1,2p+1}$ i $u_{1,2p}$ są wyprowadzane z wyjścia stopnia 71, przy czym współczynniki postaci $u_{1,2p}$ są doprowadzane do wejścia drugiego stopnia 72, identycznego z pierwszym stopniem 71, z tym jednak, że drugi stopień 72 pracuje z szybkością $f/2$.

Drugi stopień 72 generuje współczynniki $v_{1,4p}$ i $v_{1,4p+1}$. Przy tym w czasie jednego półokresu generuje on współczynniki $v_{1,4p+2} = u_{1,2p+1}$, a w czasie drugiego półokresu — współczynniki $v_{1,4p+3} = u_{1,2p+2}$. Współczynniki $v_{1,4p}$; $v_{1,4p+1}$; $v_{1,4p+2}$ i $v_{1,4p+3}$ są zapisywane w pamięci 79. W celu, aby wyprowadzić kompletną transformatę, zastosowany jest dwustopniowy koder kolumnowy, załączony za koderem wierszowym 71, 72.

Fig. 5B przedstawia dekodek wierszowy dla wymiaru 4×4 , składający się z dwóch stopni 81, 82, z których każdy jest zbudowany identycznie z drugim stopniem 6 na fig. 4. Pierwszy stopień 81 pracuje z szybkością $f/2$, otrzymując z pamięci 79 współczynniki transformaty postaci $v_{1,4p}$ i $v_{1,4p+3}$ i generując współczynniki postaci $u_{1,2p}$, przekazywane następnie do drugiego stopnia 82. Drugi stopień 82 pracuje z szybkością f . Współczynniki postaci $v_{1,4p+2}$ i $v_{1,4p+3}$ są doprowadzane z pamięci 79 do drugiego stopnia 82 tak, iż w czasie jednego półokresu doprowadzany jest jeden ze współczynników. Z wyjścia tego stopnia odbierane są próbki $x_{1,2p}$ i $x_{1,2p+1}$ obrazu rekonstruowanego. W celu wyprowadzania kompletnej transformaty, przed dekodek wierszowy 81, 82 załączony jest dwustopniowy dekodek kolumnowy. Załączenie kaskadowe a stopni wierszowych i b stopni kolumnowych pozwoli nam dokonywać przekształcania podobrazów, rozkładających się na $2^a \times 2^b$ punktów.

Zastrzeżenia patentowe

1. Koder — dekodek obrazu, wykorzystujący przekształcenie macierzowe z ważoną reprezentacją poszczególnych punktów obrazu w punktach transformaty, **znamienny tym**, że zawiera układ przeznaczony do wierszowego próbkowania obrazu, który ma być zakodowany, i do kształtowania z tych próbek macierzy kwadratowej, przyporządkowanej obrazowi, układ przeznaczony do rozszczepiania zbioru próbek otrzymanej macierzy kwadratowej przyporządkowanej obrazowi na wielką liczbę pierwszych wyjściowych macierzy składowych o wymiarze $3N \times 3N$, mających część środkową o wymiarze $N \times N$, układ przeznaczony do mnożenia każdej z pierwszych wyjściowych macierzy składowych przez pierwszą prostokątną macierz przekształcenia o wymiarze $N \times 3N$, ma-

jącą kwadratową część środkową, w której to części środkowej współczynniki są równe jedności, oraz boczne części kwadratowe, których niektóre ze współczynników są równe zeru, a pozostałe są równe wartości mniejszej od jedności, i do kształtowania pierwszych pośrednich macierzy o wymiarze $N \times 3N$, układ przeznaczony do mnożenia każdej z pierwszych pośrednich macierzy przez drugą prostokątną macierz przekształcenia o wymiarze $3N \times N$, która to druga macierz przekształcenia jest macierzą transponowaną względem pierwszej prostokątnej macierzy przekształcenia, i do kształtowania pierwszych wyjściowych macierzy o wymiarze $N \times N$, z których to wyjściowych macierzy każda macierz jest transformatą części środkowej jednej z pierwszych wyjściowych macierzy składowych, układ przeznaczony do kształtowania z pierwszych wyjściowych macierzy macierzy kwadratowej przyporządkowanej obrazowi zakodowanemu, układ przeznaczony do rozszczepiania zbioru współczynników tej kwadratowej macierzy przyporządkowanej obrazowi zakodowanemu na wielką liczbę drugich wyjściowych macierzy składowych o wymiarze $3N \times 3N$, mających części środkowe o wymiarze $N \times N$, układ przeznaczony do mnożenia każdej z drugich wyjściowych macierzy składowych przez trzecią prostokątną macierz przekształcenia o wymiarze $N \times 3N$, mającą kwadratową część środkową, w której to części środkowej współczynniki są równe jedności, oraz dwie kwadratowe części boczne, w których niektóre współczynniki są równe zeru, a pozostałe — uprzednio ustalonej liczbie mniejszej od jedności, i do kształtowania drugich pośrednich macierzy o wymiarze $N \times 3N$, układ przeznaczony do mnożenia każdej z drugich pośrednich macierzy przez czwartą prostokątną macierz przekształcenia o wymiarze $3N \times N$, która to czwarta macierz przekształcenia jest macierzą transponowaną względem trzeciej prostokątnej macierzy przekształcenia, i do kształtowania drugich macierzy, wyjściowym o wymiarze $N \times N$, z których to drugich macierzy wyjściowych każda jest transformatą części środkowej jednej z drugich wyjściowych macierzy składowych, oraz układ przeznaczony do kształtowania z drugich wyjściowych macierzy macierzy kwadratowej przyporządkowanej obrazowi zdekodowanemu.

2. Koder — dekodek według zastrz. 1, **znamienny tym**, że N jest mocą równą 2, a części środkowe pierwszej, drugiej, trzeciej i czwartej prostokątnych macierzy przekształcania są macierzami Hadamard'a.

3. Koder — dekodek według zastrz. 1, **znamienny tym**, że N jest mocą równą 2, a części środkowe pierwszej, drugiej, trzeciej i czwartej prostokątnych macierzy przekształcania są macierzami Haar'a.

4. Koder — dekodek według zastrz. 1, **znamienny tym**, że $N=2$, a układ do mnożenia każdej z pierwszych wyjściowych macierzy składowych przez pierwszą prostokątną macierz przekształcenia o wymiarze 2×2 , mającą kwadratową część środkową, której to części środkowej współczynniki są równe jedności, a dwie kwadratowe części

boczne mają niektóre współczynniki równe zeru, a pozostałe — uprzednio ustalonej wartości mniejszej od jedności, zawiera zespół do rozszczepiania zbioru próbek każdego wiersza każdej z pierwszych wejściowych macierzy składowych na grupę środkową, składającą się z dwóch próbek, i na dwie boczne grupy, z których każda grupa zawiera dwie próbki, pierwszy obwód sumująco-odejmujący, przeznaczony do kształtowania sumy i różnicy próbek grupy środkowej, obwód mnożąco-sumujący, przeznaczony do mnożenia próbek bocznych grup przez uprzednio ustaloną liczbę mniejszą od jedności, i do kształtowania sum przemnożonych próbek każdej grupy bocznej, drugi obwód sumująco-odejmujący, przeznaczony do kształtowania różnicy sum przemnożonych próbek dwóch grup bocznych i do kształtowania sumy tej różnicy i różnicy próbek grupy środkowej, przy czym sygnały wytworzone przez pierwszy i drugi obwody sumująco-odejmujące są sygnałami, kształtującymi pierwszą macierz pośrednią, zespół do rozszczepiania zbioru współczynników każdego wiersza każdej z pierwszych macierzy pośrednich na grupę środkową, zawierającą dwa współczynniki, i na dwie grupy boczne, składające się każda z dwóch współczynników, trzeci obwód sumująco-odejmujący, przeznaczony do kształtowania sumy i różnicy współczynników macierzy pośredniej, należących do grupy środkowej macierzy pośredniej, obwód mnożąco-odejmujący, przeznaczony do mnożenia współczynników pośrednich grup bocznych przez uprzednio ustaloną liczbę mniejszą od jedności, i do kształtowania sum przemnożonych współczynników pośrednich każdej z grup bocznych, czwarty obwód sumująco-odejmujący, przeznaczony do kształtowania różnicy sum przemnożonych współczynników pośrednich dwóch grup bocznych, i do kształtowania sumy tej różnicy i różnicy współczynników pośrednich grup środkowych, przy czym sygnały wytwarzane przez trzeci i czwarty obwody sumująco-odejmujące są sygnałami, kształtującymi próbki zakodowanego obrazu.

5. Koder — dekodery według zastrz. 1, **znamienny tym**, że $N=2$, a układ do mnożenia każdej z drugich wejściowych macierzy składowych przez trzecią prostokątną macierz przekształcenia o wymiarze 2×6 , mającą kwadratową część środ-

kową, której współczynniki są równe jedności, i dwie części boczne, których pewne współczynniki są równe zeru, pozostałe — uprzednio ustalonej liczbie mniejszej od jedności, zawiera zespół do rozszczepiania zbioru próbek każdego wiersza każdej z drugich wejściowych macierzy składowych na grupę środkową, składającą się z dwóch próbek i dwie grupy boczne, z których każda zawiera po dwie próbki, pierwszy obwód sumująco-odejmujący, przeznaczony do kształtowania sumy i różnicy próbek grupy środkowej, obwód mnożąco-sumujący, przeznaczony do mnożenia każdej pojedynczej próbki każdej grupy bocznej przez uprzednio ustaloną liczbę mniejszą od jedności, i do kształtowania różnicy przemnożonych próbek, drugi obwód sumująco-odejmujący, przeznaczony do kształtowania sumy, której składnikami są suma próbek grupy środkowej i różnica przemnożonych próbek grup bocznych oraz różnicy między różnicą próbek grupy środkowej i różnicą przemnożonych próbek grup bocznych, przy czym sygnały wytwarzane przez drugi obwód sumująco-odejmujący są sygnałami, kształtującymi współczynniki drugiej macierzy pośredniej, zespół do rozszczepiania zbioru współczynników każdego wiersza każdej z drugich macierzy pośrednich na grupę środkową, składającą się z dwóch współczynników, i dwie grupy boczne, z których każda składa się z dwóch współczynników, trzeci obwód sumująco-odejmujący, przeznaczony do kształtowania sumy i różnicy współczynników pośrednich grupy środkowej, obwód mnożąco-odejmujący, przeznaczony do mnożenia każdego pojedynczego współczynnika pośredniego każdej grupy bocznej przez uprzednio ustaloną liczbę mniejszą od jedności, i do kształtowania różnicy tych przemnożonych współczynników pośrednich, czwarty obwód sumująco-odejmujący, przeznaczony do kształtowania sumy, której składnikami są suma współczynników pośrednich grupy środkowej i różnica współczynników pośrednich grup bocznych oraz różnicy między różnicą współczynników pośrednich grup bocznych i różnicą przemnożonych współczynników pośrednich grup bocznych, przy czym sygnały wytworzone przez czwarty obwód sumująco-odejmujący są sygnałami, kształtującymi próbki zdekodowanego obrazu.

FIG.1

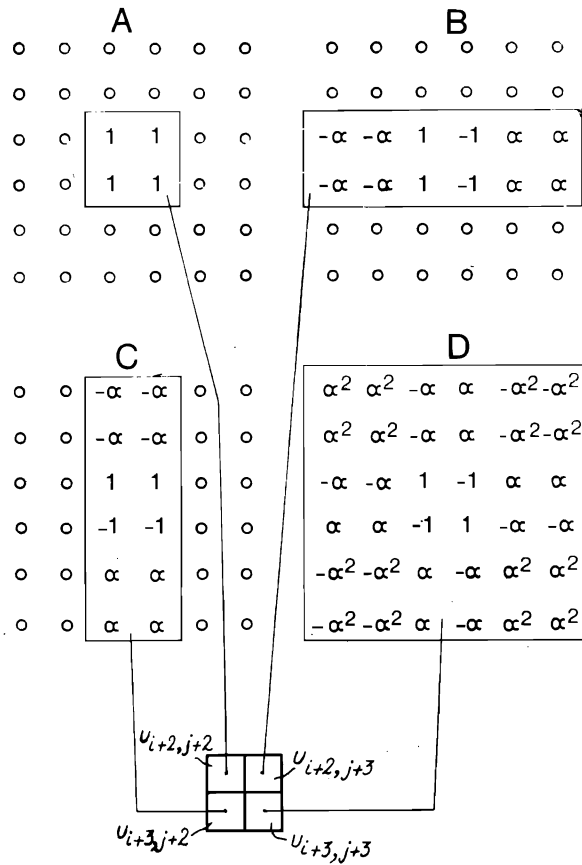


FIG.2A

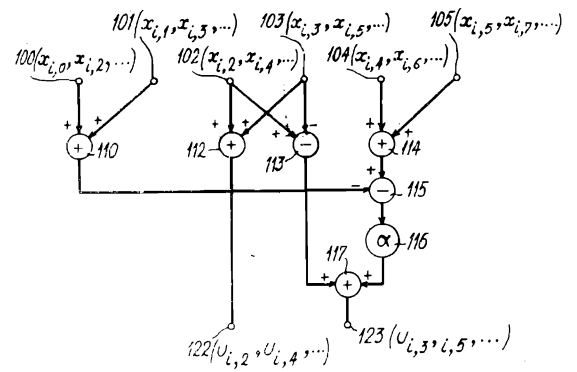


FIG.2B

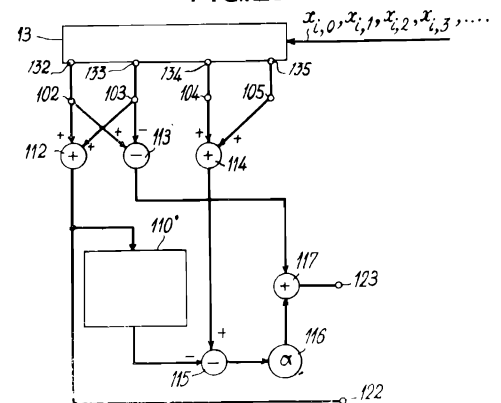


FIG.3A

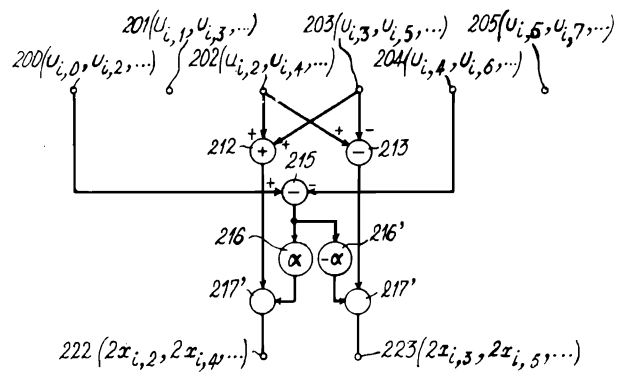


FIG.3B

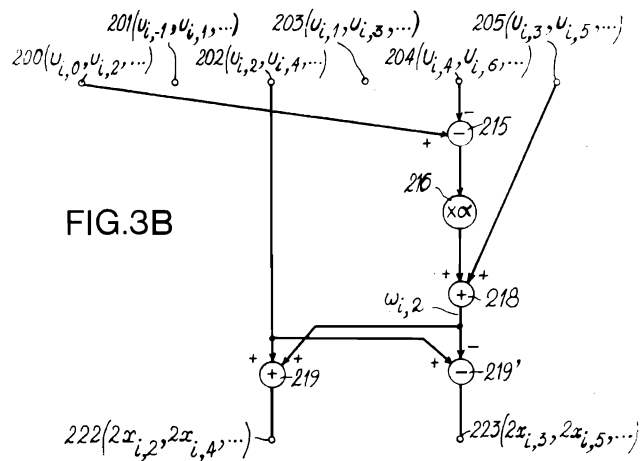


FIG.4

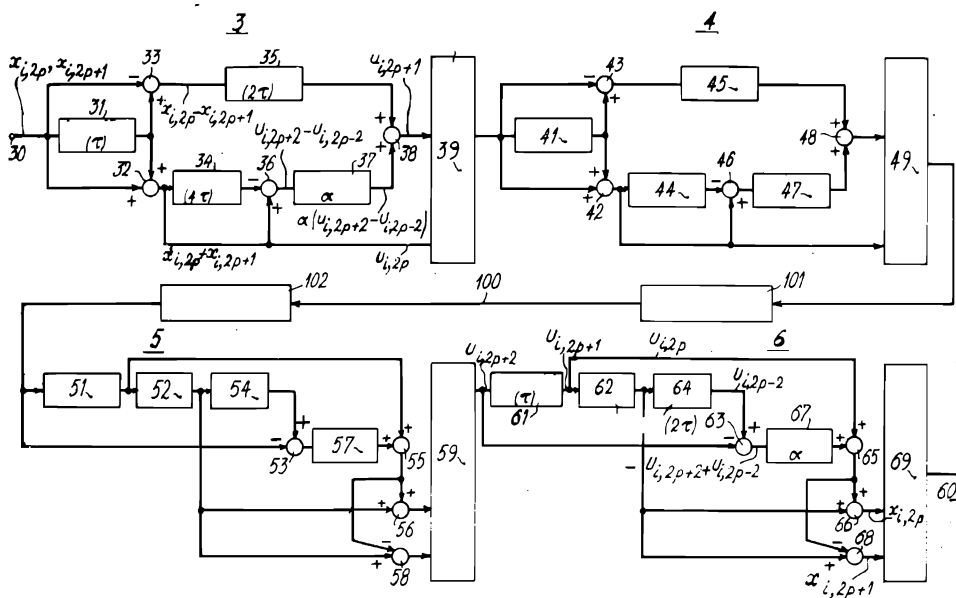


FIG. 5A

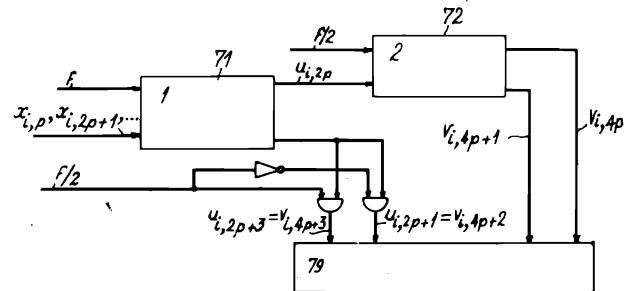


FIG. 5B

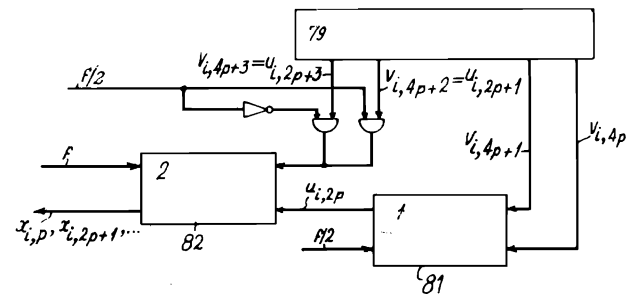


FIG. 6A

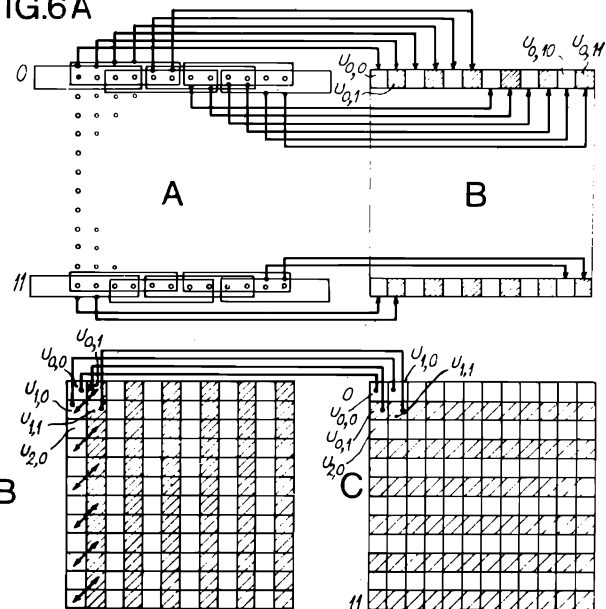


FIG. 6B

FIG.6C

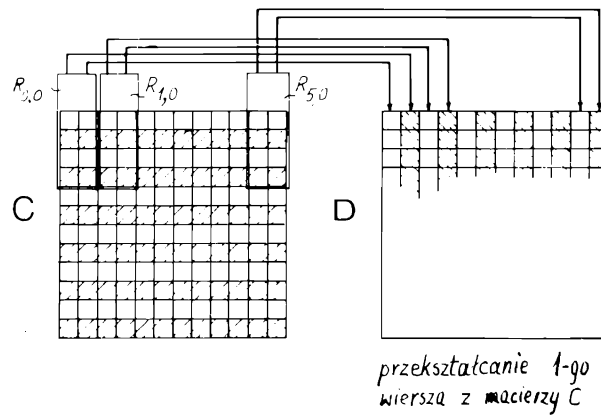


FIG.6D

