



CH 684 856 A5



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 684 856 A5

51 Int. Cl.⁶: G 06 K 9/80
G 07 D 5/00
G 07 D 7/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 3657/92

73 Inhaber:
Mars Incorporated, McLean/VA (US)

22 Anmeldungsdatum: 30.11.1992

72 Erfinder:
Baudat, Gaston, Genève

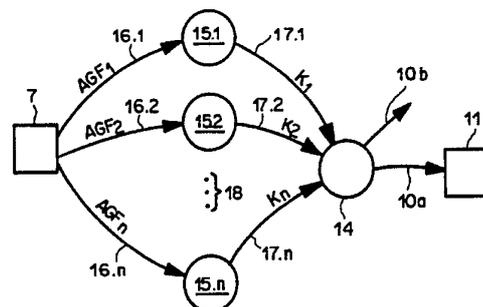
24 Patent erteilt: 13.01.1995

45 Patentschrift
veröffentlicht: 13.01.1995

74 Vertreter:
Kirker & Cie SA, Thônex (Genève)

54 Verfahren zur Klassifizierung eines Musters - insbesondere eines Musters einer Banknote oder einer Münze - und Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

57 In einem Verfahren zur Klassifizierung eines Musters anhand eines von einem Vorverarbeitungssystem (7) aufbereiteten k-dimensionalen Merkmalvektors (AGF_j), wird ein Prüfling entweder einer aus n Zielklassen zugeordnet, oder dann als Fälschung klassifiziert. Für die n Zielklassen werden n Erkennungseinrichtungen (15.1 bis 15.n) verwendet, wobei von einer Erkennungseinrichtung (15.j) genau eine der n Zielklassen anhand des Merkmalvektors (AGF_j) erkennbar ist. Eine erkannte Zielklasse wird durch eine Ausgangseinheit (14) einem Dienstleistungssystem (11) übermittelt. Einer Zielklasse werden in einer Lernphase mehrere k-dimensionale Zielvektoren zugeordnet, welche bei der Klassifizierung zeitlich parallel mit dem Merkmalvektor verglichen werden. Mit Vorteil ist die Erkennungseinrichtung (15.j) ein neuronales Netz, wobei ein Neuron den Merkmalvektor (AGF_j) mit einem der Zielvektoren vergleicht.



CH 684 856 A5

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Klassifizierung eines Musters – insbesondere eines Musters einer Banknote oder einer Münze – sowie auf eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäss den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 6.

Solche Verfahren werden vorteilhaft in Verkaufsautomaten, Geldwechselautomaten und dergleichen mehr angewendet, wo einerseits nach dem Wert, beispielsweise zwischen Ein-, Zwei- und Fünf-Dollar-Noten, und/oder andererseits zwischen Originalen und deren Kopien bzw. Fälschungen klassifiziert wird.

Es versteht sich von selbst, dass das Verfahren ganz allgemein zur Klassifizierung von Prüflingen, beispielsweise von Bildern, Graphen, Dokumenten, Wertzeichen oder Signalen anwendbar ist.

Es ist bekannt, Intensitätswerte einer von Bildpartien eines Prüflings reflektierten elektromagnetischen Strahlung so aufzubereiten, dass der Prüfling mit einer Pixelmatrix (EP 0 067 898 B1) eines Originals verglichen werden kann, oder dass Unterschiede zu einem Original in Form eines Winkels zwischen zwei n-dimensionalen Vektoren (DE 3 040 963 A1) oder als Kreuzkorrelationsfunktion (EP 0 084 137 A2) ausgedrückt und ausgewertet werden.

Weiter ist bekannt, dass gültige Wertebereiche von mindestens zwei Messwerten einer Münze oder einer Banknote ein Rechteck/Rechtkant (GB 2 238 152 A) oder eine Ellipse (GB 2 254 949 A) darstellen und dass die Münze oder die Banknote angenommen wird, wenn ein aus mindestens zwei Messwerten gebildeter Punkt innerhalb des Rechtecks/Rechtkants oder der Ellipse liegt.

Es ist auch bekannt (CH 640 433 A5), verschiedene physikalische Messgrössen eines Prüflings mit entsprechenden gespeicherten Grenzwerten jeweils im wesentlichen unabhängig voneinander zu vergleichen und nach einer erfolgreichen Klassifizierung die Grenzwerte mit Hilfe der Messgrössen des akzeptierten Prüflings zu verbessern.

Es sind im weiteren verschiedene Ansätze für lernende Klassifikatoren bekannt (H. Niemann: Klassifikation von Mustern – Berlin, Heidelberg, Berlin, Tokyo: Springer 1983), bei denen die Klassenbereiche mit klassifizierten Mustern laufend verändert werden und die bei der Klassifikation einen erheblichen Rechenaufwand erfordern, was bei praktischem Einsatz zu unannehmbaren Antwortzeiten führen kann.

Bei einer Klassifizierung ist insbesondere ein Unterscheiden zwischen Originalen und deren Kopien/Fälschungen problematisch, da einerseits Originale und deren Kopien/Fälschungen einander äusserst ähnlich sind bzw. sich in ihren Merkmalen nur gering unterscheiden und andererseits nur wenige verschiedene Kopien/Fälschungen eines Originals verfügbar sind. Ein weiteres Problem liegt darin, dass die Merkmale eines Originals – beispielsweise die Merkmale aller echten Zehn-Franken-Noten verschiedener Auflagen – stark streuen können.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Klassifizierung eines Musters anzugeben, mit dem ein Muster auch dann sicher klassifizierbar ist, wenn Merkmale einer Klasse sich wenig von den entsprechenden Merkmalen mindestens einer anderen Klasse unterscheiden und/oder wenn Merkmale der Klasse stark streuen, und eine Einrichtung zu schaffen, mit der das Verfahren durchführbar ist.

Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 6 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Einrichtung zur Klassifizierung eines Musters,

Fig. 2 das Prinzip eines Klassifizierungssystems und

Fig. 3 eine Erkennungseinheit des Klassifizierungssystems.

In der Fig. 1 bedeutet 1 ein Aufnahmesystem, welches im wesentlichen einen Einlass 2 und ein nicht gezeichnetes Transportsystem für einen Prüfling 3 sowie eine Sensorgruppe 4 aufweist, mit der ein Muster des Prüflings 3 gemessen wird. Das Aufnahmesystem 1 ist durch einen Merkmalkanal 5 an einem mindestens eine Vorverarbeitungs-Aktivität 6 aufweisenden Vorverarbeitungssystem 7 angeschlossen. Ein Klassifizierungssystem 8 ist über einen Eingangskanal 9 mit dem Vorverarbeitungssystem 7 und über einen ersten Ausgangskanal 10a mit einem Dienstleistungssystem 11 verbunden. Bei Bedarf ist das Klassifizierungssystem 8 über einen zweiten Ausgangskanal 10b auch noch mit dem Aufnahmesystem 1 verbunden. Das Aufnahmesystem 1, das Vorverarbeitungssystem 7, das Klassifizierungssystem 8 und das Dienstleistungssystem 11 sind also über Kanäle im wesentlichen zu einer Kette geschaltet, die durch das Dienstleistungssystem 11 abgeschlossen ist.

Bei Bedarf ist ein Initialisierungssystem 12 über einen Initialisierungskanal 13 mit dem Klassifizierungssystem 8 verbunden.

Die Fig. 2 zeigt den prinzipiellen Aufbau des zwischen dem Vorverarbeitungssystem 7 und dem Dienstleistungssystem 11 angeordneten Klassifizierungssystems 8 anhand eines Datenflussdiagrammes. In der gewählten, aus der Literatur bekannten Darstellungsart (D. J. Hatley, I. A. Pirbhai: Strategies for Real-Time System Specification, Dorset House, NY 1988) bedeutet ein Kreis eine Aktivität (activity), ein Rechteck ein angrenzendes System (terminator) und ein Pfeil einen Kommunikationskanal (channel) zur Übertragung von Daten und/oder Ereignissen, wobei die Pfeilspitze in die wesentliche Datenflussrichtung zeigt. Im weiteren ist beispielsweise eine Anordnung aus zwei durch einen Kommunikationskanal

verbundenen Aktivitäten mit einer einzigen Aktivität, welche alle Aufgaben der beiden Aktivitäten erfüllt, äquivalent.

Aktivitäten sind als elektronische Schaltung und/oder als Prozess, Programmstück oder Routine verwirklicht.

5 Das Klassifizierungssystem weist eine mit den beiden Ausgangskanälen 10a bzw. 10b verbundene Ausgangseinheit 14 und eine bestimmte Anzahl n mit der Ausgangseinheit 14 verbundene Erkennungseinheiten auf, wobei in der Fig. 2 zugunsten einer allgemeinen und einfachen Darstellung nur drei der n tatsächlich vorhandenen Erkennungseinheiten gezeichnet sind.

10 Mit 15.1 ist eine erste Erkennungseinheit bezeichnet, welche über einen ersten Eingangsdatenkanal 16.1 für einen ersten Eingangsvektor AGF_1 mit dem Vorverarbeitungssystem 7 und über einen ersten Ausgangsdatenkanal 17.1 für ein erstes Signal K_1 verbunden ist. Weiter ist mit 15.2 eine zweite Erkennungseinheit bezeichnet, welche über einen zweiten Eingangsdatenkanal 16.2 für einen zweiten Eingangsvektor AGF_2 mit dem Vorverarbeitungssystem 7 und über einen zweiten Ausgangsdatenkanal 17.2 für ein zweites Signal K_2 verbunden ist. Schliesslich ist mit 15. n eine n -te Erkennungseinheit bezeichnet, welche über einen n -ten Eingangsdatenkanal 16. n für einen n -ten Eingangsvektor AG_n mit dem Vorverarbeitungssystem 7 und über einen n -ten Ausgangsdatenkanal 17. n für ein n -te Signal K_n verbunden ist.

20 Drei Punkte 18 weisen auf die nicht gezeichneten, weiteren Erkennungseinheiten hin, welche je über einen weiteren Eingangsdatenkanal mit dem Vorverarbeitungssystem 7 verbunden sind und welche je über einen weiteren Ausgangsdatenkanal an die Ausgangseinheit 14 angeschlossen sind, wobei durch die weiteren Eingangsdatenkanäle je ein weiterer Eingangsvektor AGF und durch die Ausgangsdatenkanäle je weitere Signale K übertragbar sind.

Der Eingangskanal 9 (Fig. 1) ist in der Fig. 2 durch die n Eingangsdatenkanäle 16.1 bis 16. n dargestellt.

25 Eine in der Fig. 3 dargestellte vorteilhafte Ausführung der Erkennungseinheit 15.1 (Fig. 2) bis 15. n weist eine Eingangsschicht 19, eine Neuronenschicht 20 und eine Ausgangsschicht 21 auf.

Die Eingangsschicht 19 verfügt über eine festgelegte Anzahl k Eingänge und die Neuronenschicht 20 weist eine vorbestimmte Anzahl m Neuronen auf. Die Ausgangsschicht 21 verfügt mit Vorteil über ein Ausgangsglied 22, welches einen Ausgang 23 und m Eingänge aufweist.

30 In der Fig. 3 sind zugunsten einer allgemeinen und einfachen Darstellung nur drei der k tatsächlich vorhandenen Eingänge und nur drei der m tatsächlich vorhandenen Neuronen gezeichnet.

Mit 20.1 ist ein erstes Neuron, mit 20.2 ein zweites Neuron und mit 20. m ein m -tes Neuron bezeichnet, während ein erster Eingang der Eingangsschicht 19 mit 19.1, ein zweiter Eingang mit 19.2 und ein k -ter Eingang mit 19. k bezeichnet ist.

35 Mit Vorteil weist jedes der m Neuronen die Anzahl k Eingänge auf, wobei jeder Eingang jedes Neurons 20.1 bis 20. m über je ein Eingangsgewichtungsglied 24_{ji} mit jedem der k Eingänge 19.1 bis 19. k der Eingangsschicht 19 verbunden ist, wobei sich im Bezugszeichen des Eingangsgewichtungsgliedes 24_{ji} der Index i auf den i -ten Eingang 19. i der Eingangsschicht 19 und der Index j auf das durch das Eingangsgewichtungsglied 24_{ji} mit dem Eingang 19. i verbundene j -te Neuron 20. j bezieht. Das zweite Neuron 20.2 – um dazu Beispiele anzugeben – ist eingangsseitig durch das Eingangsgewichtungsglied 24_{21} mit dem ersten Eingang 19.1 der Eingangsschicht 19 und im weiteren durch das Eingangsgewichtungsglied 24_{2k} mit dem k -ten Eingang 19. k der Eingangsschicht 19 verbunden.

40 Jedes Neuron 20. j der m Neuronen 20.1 bis 20. m ist ausgangsseitig über je ein Ausgangsgewichtungsglied 25_j mit dem Ausgangsglied 22 verbunden, wobei sich der Index j im Bezugszeichen des Ausgangsgewichtungsgliedes auf das j -te Neuron 20. j bezieht.

45 Erste drei Punkte 26 weisen auf die in der Fig. 3 nicht gezeichneten Eingänge 19. x der Eingangsschicht 19 hin, wobei der Index x im vollständigen ganzzahligen Bereich grösser als zwei und kleiner als k verläuft, während zweite drei Punkte 27 für die nicht gezeichneten Neuronen 20. y stehen, wobei der Index y im vollständigen ganzzahligen Bereich grösser als zwei und kleiner als m verläuft.

50 In einem in der Schweiz mit dem Patent 684 222 eingereichten Anmeldetext wird in einem Beschreibungsteil das Aufnahmesystem 1 beschrieben und es werden Varianten eines Verfahrens zur Aufbereitung eines Merkmalvektors aus Werten gemessener Merkmale eines Prüflings dargestellt. Dieser Beschreibungsteil gehört ausdrücklich auch zur hier vorliegenden Beschreibung.

55 Im folgenden wird ein vorteilhaftes Verfahren zur Klassifizierung eines durch einen k -dimensionalen Merkmalvektor X beschreibbaren Musters prinzipiell vorgestellt.

Die Dimension k ist grundsätzlich frei wählbar und damit mit Vorteil auf den Prüfling 3 und/oder das Aufnahmesystem 1 und/oder das Vorverarbeitungssystem 7 und/oder das Klassifizierungssystem 8 anpassbar. Die Dimension k ist beispielsweise 60, kann aber auch wesentlich kleiner oder auch grösser sein. Im folgenden wird für die Dimension k die festgelegte Anzahl k (Fig. 3) angenommen.

60 Der Merkmalvektor X stellt einen Punkt in einem k -dimensionalen Raum dar. Im Verfahren wird von der vorteilhaften Annahme ausgegangen, dass der Merkmalvektor X einer Fälschung grundsätzlich im k -dimensionalen Raum liegt.

65 Im Verfahren wird ein Original – bzw. dessen Merkmalvektor X – höchstens einer Zielklasse aus einer Anzahl Zielklassen zugeordnet. Kann im Verfahren ein Prüfling keiner Zielklasse zugeordnet werden, wird angenommen, dass der Prüfling eine Fälschung ist.

Eine Zielklasse liegt im k-dimensionalen Raum, wobei die Zielklasse allgemein durch voneinander verschiedenen Vektoren beschreibbar ist. Der von einer Zielklasse einnehmbare Teil des k-dimensionalen Raumes wird in einer Vorbereitungs- oder in einer Lernphase des Verfahrens mit Vorteil in Teilgebiete aufgeteilt, wobei die Teilgebiete im Raum zusammenhängend oder voneinander getrennt sind. Ein

5 Teilgebiet wird durch einen Zielvektor W bestimmt, der vorteilhaft k-dimensional ist.
Die Zielklasse wird also allgemein durch eine Anzahl verschiedener Zielvektoren W_j beschrieben, wobei die Anzahl Zielvektoren W_j verschiedener Zielklassen unterschiedlich sein kann. Im folgenden wird für die Anzahl Zielvektoren W_j einer Zielklasse allgemein die vorbestimmte Anzahl m (Fig. 3) vorausgesetzt. Die Zielvektoren W_j einer Zielklasse werden in der Vorbereitungsphase vorteilhaft durch Lernen

10 ermittelt und bei Bedarf laufend angepasst.
Mit Vorteil werden für ein Original einer Klasse gleichviele Zielklassen definiert, wie Abtastsinne beim Messen physikalischer Merkmale des Originals im Aufnahmesystem 1 verfügbar sind. Ist der Prüfling ein beidseitig bedrucktes Dokument, so könnten beispielsweise die vier Abtastsinne «Vorderseite vorwärts bewegt abgetastet», «Vorderseite rückwärts bewegt abgetastet», «Rückseite vorwärts bewegt abgetastet» und «Rückseite rückwärts bewegt abgetastet» verfügbar sein.

15 Bei einer Klassifizierung eines Prüflings, der entweder eine Zehn-Franken-Note, eine Zwanzig-Franken-Note oder eine Fünfzig-Franken-Note mit je vier möglichen Abtastsinnen ist, ergeben sich beispielsweise zwölf verschiedene Zielklassen.

Im Verfahren wird der Prüfling in vorteilhafter Weise entweder einer aus n Zielklassen zugeordnet, oder dann als Fälschung klassifiziert, wobei n die bestimmte Anzahl (Fig. 2) ist.

20 Der durch das Vorverarbeitungssystem 7 (Fig. 1) und/oder das Aufnahmesystem 1 aus Messwerten des Prüflings 1 gebildete Merkmalvektor X wird mit b im vollständigen Bereich von 1 bis n als der Eingangsvektor AGF_b (Fig. 2) durch den Eingangsdatenkanal 16.b der Erkennungseinheit 15.b zugeführt. Durch die Erkennungseinheit 15.b ist genau eine der n verschiedenen Zielklassen erkennbar, wobei die Erkennungseinheit 15.b mindestens dann ein Signal K_b über den Ausgangsdatenkanal K_b an die Ausgangseinheit 14 übermittelt, wenn der Merkmalvektor X derjenigen Zielklasse angehört, die durch die Erkennungseinheit 15.b erkennbar ist.

Bei der Klassifizierung des Prüflings 1 bzw. des Merkmalvektors X arbeiten die n Erkennungseinheiten 15.1 bis 15.n mit Vorteil mindestens teilweise zeitlich parallel (concurrent).

30 Die Ausgangseinheit 14 meldet dem Dienstleistungssystem 11 (Fig. 1) und/oder dem Aufnahmesystem 1 entweder die vom Klassifizierungssystem 8 ermittelte Zielklasse des Prüflings 1 oder andernfalls die Tatsache, dass der Prüfling 1 eine Fälschung ist. Mit Vorteil meldet die Ausgangseinheit dann und nur dann die Zielklasse des Prüflings 1, wenn genau eine der n Erkennungseinheiten 15.1 bis 15.n seine Zielklasse erkennt.

35 In jeder der Erkennungseinheiten 15.1 bis 15.n wird ein Zielvektor W_c ermittelt, der, verglichen mit den andern m Zielvektoren W_j seiner Zielklasse, den kleinsten Wert eines Abstandes d zum Merkmalvektor X aufweist. Der Abstand d ist vorteilhaft die euklidische Distanz zwischen dem Zielvektor W_j und dem Merkmalvektor X . Bei Bedarf ist der Abstand d jedoch eine andere vorteilhafte Grösse, mit welcher derjenige Zielvektor W_c ermittelbar ist, der von den m Zielvektoren W_j am nächsten beim Merkmalvektor X liegt. Ein weiteres Beispiel der vorteilhaften Grösse für den Abstand d ist die absolute Distanz zwischen einem Zielvektor W_j und dem Merkmalvektor X .

Die euklidische Distanz d zwischen zwei k-dimensionalen Vektoren W_j und X ist wie folgt definiert:

$$d_j = [(w_1-x_1)^2 + (w_2-x_2)^2 + \dots + (w_k-x_k)^2]^{1/2} \quad (G1)$$

45 In jeder der Erkennungseinheiten 15.1 bis 15.n wird mit Vorteil sowohl der ermittelte Zielvektor W_c als auch der Merkmalvektor X in weiteren Verfahrensschritten derart genau analysiert, dass mit einer erwarteten Sicherheit feststeht, ob der Merkmalvektor X der Zielklasse zuzuordnen ist.

50 In einem ersten vorteilhaften Verfahrensschritt wird die betragsmässig grösste Komponente des Merkmalvektors X mit einem beschränkenden Parameter q_{\max} verglichen, wobei der Parameter q_{\max} mit Vorteil in der Lernphase ermittelt wird. Mit einer Funktion Maximum() ergibt sich damit folgende Bedingung:

$$\text{Maximum} (|x_1|, |x_2|, \dots, |x_k|) \leq q_{\max} \quad (G2)$$

55 In einem zweiten vorteilhaften Verfahrensschritt wird die Differenz W_c-X komponentenweise für alle k Komponenten durchgeführt und der Betrag der Differenz zweier entsprechenden Komponenten mit einem komponentenweise zugeordneten raumbeschränkenden Parameter $q_{c1\max} \dots q_{ck\max}$ verglichen, wobei die k Parameter $q_{c1\max} \dots q_{ck\max}$ mit Vorteil in der Lernphase ermittelt werden. Mit i von 1 bis k ergibt sich damit folgende Bedingung:

$$|w_{ci} - x_i| \leq q_i \text{ mit } i \text{ von } 1 \dots k \quad (G3)$$

65 Der Merkmalvektor X wird dann und nur dann der Zielklasse des Zielvektors W_c zugeordnet, wenn die Bedingungen (G2) und (G3) gelten.

Das Verfahren zur Klassifizierung des durch einen k-dimensionalen Merkmalvektor X beschreibbaren Musters ist besonders vorteilhaft zeitlich parallel durchführbar, wenn das Klassifizierungssystem 8 mindestens ein neuronales Netz aufweist.

Mit Vorteil ist jede der n Erkennungseinheiten 15.1 bis 15.n durch je ein neuronales Netz verwirklicht. Mit besonderem Vorteil ist das neuronale Netz ein sogenannter Typ LVQ (Learning Vector Quantisation) nach Kohonen (Teuvo Kohonen et al: Statistical Pattern Recognition with Neural Networks, Proceedings of 2th Annual IEEE International Conference on Neural Networks, volume 1, 1988, page 61..68), welcher die Struktur nach der Fig. 3 aufweist.

Mit j von 1..m sind die Werte der Eingangsgewichtungsglieder 24_{j1} .. 24_{jm} des Neurons 20.j vorteilhaft entsprechend einem Zielvektor W_j ausgelegt, also grundsätzlich variabel. Die Werte der Eingangsgewichtungsglieder 24_{j1} .. 24_{jm} werden mit Vorteil in der Lernphase ermittelt und bei Bedarf angepasst. Das Neuron 20.j bestimmt mindestens den Abstand d_j .

Das Neuron 20.c mit dem minimalen Abstand d_c prüft zusätzlich die beiden Bedingungen (G2) und (G3).

Mit Vorteil ist das Ausgangsglied 22 ein ODER-Gatter und es werden die Werte der Gewichtungsglieder der 25.1 bis 25.m eins gesetzt.

Das Neuron 20.j – für j von 1..k – übermittelt der Ausgangsschicht den Wert logisch «1» nur dann, wenn es den minimalen Abstand d_c aufweist und wenn zusätzlich die beiden Bedingungen (G2) und (G3) erfüllt sind; andernfalls übermittelt das Neuron 20.b den Wert logisch «0».

Der Zielvektoren W_j – für j von 1..k – einer Zielklasse liegen mit Vorteil in einem Raumteil R_j des k-dimensionalen Raumes, der durch Polygone eines Diagramms nach Voronoï (J. M. Chassery et al: Diagramme de Voronoï appliqué à la segmentation d'images et à la détection d'événements en imagerie multi-sources, Traitement du Signal, volume 8, No 3) abgegrenzt ist.

Ein Aktivierungsraum des Neuron 20.j – für j von 1..k – ist vorteilhaft ein beschränkter Bereich des Raumteils R_j .

In einer vorteilhaften Variante des Verfahrens wird der Merkmalvektor X durch eine Transformation normalisiert, wobei die Transformation vorteilhaft im Vorverarbeitungssystem 7 durchführbar ist.

Dadurch, dass die Erkennungseinheiten 15.1 bis 15.n in bekannter Weise lernende neuronale Netze sind, sind die Werte ihrer je m mal k Eingangsgewichtungsglieder 24_{ji} – mit j von 1 bis m und i von 1 bis k – durch Lernen in bekannter Art optimal zu ermitteln. Im weiteren sind auch die einschränkenden Parameter q_j bzw. q_{jmax} – mit j von 1 bis m und i von 1 bis k für alle Zielklassen vorteilhaft durch Lernen in bekannter Art ermittelbar.

Bei Bedarf sind die für das Lernen erforderlichen Startwerte durch geeignete Prüflinge 1 einzugeben, oder sie werden dem Klassifizierungssystem 8 durch das Initialisierungssystem 12 übermittelt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Klassifizierung eines durch einen k-dimensionalen Vektor (X) beschreibbaren Musters, insbesondere eines Musters einer Banknote oder einer Münze, innerhalb einer Anzahl (n) möglicher Zielklassen, dadurch gekennzeichnet,

[a] dass für eine Zielklasse mehrere Zielvektoren ermittelt werden,

[b] dass ein Abstand (d) eines Zielvektors (W) zum Vektor (X) berechnet wird,

[c] dass aus den Zielvektoren der Zielklasse derjenige Zielvektor (W_c) ermittelt wird, der von allen Zielvektoren der Zielklasse den kleinsten Abstand (d_c) zum Vektor (X) des Musters aufweist und

[d] dass das Muster als der Zielklasse zugehörig bezeichnet wird, wenn jede einzelne Komponente des den kleinsten Abstand (d_c) aufweisenden Zielvektors (W_c) in einem vorbestimmten Bereich liegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zielvektoren einer Zielklasse anhand eines Verfahrens mit Polygonen nach Voronoï ermittelt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand (d) eines Zielvektors (W) zum Vektor (X) die euklidische Distanz zwischen dem Zielvektor (W) und dem Vektor (X) ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Klassifizierung mindestens ein neuronales Netz verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass für jeden Zielvektor (W) einer Zielklasse der Abstand (d) je mit einem Neuron berechnet wird.

6. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit einem Aufnahmesystem (1), einem Vorverarbeitungssystem (7) und einem Klassifizierungssystem (8) zur Klassifizierung eines durch einen k-dimensionalen Vektor (X) beschreibbaren Musters – insbesondere eines Musters einer Banknote oder einer Münze – innerhalb einer Anzahl (n) möglicher Zielklassen, anhand der Werte von physikalischen Merkmalen, die vom Aufnahmesystem (1) geliefert werden, wobei das Aufnahmesystem (1), das Vorverarbeitungssystem (7) und das Klassifizierungssystem (8) in der Reihenfolge der Aufzählung im wesentlichen zu einer Kette geschaltet sind, an deren Ausgang ein Dienstleistungssystem (11) angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet,

[a] dass das Klassifizierungssystem (8) eine Ausgangseinheit (14) und mehrere eingangsseitig je mit dem Vorverarbeitungssystem (7) und ausgangsseitig je mit der Ausgangseinheit (14) verbundene Erkennungseinheiten (15.1 bis 15.n) aufweist,

[b] dass mit einer Erkennungseinheit (15.1 bis 15.n) genau eine Klasse erkennbar ist und
[c] dass eine ermittelte Klasse des Musters durch die Ausgangseinheit (14) an einen Ausgangskanal (10a; 10b) übertragbar ist.

5 7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass jede Erkennungseinheit (15.1 bis 15.n) eine Eingangsschicht (19), eine eingangsseitig über Eingangsgewichtungsglieder (24_{ij}) mit der Eingangsschicht (19) und ausgangsseitig über Ausgangsgewichtungsglieder (25_j) mit einer Ausgangsschicht (21) verbundene Neuronenschicht (20) aufweist, wobei in der Neuronenschicht (20) eine vorbestimmte Anzahl m Neuronen (20.1 bis 20.m) angeordnet sind.

10 8. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Eingangsschicht (19) und ein Neuron (20.1 bis 20.m) je die Anzahl k durch Eingangsgewichtungsglieder (24.1 bis 24.m) variabel gewichtbare Eingänge aufweisen, wobei die Werte der Eingangsgewichtungsglieder (24.1 bis 24.m) durch Lernen ermittelbar sind.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

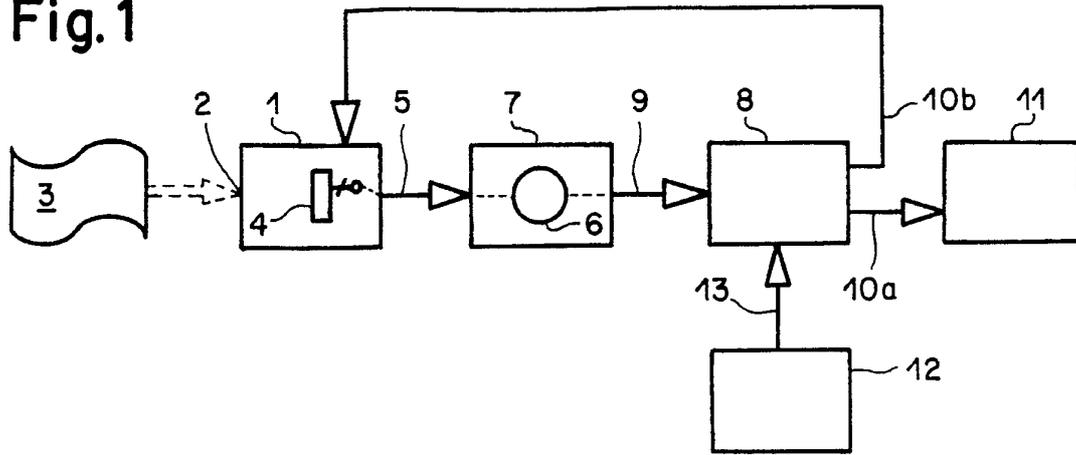


Fig. 2

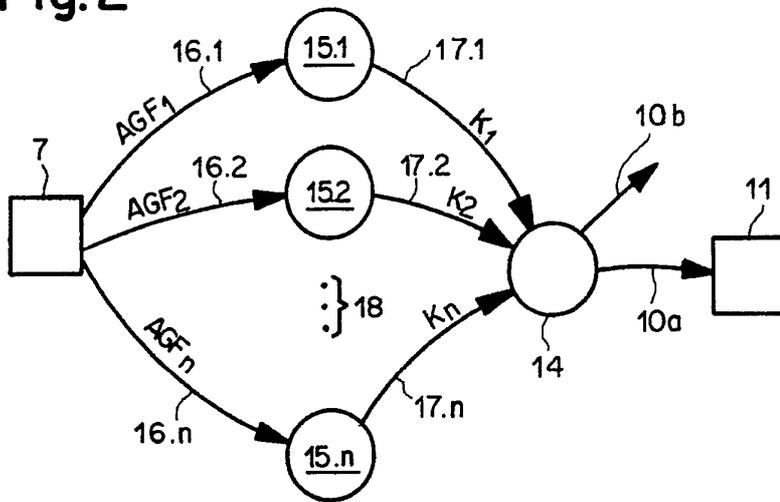


Fig. 3

