



MD 3736 C2 2008.10.31

REPUBLICA MOLDOVA



(19) Agenția de Stat
pentru Proprietatea Intelectuală

(11) 3736 (13) C2
(51) Int. Cl.: G06T 1/40 (2006.01)

(12) BREVET DE INVENȚIE

<p>(21) Nr. depozit: a 2006 0195 (22) Data depozit: 2006.07.24 (41) Data publicării cererii: 2008.03.31, BOPI nr. 3/2008</p>	<p>(45) Data publicării hotărării de acordare a brevetului: 2008.10.31, BOPI nr. 10/2008</p>
<p>(71) Solicitanți: MARDARE Igor, MD; LABUNET Alexandru, MD (72) Inventatori: MARDARE Igor, MD; LABUNET Alexandru, MD (73) Titulari: MARDARE Igor, MD; LABUNET Alexandru, MD</p>	

(54) Procesor intelectual pe bază de memorie asociativă pentru restabilirea imaginii (variante)

(57) Rezumat:

1

2

Invenția se referă la domeniul rețelelor neuronale și poate fi aplicată la restabilirea și perceperea imaginilor.

Procesorul intelectual pe bază de memorie asociativă pentru restabilirea imaginii, conform primei variante, este constituit din memorie asociativă Hopfield, o rețea neuronală Kohonen și memorie de tip von Neumann. Conform variantei a doua, procesorul este constituit din memorie asociativă Hopfield și o succesiune nouă de rețele perceptron expander. Conform variantei a treia, procesorul este constituit din memorie asociativă

5 Hopfield și o nouă succesiune de rețele perceptron expander – memorie asociativă Hopfield. Conform variantei a patra, procesorul este constituit din memorie asociativă Hopfield și un nou perceptron compander.

10 Rezultatul invenției constă în restabilirea și perceperea imaginilor.

Revendicări: 4

Figuri: 6

15

MD 3736 C2 2008.10.31

Descriere:

Invenția se referă la domeniul rețelelor neuronale și poate fi aplicată la restabilirea și perceperea imaginilor.

5 Este cunoscută rețeaua neuronală Hamming, ce reprezintă o memorie asociativă (în continuare memorie asociativă Hamming), care poate fi considerată cel mai simplu procesor intelectual pe bază de memorie asociativă pentru restabilirea imaginilor (în continuare procesor intelectual), ce aplică la ieșire acea imagine memorizată, a cărei distanță Hamming față de imaginea aplicată la intrare, este mai mică, astfel, se realizează restabilirea propriu-zisă a imaginii adevărate x_c , pe baza imaginii denaturate \tilde{x}_{ci} , unde indicii au următoarea semnificație:

10 \sim – imaginea este denaturată;
 c – numărul clasei de obiecte;
 i – numărul imaginii din clasa c .

Dezavantajul memoriei asociative Hamming constă în aceea că rețeaua dată generează la ieșire numărul asociației și nu însăși asociația, imaginea, și că poate realiza asocieri doar în limitele unei
 15 singure clase de obiecte [1].

Mai este cunoscută memoria asociativă Hopfield ce permite restabilirea propriu-zisă a imaginii adevărate x_c , pe baza imaginii denaturate \tilde{x}_{ci} , care reprezintă un fragment al imaginii adevărate sau imaginea adevărată cu zgomot, iar dacă pragul de coincidență T cu orice imagine adevărată x_1, x_2, \dots, x_c , păstrată în memoria asociativă este mai mic ca cel stabilit, rețeaua constată incoincidența
 20 imaginii denaturate cu nici una din imaginile adevărate [2].

Dezavantajul memoriei asociative Hopfield constă în aceea că, ea poate realiza asocieri A_c doar în limitele unei clase de obiecte, deoarece rețeaua nu poate modifica numărul parametrilor, genera sau lichida unii parametri neechivalenți x_i , ce descriu obiectul denaturat, mărimea vectorului de ieșire este egală cu mărimea vectorului de intrare. Prima asociere o vom numi asociere de nivelul
 25 întâi, cea de a doua – de nivelul doi. Reiesă că rețeaua dată realizează numai restabilirea propriu-zisă a imaginii și nu permite restabilirea imaginii după modelul creierului uman, adică, realizarea unui lanț de asocieri. De exemplu, un fragment muzical poate fi asociat cu întreaga operă muzicală, restabilire propriu-zisă, asocierea de nivelul întâi, iar opera muzicală, la rândul său, poate fi asociată cu concertul la care ea a fost auzită pentru prima dată, asociere de nivelul doi, între clase de obiecte.

30 Problema pe care o rezolvă prezenta invenție este realizarea asocierilor între clase de obiecte.

Procesorul, conform primei variante a invenției, constă din memorie asociativă Hopfield. Noutatea constă în aceea că procesorul conține suplimentar o rețea neuronală Kohonen, intrările
 35 căreia sunt conectate cu ieșirile memoriei asociative Hopfield, astfel încât numărul de intrări ale rețelei neuronale Kohonen este egal cu numărul de ieșiri ale memoriei asociative Hopfield, și o memorie de tip von Neumann, intrările căreia sunt conectate cu ieșirile rețelei neuronale Kohonen.

Procesorul, conform variantei a doua a invenției, constă din memorie asociativă Hopfield. Noutatea constă în aceea că procesorul conține suplimentar percepștroni esponder în două straturi, numărul cărora

$$40 \quad N_{\text{per_es}} = N_{\text{as}} - 1, \quad (1)$$

unde N_{as} este numărul asocierilor pentru realizare, intrările fiecărui percepștron esponder sunt conectate cu ieșirile percepștronului esponder anterior, primul percepștron esponder este conectat cu ieșirile memoriei asociative Hopfield, iar numărul de ieșiri ale fiecărui percepștron esponder este mai mare ca numărul lui de intrări și egal cu numărul de parametri ce descriu obiectul asociat.

45 Procesorul, conform variantei a trei a invenției, constă din memorie asociativă Hopfield. Noutatea constă în aceea că procesorul conține suplimentar o succesiune de rețele percepștron esponder – memorie asociativă Hopfield, numărul cărora

$$50 \quad N_{\text{PE-MAH}} = N_{\text{as}} - 1, \quad (2)$$

unde N_{as} este numărul asocierilor pentru realizare, intrările fiecărei rețele percepștron esponder – memorie asociativă Hopfield sunt conectate cu ieșirile rețelei percepștron esponder – memorie asociativă Hopfield anterioare, prima rețea percepștron esponder – memorie asociativă Hopfield este conectată cu ieșirile primei memorii asociative Hopfield, iar numărul de ieșiri ale fiecărei rețele percepștron esponder – memorie asociativă Hopfield este mai mare ca numărul ei de intrări și egal cu numărul de parametri ce descriu obiectul asociat.

55 Procesorul, conform variantei a patra a invenției, constă din memorie asociativă Hopfield. Noutatea constă în aceea că procesorul conține suplimentar un percepștron compander, intrările căruia sunt conectate la ieșirile memoriei asociative Hopfield, numărul de intrări ale percepștronului compander este egal cu numărul de ieșiri ale memoriei asociative Hopfield, iar numărul de ieșiri ale percepștronului este mai mic ca numărul lui de intrări.

Rezultatul invenției constă în restabilirea și perceperea imaginilor.

MD 3736 C2 2008.10.31

4

Invenția se explică prin desenele din fig. 1...6, care reprezintă:

- fig. 1, rețea neuronală ce conține o memorie asociativă Hopfield, o rețea neuronală Kohonen și o memorie de tip von Neumann;

5 - fig. 2, rețea neuronală ce conține o memorie asociativă Hopfield și o succesiune de perceptroni expander;

- fig. 3, rețea neuronală ce conține o memorie asociativă Hopfield și o succesiune de rețele perceptron expander – memorie asociativă Hopfield;

- fig. 4, rețea neuronală ce conține o memorie asociativă Hopfield și un perceptron compander;

- fig. 5, exemplu de defectare a imaginii cinescopului;

10 - fig. 6, exemplu de asociere a mai multor obiecte cu un singur obiect.

Rețeaua neuronală din varianta I funcționează în modul următor. Memoria asociativă Hopfield 1 găsește asociația de nivelul întâi a obiectelor \tilde{x}_{ci} și x_c , de aceeași clasă $x_c = A_c(\tilde{x}_{ci})$, ceea ce

semnifică că în procesul de restabilire a imaginii are loc corecția parametrilor echivalenți ai imaginii denaturate $\tilde{x}_{ci} = (\hat{x}_{ci1}, \hat{x}_{ci2}, \dots, \hat{x}_{cik})$, ce sunt aduse până la valorile ce corespund imaginii

15 adevărate $x_c = (\hat{x}_{c1}, \hat{x}_{c2}, \dots, \hat{x}_{ck})$, unde $\hat{x}_{ci1} = \hat{x}_{c1}, \hat{x}_{ci2} = \hat{x}_{c2}, \dots, \hat{x}_{cik} = \hat{x}_{ck}$, adică, se

înlătură defectele imaginii \tilde{x}_{ci} . În rețeaua neuronală Kohonen 2 neuronii concurează între ei pentru dreptul de a reflecta cât mai reușit vectorul de intrare x_c (vectorul de ieșire al memoriei asociative Hopfield). Câștigă acel neuron, al cărui vector de ponderi v_{mk} este mai aproape de vectorul de intrare. Vectorul de ieșire al rețelei Kohonen:

20
$$y_k = x_c \cdot v_{mk} \quad (3)$$

- reprezintă codul ce corespunde adresei pe care se păstrează imaginea adevărată.

Vectorii imaginilor adevărate x_1, x_2, \dots, x_c ce conțin parametrii echivalenți \hat{x}_k și neechivalenți x_k

se păstrează într-o memorie aparte de tip von Neumann 3, cu adresare după codul y_k format de rețeaua neuronală Kohonen. Astfel, rețeaua neuronală Kohonen găsește asociațiile de nivelul doi. Instruirea memoriei asociative Hopfield și a rețelei neuronale Kohonen se efectuează după metode cunoscute, luându-se în considerație faptul că, vectorii de ieșire ai memoriei asociative Hopfield reprezintă setul vectorilor de instruire pentru rețeaua neuronală Kohonen.

Exemplu.

30 Punem următoarea sarcină: aplicând la intrările procesorului intelectual imaginea denaturată a cinescopului, să obținem la ieșire imaginea obiectului cărui îi aparține cinescopul dat, fie radar, televizor sau calculator (fig. 5). Instruim memoria asociativă Hopfield astfel ca să păstreze cele trei imagini (vectori de parametri) adevărate: a cinescopului de radar, de televizor și calculator, iar rețeaua neuronală Kohonen o instruim astfel încât la aplicarea la intrările ei a uneia din cele trei

35 imagini ale cinescopului, la ieșire să genereze un vector unic. Vectorul generat de rețeaua neuronală Kohonen reprezintă adresa pe care se păstrează imaginea adevărată (a radarului, televizorului sau calculatorului) în memoria von Neumann.

Dacă vom aplica la intrările memoriei asociative Hopfield imaginea denaturată a cinescopului de radar, la ieșirile memoriei asociative Hopfield vom obține imaginea adevărată a acestui cinescop. La rândul său, rețeaua neuronală Kohonen având la intrare imaginea cinescopului de radar, va genera la ieșire adresa pe care se păstrează imaginea adevărată a radarului, în memoria von Neumann, iar pe șina de date a memoriei von Neumann $d_1 \dots d_q$ vom obține imaginea însăși a radarului (vectorul de parametri al radarului).

40 Analog și în cazul aplicării la intrările procesorului intelectual a imaginii denaturate a cinescopului de calculator sau televizor. La ieșirile procesorului intelectual vom obține imaginea adevărată a calculatorului sau televizorului.

Varianta dată a procesorului intelectual realizează asocieri de desfășurare – cand un obiect poate fi asociat cu mai multe obiecte.

Rețeaua neuronală din varianta II funcționează în modul următor. Memoria asociativă Hopfield 1 pentru obiectul denaturat, de exemplu de clasa întâi \tilde{x}_{1i} , găsește obiectul adevărat x_1 din această

50 clasă (asociație de nivelul întâi), iar perceptronul instruit 4 cu structură în două straturi, prin generarea proprietăților suplimentare ale obiectului x_1 , generează un nou obiect asociat, adevărat, de altă clasă, de exemplu, de clasa a doua x_2 (asociație de nivelul doi). Obiectul de clasa doi x_2 , apare datorită generării pe baza vectorului de parametri echivalenți \hat{x}_k , ce descriu obiectul asociat x_1 (de

la ieșirea memoriei asociative Hopfield), a vectorului de parametri neechivalenți x_k . Atunci, obiectul de a doua clasă x_2 , determinat de P parametri, este descris de vectorul de ieșire al primului

55

MD 3736 C2 2008.10.31

5

perceptron $\hat{x}_p = \hat{x}_k + x_k$. Astfel, perceptronul în două straturi îndeplinește funcția de expander al proprietăților obiectelor. Pentru găsirea următorului obiect asociat, adevărat, este nevoie de un perceptron expander suplimentar 5. Pentru găsirea obiectului asociat, adevărat, de clasa $C x_c$, descris de R parametri $\hat{x}_r = \hat{x}_p + x_p$ (asociație de nivelul C), avem nevoie de $C-1$ perceptroni expander.

- 5 În perceptron, ca funcție de activare a fiecărui neuron g poate fi aleasă funcția sigmoidală sau funcția tangentei hiperbolice. Instruirea memoriei asociative Hopfield și a perceptrunilor expander se efectuează după metode cunoscute, luându-se în considerație faptul că setul vectorilor de instruire pentru primul perceptron expander 4 constă din vectorii de ieșire x_1, x_2, \dots, x_c ai memoriei asociative Hopfield 1, ce reprezintă asociații de nivelul întâi, și un vector etalon, ce reprezintă imaginea asociată, adevărată, de nivelul doi. Astfel, primul perceptron expander memorizează imaginile asociate adevărate de nivelul doi sub formă de vector de ponderi $v_c = (v_{11}, v_{12}, \dots, v_{pk})$. La instruirea fiecărui următor perceptron expander c , setul vectorilor de instruire constă din vectorii de ieșire ai perceptronului expander anterior $c-1$, și imaginea etalon, ce reprezintă imaginea asociată adevărată de nivelul c . Astfel, fiecare al c -lea perceptron expander memorizează imaginile asociate adevărate de nivelul c sub formă de vector de coeficienți de ponderi $e_c = (e_{11}, e_{12}, \dots, e_{rp})$. Toți perceptronii expander sunt instruiți astfel ca să găsească asociații între obiecte de diferite clase, adică, exercită funcția memoriei asociative.

Exemplu.

- 20 Examinăm sarcina de sus și pentru varianta dată a procesorului intelectual de restabilire a imaginii.

Instruim memoria asociativă Hopfield astfel ca să păstreze cele trei imagini (vectori de parametri) adevărate: a cinescopului de radar, de televizor și de calculator.

Determinăm numărul necesar de perceptroni expander. În cazul dat avem un lanț de două asocieri:

- 25 cinescop denaturat - > cinescop adevărat
cinescop adevărat - > radar, televizor sau calculator
Conform relației 1, numărul necesar de perceptroni expander este:

$$N_{\text{per_es}} = N_{\text{as}} - 1 = 2 - 1 = 1 \quad (4)$$

- 30 Perceptronul expander îl instruiem astfel ca pentru vectorul de parametri adevărat a cinescopului de radar, televizor sau calculator să generează la ieșiri un vector ce conține și parametri noi, neechivalenți, ce caracterizează însăși radarul, televizorul sau calculatorul, adică să genereze la ieșiri imaginea adevărată a radarului, televizorului sau calculatorului.

- 35 Aplicând la intrările memoriei asociative Hopfield imaginea denaturată a cinescopului de radar, la ieșirile memoriei asociative Hopfield vom obține imaginea adevărată a acestui cinescop. La rândul său, perceptronul expander va genera la ieșire un vector de parametri ce conține și parametri noi, neechivalenți, ce caracterizează radarul, adică, imaginea adevărată a radarului.

- 40 Analog și în cazul aplicării la intrările procesorului intelectual a imaginii denaturate a cinescopului de calculator sau televizor. La ieșirile procesorului intelectual vom obține imaginea adevărată a calculatorului sau televizorului. Varianta dată a procesorului intelectual realizează asocieri de desfășurare.

- 45 Rețeaua neuronală din varianta III funcționează în același mod ca și rețeaua neuronală din varianta II, deosebirea constând în faptul că pentru instruirea fiecărui perceptron expander în calitate de obiect etalon nu este neapărată utilizarea imaginii adevărate a obiectului, este suficientă doar imaginea lui apropiată, adică, o imagine denaturată a clasei date de obiecte, deoarece, memoria asociativă Hopfield 6, fiind instruită, este aptă să genereze la ieșire imaginea adevărată pentru imaginea denaturată aplicată la intrare.

Exemplu.

- 50 Examinăm sarcina de sus și pentru varianta dată a procesorului intelectual de restabilire a imaginii.

Instruim memoria asociativă Hopfield astfel ca să păstreze cele trei imagini (vectori de parametri) adevărate: a cinescopului de radar, de televizor și de calculator.

Determinăm numărul necesar de rețele perceptron expander – memorie asociativă Hopfield. În cazul dat avem un lanț din două asocieri:

- 55 cinescop denaturat - > cinescop adevărat
cinescop adevărat - > radar, televizor sau calculator
Conform relației 2, numărul necesar de perceptroni expander este:

$$N_{\text{PE_MAN}} = N_{\text{as}} - 1 = 2 - 1 = 1 \quad (5)$$

MD 3736 C2 2008.10.31

6

La instruirea perceptronului esponder ținem cont de faptul că, în calitate de obiect etalon nu este neapărată utilizarea imaginii adevărate a obiectului, ci este suficientă doar imaginea lui apropiată, adică, o imagine denaturată a clasei date de obiecte.

5 Memoria asociativă Hopfield ce urmează după perceptronul esponder o instruiem astfel ca să păstreze imaginea adevărată a radarului, televizorului și calculatorului.

Aplicând la intrările procesorului intelectual, adică, a memoriei asociative Hopfield imaginea denaturată a cinescopului, la ieșirile ei vom obține imaginea adevărată a acestui cinescop. La rândul său, perceptronul esponder va genera la ieșire un vector de parametri denaturat, ce conține și parametri noi, neechivalenți, ce caracterizează radarul, adică, imaginea denaturată a radarului. 10 Imaginea obținută este denaturată deoarece la instruirea perceptronului esponder în calitate de imagini etalon s-au folosit imagini denaturate. La rândul său, memoria asociativă Hopfield, ce urmează după perceptronul esponder, având la intrări imaginea denaturată a radarului, va genera la ieșire imaginea lui adevărată.

15 Analog și în cazul aplicării la intrările procesorului intelectual a imaginii denaturate a cinescopului de calculator sau televizor. La ieșirile procesorului intelectual vom obține imaginea adevărată a calculatorului sau televizorului. Acest procesor intelectual realizează asocieri de desfășurare.

Rețeaua neuronală din varianta IV funcționează în modul următor. Memoria asociativă Hopfield 1 pentru obiectul denaturat, de exemplu de clasa întâi \tilde{x}_{1i}^1 , găsește obiectul adevărat x_1 din această 20 clasă (asociație de nivelul întâi), iar perceptronul compander 7, cu structură în două straturi, prin lichidarea unor parametri \hat{x}_k' din vectorul de parametri echivalenți \hat{x}_k , generează la ieșire obiectul asociat adevărat (asociație de nivelul doi). Obiectul asociat adevărat, generat la ieșirile perceptronului compander, determinat de P parametri, $P < K$, este descris de vectorul de parametri echivalenți $\hat{x}_p = \hat{x}_k - \hat{x}_k'$. Astfel, perceptronul în două straturi îndeplinește funcția de 25 compander al parametrilor obiectelor. Instruirea memoriei asociative Hopfield și a perceptronului compander se efectuează după metode cunoscute, luându-se în considerație faptul că setul vectorilor de instruire pentru perceptronul compander 6 constă din vectorii de ieșire ai memoriei asociative Hopfield 1, ce reprezintă asociații de nivelul întâi, și un vector etalon, ce reprezintă imaginea asociată, adevărată, de nivelul doi.

30 Exemplu.

Fie că este necesar de a realiza următoarea asociație de înfășurare (când mai multe obiecte sunt asociate cu un singur obiect):

Cameră video denaturată - > televizor

Antenă denaturată - > televizor

35 Antenă parabolică denaturată - > televizor

adică, de a realiza asocieri direcționate spre un obiect, în cazul nostru – televizorul (fig. 6).

Memoria asociativă o astfel ca să păstreze imaginea adevărată a camerei video, a antenei și a antenei parabolice, iar perceptronul compander prin lichidarea unor parametri din vectorul de parametri echivalenți îl instruiem să genereze la ieșire obiectul asociat adevărat – imaginea 40 televizorului.

Aplicând la intrările procesorului intelectual imaginea denaturată a camerei video, la ieșirile memoriei asociative Hopfield vom obține imaginea ei adevărată. La rândul său, perceptronul compander lichidând unii parametri echivalenți va genera la ieșire imaginea televizorului. Analogic și în cazul aplicării la intrările procesorului intelectual al imaginii denaturate a antenei sau a antenei 45 parabolice. Procesorul intelectual va genera la ieșire imaginea adevărată a televizorului.

MD 3736 C2 2008.10.31

7

(57) Revendicări:

1. Procesor intelectual pe bază de memorie asociativă pentru restabilirea imaginii, care constă din memorie asociativă Hopfield, **caracterizat prin aceea că** suplimentar conține o rețea neuronală Kohonen, intrările căreia sunt conectate cu ieșirile memoriei asociative Hopfield, astfel încât numărul de intrări ale rețelei neuronale Kohonen este egal cu numărul de ieșiri ale memoriei asociative Hopfield, și o memorie de tip von Neumann, intrările căreia sunt conectate cu ieșirile rețelei neuronale Kohonen.
2. Procesor intelectual pe bază de memorie asociativă pentru restabilirea imaginii, care constă din memorie asociativă Hopfield, **caracterizat prin aceea că** suplimentar conține o succesiune de perceptroni expander în două straturi, numărul cărora $N_{per_es}=N_{as}-1$, unde N_{as} este numărul asocierilor pentru realizare, intrările fiecărui perceptron expander sunt conectate cu ieșirile perceptronului expander anterior, primul perceptron expander este conectat cu ieșirile memoriei asociative Hopfield, iar numărul de ieșiri ale fiecărui perceptron expander este mai mare ca numărul lui de intrări și egal cu numărul de parametri ce descriu obiectul asociat.
3. Procesor intelectual pe bază de memorie asociativă pentru restabilirea imaginii, care constă din memorie asociativă Hopfield, **caracterizat prin aceea că** suplimentar conține o succesiune de rețele perceptron expander – memorie asociativă Hopfield, numărul cărora $N_{PE_MAH}=N_{as}-1$, unde N_{as} este numărul asocierilor pentru realizare, intrările fiecărei rețele perceptron expander – memorie asociativă Hopfield sunt conectate cu ieșirile rețelei perceptron expander – memorie asociativă Hopfield anterioare, prima rețea perceptron expander – memorie asociativă Hopfield este conectată cu ieșirile primei memorii asociative Hopfield, iar numărul de ieșiri ale fiecărei rețele perceptron expander – memorie asociativă Hopfield este mai mare ca numărul ei de intrări și egal cu numărul de parametri ce descriu obiectul asociat.
4. Procesor intelectual pe bază de memorie asociativă pentru restabilirea imaginii, care constă din memorie asociativă Hopfield, **caracterizat prin aceea că** suplimentar conține un perceptron compander, intrările căruia sunt conectate la ieșirile memoriei asociative Hopfield, numărul de intrări ale perceptronului compander este egal cu numărul de ieșiri ale memoriei asociative Hopfield, iar numărul de ieșiri ale perceptronului este mai mic ca numărul lui de intrări.

(56) Referințe bibliografice:

1. Mardare I. Robototehnica. Inteligența artificială: Manual pentru studenții instituțiilor superioare de învățământ, Chișinău, ELAN POLIGRAF, 2006, p. 218-220
2. Mardare I. Robototehnica. Inteligența artificială: Manual pentru studenții instituțiilor superioare de învățământ, Chișinău, ELAN POLIGRAF, 2006, p. 170-171

Șef Secție:	SĂU Tatiana
Examinator:	GHIMZA Alexandru
Redactor:	UNGUREANU Mihail

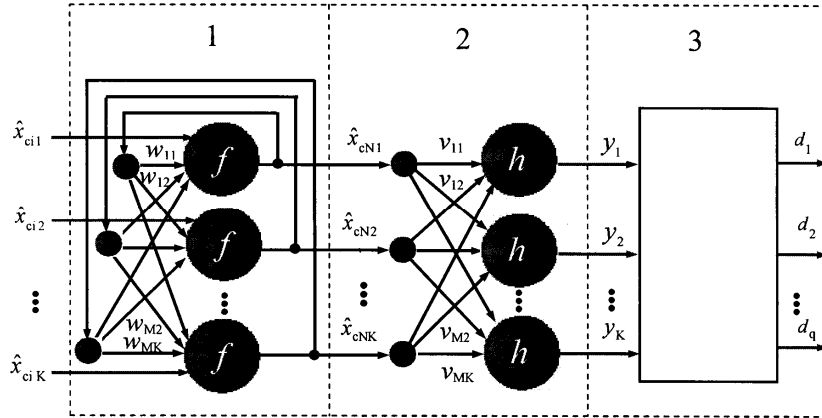


Fig. 1

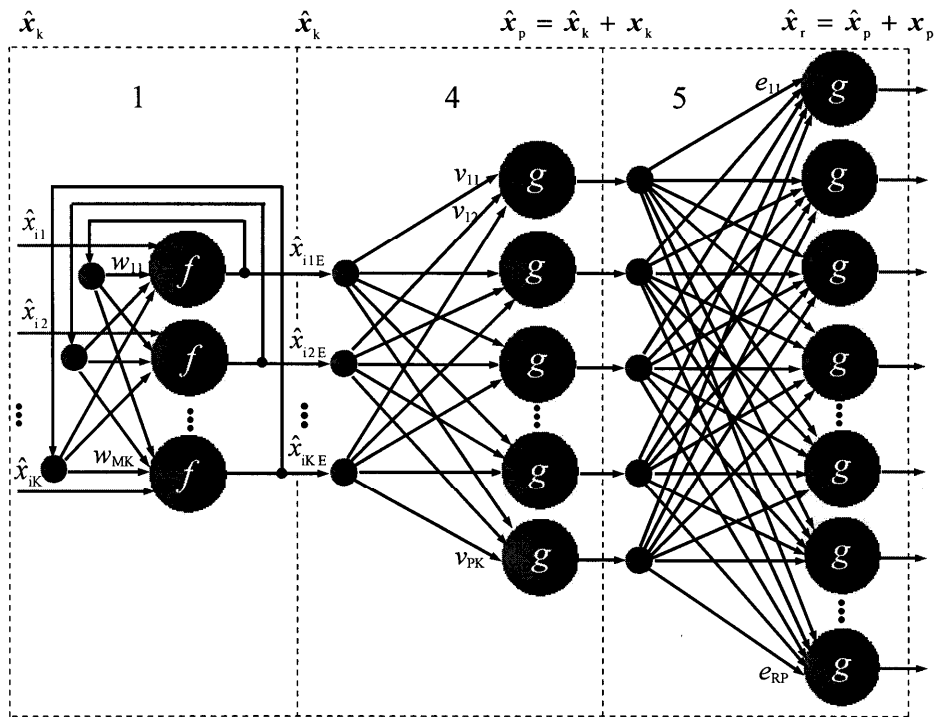


Fig. 2

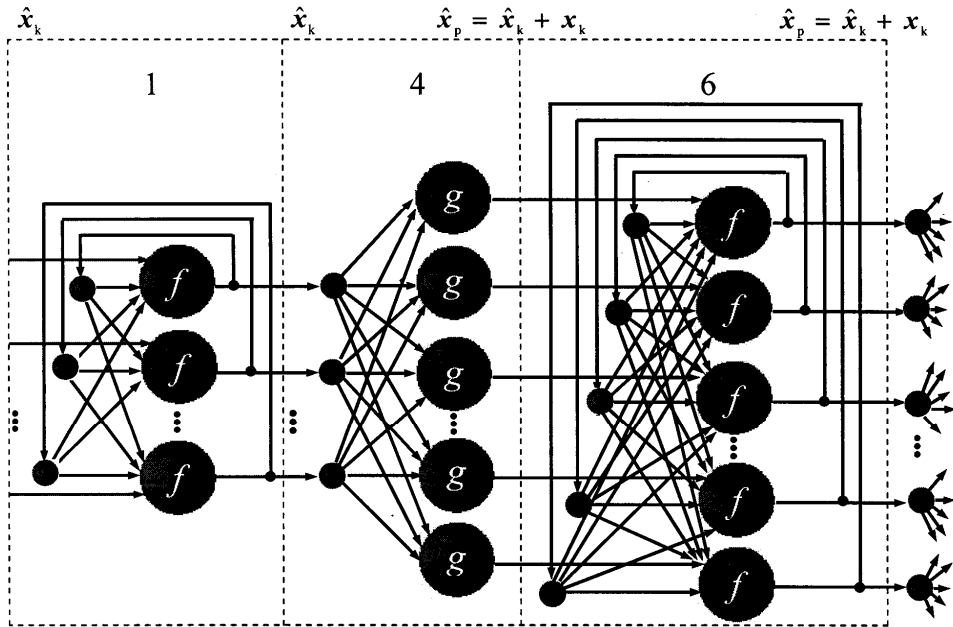


Fig. 3

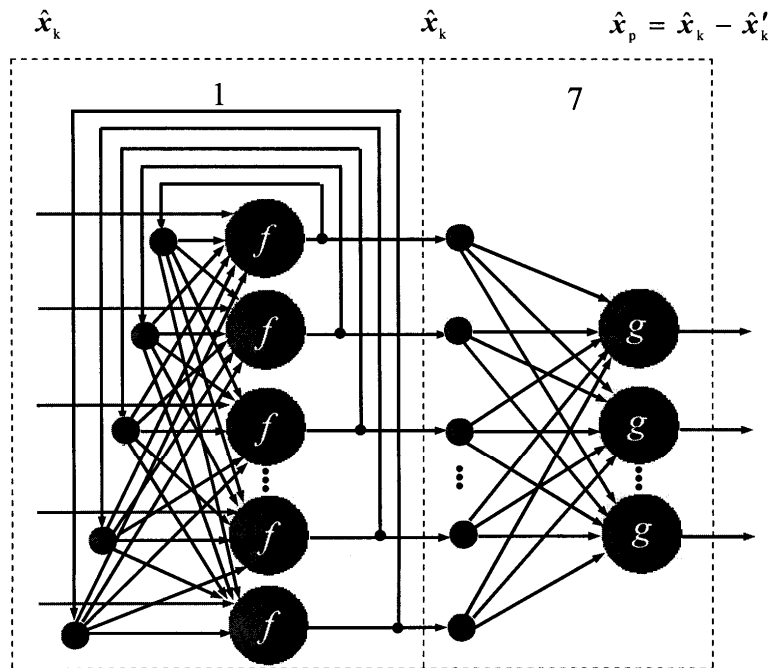


Fig. 4

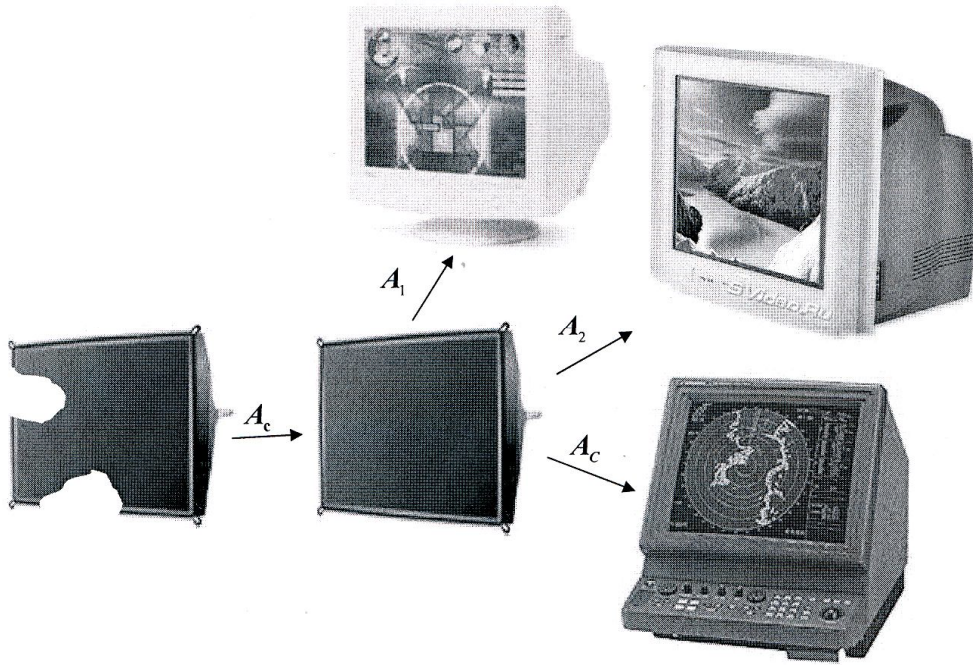


Fig. 5

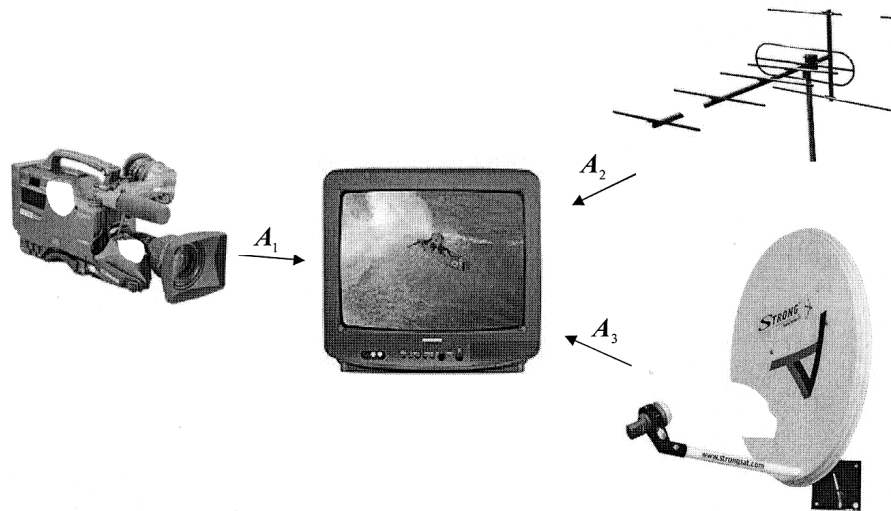


Fig. 6