

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 246482 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **412340**

(22) Data zgłoszenia: **2015.05.15**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2016.11.21 BUP 24/2016**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.02.03 WUP 05/2025**

(51) MKP:

G02B 26/00 (2006.01)

G02B 27/00 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA ŁÓDZKA, Łódź, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:
KAMIL GRABOWSKI, Łódź, PL
DAMIAN KACPERSKI, Pabianice, PL
TADEUSZ KRYSZCZYŃSKI, Warszawa, PL
TOMASZ KOZŁOWSKI, Warszawa, PL
MICHAŁ WŁODARCZYK, Pabianice, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Agnieszka Żebrowska-Kucharzyk,
Warszawa, PL

(54) Tytuł:

**Kierowane urządzenie optyczne do obserwacji ruchomego obiektu, system akwizycji
cechy biometrycznej ruchomego obiektu oraz sposób akwizycji cechy biometrycznej
ruchomego obiektu**

PL 246482 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest kierowane urządzenie optyczne obserwacji ruchomego obiektu, system akwizycji cechy biometrycznej ruchomego obiektu oraz sposób akwizycji cechy biometrycznej ruchomego obiektu. W szczególności przedmiotem wynalazku jest urządzenie optyczne do kierowanej obserwacji obszaru, system do obserwacji oka człowieka w ruchu oraz sposób obserwacji oka człowieka w ruchu. Ściślej wynalazek dotyczy systemów biometrycznych analizujących cechy biometryczne ludzi przechodzących przez określony obszar.

Cechy biometryczne są to cechy pozwalające na rozróżnianie poszczególnych osobników określonego gatunku. Są to zatem takie cechy, dla których prawdziwa jest para implikacji: z tożsamości cech wynika tożsamość osobników i z tożsamości osobników wynika tożsamość określonych cech.

W przypadku ludzi najczęściej wykorzystuje się takie cechy biometryczne jak: linie papilarne, obraz twarzy, obraz tęczówki, geometria dłoni, kształt małżowiny usznej, etc.

W szczególności tęczówka oka człowieka, uznawana za jedną z najlepszych i najbardziej stabilnych w czasie biometryk, może dostarczyć cennych informacji pozwalających na zautomatyzowane uwierzytelnianie osób zarówno w scenariuszach pozytywnych, tj. identyfikacji bądź weryfikacji, jak i w scenariuszach negatywnych, tj. przesiewania.

Oko ludzkie jest niewielkim obiektem, w którym średnia średnica tęczówki wynosi około 12 mm, i które w trakcie normalnej aktywności człowieka, przykładowo podczas jego przemieszczania się, dla systemów wizyjnych jest trudno uchwytnie. Z tego powodu rejestracja obrazu tęczówki za pomocą konwencjonalnych urządzeń wymaga od podmiotu podjęcia określonych działań, takich jak na przykład unieruchomienia głowy na czas akwizycji obrazu, tj. kooperacji w celu przeprowadzenia procesu uwierzytelniania. W związku z tym proces akwizycji obrazu tęczówki podlega istotnym ograniczeniom, do których zaliczają się: wymagana kooperacja podmiotu z systemem, długi czas akwizycji, wysoki odsetek nieudanych prób, etc. Wykorzystywanie tęczówki jako cechy biometrycznej w zwykłych systemach uwierzytelniania biometrycznego jest relatywnie niewygodne, zaś w systemach o zredukowanej kooperacji z podmiotem wciąż stanowi ogromne wyzwanie.

Także inne słabe biometryki, mogące pełnić rolę pomocniczą w systemach uwierzytelniania, takie jak: małżowina uszna, układ powiek i brwi – okolic oka (tzw. *periocular recognition*), również obarczone są podobnymi problemami.

Trudno jest również wykonać układ optyczny, który mógłby być kierowany dostatecznie szybko, aby nadążyć za ruchem sylwetki, głowy i oka człowieka, co umożliwiłoby znaczące zmniejszenie zakresu wymaganej kooperacji podmiotu z systemem, w tym także redukcję czasu rejestracji obrazu oka. Taki układ optyczny musi zapewniać duże powiększenie umożliwiające uzyskanie wystarczającej rozdzielczości obrazu, tj. dokładności odwzorowania cech biometrycznych. Wiążą się z tym znaczne rozmiary i waga obiektywu, które z kolei ograniczają z czysto mechanicznych względów szybkość i precyzję przestrajania, rozumianego jako utrzymanie przez system optyczny ustalonej cechy biometrycznej w polu obserwacji urządzenia rejestrującego.

W stanie techniki znane są systemy przystosowane do rejestracji obrazu szybko poruszających się obiektów.

W brytyjskim dokumencie patentowym GB820617 ujawniono urządzenie optyczne do kierowanej obserwacji obrazu zawierające kamerę oraz ruchome zwierciadło. Zaproponowane tam urządzenie optyczne było przestrajane w jednym wymiarze i umożliwiało obserwację obiektu poruszającego się przed obiektywem. W takich warunkach składowa prędkość obiektu skierowana ku obiektywowi była relatywnie niewielka, a odległość pomiędzy obiektem a obiektywem zmieniała się w niewielkim stopniu.

Takie warunki niestety nie zachodzą w przypadku obserwacji oka, gdyż urządzenie rejestrujące musi być przystosowane do rejestracji obrazu oka człowieka idącego na wprost tego urządzenia lub pod kątem względem niego. W takich okolicznościach nawet po uchwyceniu oka w obrazie o rozdzielczości umożliwiającej analizę biometryczną tęczówki, przetwarzanie prędkości obiektów i kompensacja ruchu oka idącego człowieka na podstawie analizy zogniskowanego na oku obrazu jest trudna lub niemożliwa.

W publikacji autorstwa Wheeler, F., Perera, A., Abramovich, G., Yu, B., Tu, P. pt. „Stand-off iris recognition system”, 2nd IEEE International conference on Biometrics: Theory, Applications and Systems, BTAS 2008, zaproponowano zastosowanie systemu zawierającego układ dwóch kamer

szerokokątnych przeznaczonych do dostarczania obrazów umożliwiających identyfikację głowy idącego człowieka oraz ustalenia współrzędnych oczu tego człowieka. Współrzędne te są wykorzystywane do kierowania trzeciej kamery dostarczającej obrazu samego oka w powiększeniu. Zaproponowany system nie nadaje się jednak do analizy oka poruszającego się człowieka. Obiekt musi zatrzymać się w określonym miejscu na co najmniej 2–3 sekundy. Wynika to z dwóch ograniczeń: czasu przetwarzania oraz szybkości kierowania trzeciej kamery. Wskutek tego szybkość akwizycji danych za pomocą systemu jest znacznie ograniczona. Analogiczny system został skrótowo opisany w publikacji międzynarodowego zgłoszenia patentowego WO 2004100052 A1.

Celem wynalazku jest rozwiązanie problemów niekooperacyjnego uwierzytelniania biometrycznego, tj. zapewnienie urządzenia optycznego do obserwacji obszaru, które można kierować tak szybko, aby nadążało za okiem człowieka idącego ze zwykłą prędkością, o znaczącej składowej postępowej względem systemu, pozwalając na uzyskanie wartościowych danych biometrycznych, oraz zapewnienie systemu zawierającego to urządzenie, dostarczającego mu współrzędnych analizowanego oka w czasie rzeczywistym. Celem wynalazku jest również zapewnienie sposobu akwizycji obrazu oka idącego człowieka, a także towarzyszących innych cech biometrycznych, takich jak twarz, okolice oka oraz ucho.

W pierwszym aspekcie niniejszy wynalazek dotyczy kierowanego urządzenia optycznego służącego do obserwacji ruchomego obiektu. Zawiera ono układ wejściowy, przez który promieniowanie jest doprowadzane do urządzenia optycznego oraz pierwsze ruchome zwierciadło zamocowane obrotowo względem pierwszej osi i odbijające promieniowanie przechodzące przez układ wejściowy, biegnące po odbiciu ku obiektywowi ogniskującemu promieniowanie na urządzeniu rejestrującym. Obiektów stanowi obiektów o wysuniętej źrenicy, zaś pomiędzy pierwszym ruchomym zwierciadłem a obiektywem znajduje się drugie ruchome zwierciadło zamocowane obrotowo względem drugiej osi i umieszczone w źrenicy wejściowej obiektywu, zaś pomiędzy układem wejściowym a urządzeniem rejestrującym znajduje się sterowany układ ogniskowania, przy czym pierwsze zwierciadło jest sprzężone z pierwszym napędem zaś drugie zwierciadło jest sprzężone z drugim napędem. Dzięki zastosowaniu obiektywu o wysuniętej źrenicy można zredukować wymiary zwierciadeł. To z kolei skutkuje redukcją ich masy i momentu bezwładności i umożliwia szybszy i bardziej precyzyjny ruch.

Korzystnie pierwszy i drugi napęd stanowią silniki galwanometryczne.

Korzystnie sterowany układ ogniskowania stanowi ruchoma soczewka sprzężona ze sterowanym napędem.

Korzystnie układ ogniskowania jest zintegrowany z obiektywem.

Korzystnie układ wejściowy zawiera filtr optyczny odcinający promieniowanie o niższych długościach fali krótszych niż długość odpowiadającej bliskiej podczerwieni. Dzięki temu można za pomocą urządzenia rejestrować obraz bez zakłóceń i rozbłysków spowodowanych światłem słonecznym i sztucznym światłem widzialnym.

Korzystnie urządzenie jest wyposażone w źródło promieniowania o długości fali w zakresie bliskiej podczerwieni.

W drugim aspekcie niniejszy wynalazek dotyczy systemu akwizycji cechy biometrycznej ruchomego obiektu wyposażonego w pierwszą kamerę szerokokątną, drugą kamerę szerokokątną oraz w kierowane urządzenie optyczne do obserwacji ruchomego obiektu, zawierające układ wejściowy, przez który promieniowanie jest doprowadzane do urządzenia optycznego, pierwsze ruchome zwierciadło zamocowane obrotowo względem pierwszej osi i odbijające promieniowanie przechodzące przez układ wejściowy, biegnące po odbiciu ku obiektywowi ogniskującemu promieniowanie na urządzeniu rejestrującym. Pierwsza kamera szerokokątna, druga kamera szerokokątna oraz kierowane urządzenie optyczne są podłączone do jednostki centralnej, zaś jednostka centralna jest przystosowana do rejestracji i analizy obrazu z pierwszej kamery, z drugiej kamery i z kierowanego urządzenia optycznego oraz do wystawiania sygnałów sterujących dla kierowanego urządzenia optycznego. W kierowanym urządzeniu optycznym obiektów stanowi obiektów o wysuniętej źrenicy, zaś pomiędzy pierwszym ruchomym zwierciadłem a obiektywem znajduje się drugie ruchome zwierciadło zamocowane obrotowo względem drugiej osi i umieszczone w źrenicy wejściowej obiektywu, zaś pomiędzy układem wejściowym a urządzeniem rejestrującym znajduje się sterowany układ ogniskowania, przy czym pierwsze zwierciadło jest sprzężone z pierwszym napędem zaś drugie zwierciadło jest sprzężone z drugim napędem, zaś sygnały sterujące z jednostki centralnej stanowią sygnały sterujące dla pierwszego napędu, drugiego napędu oraz sterowanego układu ogniskowania.

Korzystnie do jednostki centralnej w systemie podłączone są co najmniej pierwsze kierowane urządzenie optyczne i drugie kierowane urządzenie optyczne.

Korzystnie system zawiera sterowane przez jednostkę centralną źródło promieniowania przystosowane oświetlania obszaru, na który skierowane jest kierowane urządzenie optyczne.

Korzystnie pierwszy i drugi napęd w systemie stanowią silniki galwanometryczne.

W trzecim aspekcie niniejszy wynalazek dotyczy sposobu akwizycji cechy biometrycznej ruchomego obiektu obejmującego: etap rejestracji pierwszego obrazu, w którym rejestruje się pierwszy obraz obiektu w pierwszym położeniu za pomocą pierwszej kamery szerokokątnej, etap rejestracji drugiego obrazu, w którym rejestruje się drugi obraz obiektu w pierwszym położeniu za pomocą drugiej kamery szerokokątnej, etap detekcji, w którym lokalizuje się cechę biometryczną na pierwszym i drugim obrazie za pomocą jednostki centralnej, etap lokalizacji, w którym za pomocą jednostki centralnej wyznacza się współrzędne w przestrzeni tej cechy biometrycznej na podstawie współrzędnych położenia pierwszej i drugiej kamery oraz lokalizacji tej cechy biometrycznej na pierwszym i drugim obrazie dla obiektu w pierwszym położeniu, etap kierowania, w którym za pomocą jednostki centralnej przetwarza się wyznaczone współrzędne przestrzenne cechy biometrycznej na sygnały sterujące dla kierowanego urządzenia optycznego dla śledzenia kolejnych położań cechy biometrycznej, etap akwizycji cechy biometrycznej za pomocą urządzenia rejestrującego w kierowanym urządzeniu optycznym, charakteryzujący się tym, że etap kierowanie obejmuje ustalenie nastaw dla pierwszego napędu do wysterowania pierwszego ruchomego zwierciadła, dla drugiego napędu do wysterowania drugiego ruchomego zwierciadła oraz dla sterowanego układu ogniskowania, tak aby obserwowana cecha biometryczna mieściła się w obszarze, którego obraz rejestruje kierowane urządzenie optyczne. Sposób według wynalazku charakteryzuje się również tym, że etap rejestracji pierwszego obrazu, etap rejestracji drugiego obrazu, etap detekcji, etap lokalizacji, oraz etap kierowania powtarza się cyklicznie w trakcie wykonywania etapu akwizycji, tak aby rejestrować obraz aktualnego położenia cechy biometrycznej.

Korzystnie co najmniej jedną z ustalanych w etapie kierowania nastaw odczytuje się z predefiniowanej tablicy nastaw.

Korzystnie predefiniowaną tablicę nastaw ustala się analizując uprzednio obiekt kalibracyjny ustalany w różnych położeniach.

Korzystnie co najmniej jedną z nastaw ustalanych w etapie kierowania ustala się z wykorzystaniem predykcji na podstawie wyznaczonych uprzednio lokalizacji cechy biometrycznej na pierwszym i drugim obrazie.

Korzystnie pierwszy i drugi napęd w sposobie stanowią silniki galwanometryczne.

Przedmiot wynalazku został ukazany w przykładach wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat ideowy przykładu realizacji systemu według wynalazku, fig. 2 przedstawia schemat blokowy systemu według wynalazku, fig. 3 przedstawia sieć działań sposobu według wynalazku, natomiast fig. 4 przedstawia schematycznie kierowane urządzenie optyczne według wynalazku.

System według wynalazku zilustrowany na fig. 1 zawiera bramkę 110, przez którą przechodzą osoby poddawane analizie biometrycznej 001, 002 i 003. Analiza biometryczna odbywa się w obszarze oznaczonym przez 000. Osoba 001 na fig. 1 przeszła już przez obszar analizy, zaś w jego wnętrzu znajdują się osoby 002 i 003. Bramka 110 jest wyposażona w pierwszą kamerę szerokokątną 111 oraz drugą kamerę szerokokątną 112. Na obrazie każdej z kamer odwzorowywany jest cały obszar 000 analizy. Na podstawie obrazu z pierwszej i z drugiej kamery ustalane są współrzędne twarzy i/albo oczu osób w obszarze analizy.

Algorytmy ze stanu techniki, które to umożliwiają zostały ujawnione przykładowo w artykule Wheeler, F., Perera, A., Abramovich, G., Yu, B., Tu, P. pt. „Stand-off iris recognition system”, 2nd IEEE International conference on Biometrics: Theory, Applications and Systems, BTAS, 2008, z wykorzystaniem stereoskopii, oraz w Guo, G., Jones, M., Beardsey, P. pt. „A system for automatic iris capturing”, Mitsubishi Electric Research Laboratories (MERL), 2005, dotyczącym wyznaczania odległości systemu od twarzy na podstawie obrazu z jednej kamery.

Współrzędne twarzy uzyskane na podstawie analizy obrazu z kamer szerokokątnych służą do określania obszarów analizy 002a i 003a i skierowania każdy z nich odpowiedniego kierowanego urządzenia optycznego 113a i 113b. Zastosowanie kierowanego urządzenia optycznego według wynalazku umożliwia śledzenie obrazu oka człowieka idącego w kierunku systemu w czasie rzeczywistym.

Dzięki zastosowaniu dwóch kierowanych urządzeń optycznych 113a i 113b możliwa jest jednoczesna akwizycja cech biometrycznych dwóch osób albo jednoczesna akwizycja dwóch różnych cech

biometrycznych jednej osoby. Zastosowanie dodatkowych urządzeń optycznych może zapewnić możliwość jednoczesnej obserwacji większej liczby osób, po jednej na każde urządzenie. Trzeba jednak podkreślić, że podstawową funkcję, tj. możliwość analizy oka idącego człowieka, spełnia już system z jednym kierowanym urządzeniem optycznym 113.

Schemat blokowy przykładu wykonania systemu obserwacji oka według wynalazku uwidocznił na fig. 2. System ten jest wyposażony w co najmniej jedno kierowane urządzenie optyczne 113 rejestrujące obraz w dużym powiększeniu. Urządzenie to zapewnia rejestrację z odległości 2.5 m obrazu obszaru o wymiarach 31.5 na 19.7 cm, a z odległości 0.75 m obrazu obszaru o wymiarach 10 na 6.3 cm. Naturalnie wielkość obserwowanego obszaru zmienia się wraz z odległością. Wymaganiem projektowym jest spełnienie normy ISO/IEC19794-6, zgodnie z którą obraz tęczówki mającej średnicę rzędu 12 mm musi być reprezentowany przez minimum 150 do 200 pikseli obrazu zarejestrowanego na macierzy. Kierowane urządzenie optyczne jest połączone z jednostką centralną 200. Dostarcza obraz do jej dedykowanego interfejsu 201 i przyjmuje co najmniej 3 sygnały sterujące zapewniające sterowanie kierunkiem obserwacji obszaru obrazowanego przez kierowane urządzenie optyczne 113 oraz układem ogniskującym zapewniającym dopasowanie ostrości do odległości pomiędzy obiektem a kierowanym urządzeniem optycznym 113.

System zawiera ponadto pierwszą kamerę szerokąkątą 111 oraz drugą kamerę szerokąkątą 112 podłączone do jednostki centralnej 200, a ściślej dostarczającej cyfrowe reprezentacje obrazów do jej interfejsu 201. Jednostka centralna 200 jest przystosowana do rejestracji obrazów z pierwszej kamery 111, drugiej kamery 112 oraz kierowanego urządzenia optycznego 113. Ponadto jest wyposażona w środki do analizy obrazów i lokalizowania obiektów na podstawie zarejestrowanych obrazów stereoskopowych.

Na wstępie dokonuje się jednorazowej procedury kalibracji zestawu kamer stereowizyjnych za pomocą tablic testowych i metody opisanej np. w artykule Heikkilä J., Silven O., pt. „A four-step camera calibration procedure with implicit image correction, Computer Vision and Pattern Recognition”, 1997 IEEE Computer Society Conference, str. 1106–1112, 1997. Na tej podstawie powstają macierze translacji współrzędnych obrazu stereoskopowego na współrzędne obserwowanej przestrzeni. Do obliczenia położenia obiektu w przestrzeni na podstawie współrzędnych tego obiektu w obrazie stereoskopowym wykorzystuje się standardowe działania macierzowe projekcji współrzędnych związane z modelem kamery otworkowej.

Sieć działań sposobu działania systemu według wynalazku została zilustrowana na fig. 3. Blok 300 oznacza początek działania. Następnie, w etapach 301 i 302, rejestruje się obraz z pierwszej 111 i drugiej 112 kamery szerokąkątnej. Dzięki temu możliwa jest przestrzenna detekcja twarzy – obszar 002a – człowieka 002 znajdującego się w obszarze 000, jak ukazano na fig. 1, oraz zlokalizowania położenia jego cech biometrycznych. Do analizy wybiera się metody estymacji pozy w celu określenia jakie zestawy cech są widoczne i możliwe do akwizycji. W etapie 303 detekcji dokonuje się detekcji cechy biometrycznej, która ma podlegać akwizycji, którą w niniejszym przykładzie wykonania jest tęczówka oka.

Opcjonalnie etap 303 detekcji może obejmować wybór ze zbioru predefiniowanych cech, tej cechy biometrycznej analizowanej osoby, która jest najlepiej widoczna. Przykładowo w przypadku człowieka patrzącego na wprost kierowanego urządzenia optycznego 113, 113a, 113b, naturalnym wyborem jest tęczówka oka 002b. Jednak w przypadku człowieka zwróconego bokiem może to być ucho.

W etapie 304 lokalizacji, wyznacza się współrzędne tego oka, na podstawie współrzędnych położenia pierwszej 111 i drugiej 112 kamery oraz zarejestrowanych przez nie pierwszego i drugiego obrazu. W etapie 305 kieruje się kierowane urządzenie optyczne 113, tak aby wybrane oko mieściło się w obszarze, którego obraz rejestruje kierowane urządzenie optyczne 113. Wymaga to przyporządkowania sygnałów sterujących dla urządzenia optycznego 113 do wyznaczonych współrzędnych oka. Sygnały te obejmują sygnał „tilt” dla pierwszego silnika 401a sprzężonego z pierwszym zwierciadłem 401, sygnał „pan” dla drugiego silnika 402a, sprzężonego z drugim zwierciadłem 402.

Przetwarzanie współrzędnych oka na sygnały sterujące dla kierowanego urządzenia optycznego wymaga uprzedniego przeprowadzenia kalibracji systemu za pomocą obiektów testowych umieszczanych w obszarze 000, oraz manualne ustawienie zestawu sygnałów sterujących dla kierowanego urządzenia optycznego, tak aby obiekt kalibracyjny znajdował się w polu jego widzenia. W ten sposób tworzy się macierz, w której każdym trzem wartościom współrzędnych przestrzennych przyporządkowuje się trzy wartości sygnałów. Sygnały te to „tilt” – napędu pierwszego zwierciadła, „pan” – napędu drugiego zwierciadła oraz „Focus” układu ogniskowania.

Po ustawieniu obrazu z kierowanego urządzenia optycznego 113 na oko rozpoczyna się akwizycję danych biometrycznych. Taka akwizycja wymaga ciągłego namierzania oka z wykorzystaniem kierowanego urządzenia optycznego. W czasie akwizycji obraz oka należy utrzymać mimo tego, iż podmiot przemieszcza się i wykonuje ruchy głową. W związku z tym równolegle z analizą powtarza się etapy 301 i 302 akwizycji obrazów z pierwszej 111 i drugiej 112 kamery szerokokątnej i na bieżąco ustala się współrzędne oka korygując nastawy kierowanego urządzenia optycznego 113 w trakcie akwizycji danych biometrycznych.

Ściślej w etapie 308 sprawdza się czy akwizycja cechy biometrycznej, tj. w niniejszym przykładzie obrazu tęczęwki 002b oka, została zakończona i jeżeli tak to kończy się proces w etapie 307.

W przeciwnym wypadku etap 304 lokalizacji i etap 305 kierowania powtarza się, tak aby obszar obserwowany przez kierowane urządzenie optyczne „nadażał” za poruszającym się okiem.

Dla potrzeb śledzenia rzeczywistego obiektu wykorzystuje się dodatkowo predykcję ruchu, w której wykorzystując analizę ruchu zbliżającego się podmiotu obserwowanego za pomocą kamer szerokokątnych, przewiduje się charakterystyki ruchu nadążnego zwierciadeł i pierścienia ostrości. Dzięki takiemu rozwiązaniu, zwierciadła i napęd ostrości nie pracują wyłącznie w reżimie start-stop tylko w pewnych etapach podążają płynnie za obiektem.

Algorytmy predykcyjne, takie jak np. AI Focus opisany m. in. w amerykańskim zgłoszeniu patentowym US5475660A, są znane ze stanu techniki. Umożliwiają redukcję reakcji układu na ruchy obserwowanej cechy biometrycznej poprzez wyznaczenie składowej deterministycznej ruchu. Analogiczne algorytmy można zastosować do kierowania ruchem zwierciadeł.

Kierowane urządzenie optyczne 113, 113a, 113b według wynalazku ma za zadanie zapewnić możliwość płynnego przestrajania i „nadażania” za okiem poruszającego się normalnym krokiem człowieka przy jednoczesnej akwizycji danych biometrycznych z tego oka.

Przykład wykonania kierowanego urządzenia optycznego według wynalazku zilustrowano schematycznie na fig. 4. W niniejszym przykładzie wykonania do akwizycji danych biometrycznych stosuje się rejestrację obrazu w bliskiej podczerwieni, tj. promieniowania o długości fali mieszczącej się w zakresie 800 nm do 900 nm. Akwizycja ma dotyczyć oczu, a ściślej tęczęwek 002b osób znajdujących się w odległości pomiędzy 0.75 a 2.5 m od kierowanego urządzenia optycznego. W tym zakresie odległości wymagana jest regulacja ostrości zapewniana przez ruchomą soczewkę stanowiącą wraz z silnikiem sterowany układ ogniskowania 403. W niniejszym przykładzie wykonania zastosowano szybki i precyzyjny napęd mechanizmu ogniskowania SmarAct SLC-1720. Kierowane urządzenie optyczne zapewnia regulację kąta w płaszczyźnie poziomej w zakresie $\pm 20^\circ$ od osi głównej, natomiast w płaszczyźnie pionowej w zakresie $\pm 31^\circ$ od osi głównej.

Urządzenie rejestrujące 405 stanowi kamera z matrycą typu CMOS o rozdzielczości 8 MPix z funkcją Global Shutter, np. Dalsa Genie TS-C3500, rejestrująca obraz przenoszony przez promieniowanie ogniskowane na jej matrycy przez obiektyw 404 z wysuniętą żrenicą.

Obiektyw 404 rzuca na tę matrycę promieniowanie odbite przez drugie zwierciadło 402 zamocowane na osi O2 poruszanej przez silnik 401a galwanometryczny, np. Lincoln Laser PHX-300. Promieniowanie padające na drugie zwierciadło jest kierowane przez pierwsze zwierciadło 401 zamocowane na osi O1 napędzanej silnikiem 401a tego samego typu. Promieniowanie na pierwsze zwierciadło pada z układu ogniskowania 403, na który z kolei trafia z układu wejściowego 400.

Układ wejściowy 400 zawiera optyczny filtr odcinający promieniowanie o długości fali mniejszej niż 780 nm. Długość ta odpowiada początkowi pasma bliskiej podczerwieni. Wykorzystanie pasma bliskiej podczerwieni umożliwia rejestrację obrazu tęczęwki oka niezakłóconego odbłyskami pochodzącymi od otaczającego oświetlenia, dzięki czemu wzór tęczęwki jest dobrze widoczny.

Do oświetlenia wymuszonego obserwowanej sceny wykorzystywane są iluminatory LED pracujące w paśmie bliskiej podczerwieni o długości fali równej 850 nm, sterowane impulsowo w takt akwizycji kolejnych ramek obrazowych przez kamery 111, 112 i 113. Dobór czasu trwania impulsu umożliwia zamrożenie ruchu, podobnie jak to odbywa się w klasycznych lampach błyskowych.

Do akwizycji innych niż tęczęwka cech biometrycznych można naturalnie stosować również promieniowanie w paśmie światła widzialnego.

Pierwsze zwierciadło 401 uchyla się w płaszczyźnie pionowej zmieniając kierunek obserwacji „góra-dół” zgodnie z zewnętrznym sygnałem sterującym „tilt”.

Drugie zwierciadło 402 uchyla się w płaszczyźnie poziomej zmieniając kierunek obserwacji „lewo-prawo” zgodnie z zewnętrznym sygnałem sterującym „pan”.

Soczewka przemieszczana silnikiem, stanowiąca układ ogniskowania 403, jest sterowana sygnałem „Focus”.

Znawca posiadający umiejętności w zakresie projektowania układów optycznych jest w stanie zmienić kolejność elementów pomiędzy układem wejściowym 400 a obiektywem 404 bez trudu uzyskując ten sam efekt. Kluczowe jest zastosowanie obiektywu z wysuniętą źrenicą, gdyż dzięki temu do uzyskania wymaganego obrazu wystarczą niewielkie zwierciadła. Jest to bardzo istotne ze względu na fakt, że rozmiar zwierciadła wiąże się z jego ciężarem i momentem bezwładności na osi. Niewielkie zwierciadła są lekkie i dzięki temu można obracać je dość szybko i dość precyzyjnie, aby kierowany układ optyczny nadążał za okiem poruszającego się człowieka, co jest wymaganiem projektowym.

Dla znawcy jest jasnym iż można zastosować alternatywne układy dla ogniskowania obrazu obiektu. Kluczowy jest tutaj zakres odległości, w którym układ zapewnia ostry obraz. Tego typu układy również można zrealizować stosując ruchome zwierciadła.

Jest jasnym, że jednostkę sterującą 200 z interfejsem 201 można zrealizować na liczne sposoby mieszczące się w zakresie wynalazku. Jej funkcję może spełniać procesor sygnałowy, macierz FPGA, a nawet układ kilku takich urządzeń. Pomiedzy jednostką 200 a kierowanym urządzeniem optycznym można zastosować liczne dodatkowe układy buforujące i przetwarzające sygnały.

Mimo iż omówione przykłady realizacji wynalazku dotyczyły analizy tęczy oka dla znawcy jest jasnym, że wynalazek można również zastosować do analizy innych cech biometrycznych zlokalizowanych w okolicach twarzy a nawet dłoni.

Wynalazek może znaleźć również zastosowanie w systemach multibiometrycznych, w których jednocześnie rejestruje się więcej niż jedną cechę biometryczną. W szczególności dotyczy to systemów, w których cechy biometryczne pozyskuje się w pojedynczym procesie akwizycji obrazu. Są to obraz twarzy, dostępny z kamer szerokokątnych 111 i 112, obraz tęczy oka dostępny z kierowanego urządzenia optycznego 113, 113a, 113b, a także jako cechy pomocnicze obraz okolicy oka, czyli tzw. periocular recognition, i ucha.

Obraz ucha można uzyskać z kierowanego urządzenia optycznego 113, 113a, 113b, w chwili gdy obiekt znajdzie się pod odpowiednim kątem, zaś tęcza nie jest dobrze widoczna.

Zastrzeżenia patentowe

1. Kierowane urządzenie optyczne (113, 113a, 113b) do obserwacji ruchomego obiektu zawierające układ wejściowy (400), przez który promieniowanie jest doprowadzane do urządzenia optycznego (113, 113a, 113b) oraz pierwsze ruchome zwierciadło (401) zamocowane obrotowo względem pierwszej osi (O1) i odbijające promieniowanie przechodzące przez układ wejściowy (400), biegnące po odbiciu ku obiektywowi (404) ogniskującemu promieniowanie na urządzeniu rejestrującym (405),
znamienne tym, że obiektyw (404) stanowi obiektyw o wysuniętej źrenicy, zaś pomiędzy pierwszym ruchomym zwierciadłem (401) a obiektywem (404) znajduje się drugie ruchome zwierciadło (402) zamocowane obrotowo względem drugiej osi (O2) i umieszczone w źrenicy wejściowej obiektywu, zaś pomiędzy układem wejściowym (400) a urządzeniem rejestrującym (405) znajduje się sterowany układ ogniskowania (403), przy czym pierwsze zwierciadło (401) jest sprzężone z pierwszym napędem (401a), zaś drugie zwierciadło (402) jest sprzężone z drugim napędem (402a).
2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamienne tym**, że pierwszy (401a) i drugi (402a) napęd stanowią silniki galwanometryczne.
3. Urządzenie według zastrz. 1 albo 2, **znamienne tym**, że sterowany układ ogniskowania (403) stanowi ruchoma soczewka sprzężona ze sterowanym napędem.
4. Urządzenie według zastrz. 1 albo 2 albo 3, **znamienne tym**, że układ ogniskowania (403) jest zintegrowany z obiektywem (404).
5. Urządzenie według któregośkolwiek z zastrz. od 1 do 4, **znamienne tym**, że układ wejściowy zawiera filtr optyczny odcinający promieniowanie o niższych długościach fali niż długości odpowiadające bliskiej podczerwieni.

6. Urządzenie według zastrz. 5, **znamiennie tym**, że jest wyposażone w źródło promieniowania o długości fali w zakresie bliskiej podczerwieni.
7. System akwizycji cechy biometrycznej ruchomego obiektu wyposażony w pierwszą kamerę szerokokątną (111, drugą kamerę szerokokątną (112) oraz kierowane urządzenie optyczne (113, 113a, 113b) do obserwacji ruchomego obiektu, zawierające układ wejściowy (400), przez który promieniowanie jest doprowadzane do urządzenia optycznego (113, 113a, 113b), pierwsze ruchome zwierciadło (401) zamocowane obrotowo względem pierwszej osi (O1) i odbijające promieniowanie przechodzące przez układ wejściowy (400), biegnące po odbiciu ku obiektywowi (404) ogniskującemu promieniowanie na urządzeniu rejestrującym (405),
przy czym pierwsza kamera szerokokątna (111), druga kamera szerokokątna (112) oraz kierowane urządzenie optyczne (113, 113a, 113b) są podłączone do jednostki centralnej (200), zaś jednostka centralna jest przystosowana do rejestracji i analizy obrazu z pierwszej kamery (111), z drugiej kamery (112) i z kierowanego urządzenia optycznego (113, 113a, 113b) oraz do wystawiania sygnałów sterujących dla kierowanego urządzenia optycznego (113, 113a, 113b),
znamiennie tym, że
w kierowanym urządzeniu optycznym (113, 113a, 113b) obiektyw (404) stanowi obiektyw o wysuniętej żrenicy, zaś pomiędzy pierwszym ruchomym zwierciadłem (401) a obiektywem (404) znajduje się drugie ruchome zwierciadło (402) zamocowane obrotowo względem drugiej osi (O2) i umieszczone w żrenicy wejściowej obiektywu, zaś pomiędzy układem wejściowym (400) a urządzeniem rejestrującym (405) znajduje się sterowany układ ogniskowania (403), przy czym pierwsze zwierciadło (401) jest sprzężone z pierwszym napędem (401a) zaś drugie zwierciadło (402) jest sprzężone z drugim napędem (402a),
zaś sygnały sterujące z jednostki centralnej (200) stanowią sygnały sterujące dla pierwszego napędu (401a), drugiego napędu (402a) oraz sterowanego układu ogniskowania (403).
8. System według zastrz. 7, **znamiennie tym**, że do jednostki centralnej są podłączone co najmniej pierwsze kierowane urządzenie optyczne (113a) i drugie kierowane urządzenie optyczne (113b).
9. System według zastrz. 7 albo 8, **znamiennie tym**, że zawiera sterowane przez jednostkę centralną (200) źródło promieniowania przystosowane do oświetlania obszaru, na który skierowane jest kierowane urządzenie optyczne (113, 113a, 113b).
10. System według zastrz. 7 albo 8 albo 9, **znamiennie tym**, że pierwszy (401a) i drugi (402a) napęd stanowią silniki galwanometryczne.
11. Sposób akwizycji cechy biometrycznej ruchomego obiektu obejmujący:
etap (301) rejestracji pierwszego obrazu, w którym rejestruje się pierwszy obraz obiektu w pierwszym położeniu za pomocą pierwszej kamery szerokokątnej (111),
etap (302) rejestracji drugiego obrazu, w którym rejestruje się drugi obraz obiektu w pierwszym położeniu za pomocą drugiej kamery szerokokątnej (112),
etap (303) detekcji, w którym lokalizuje się cechę biometryczną na pierwszym i drugim obrazie za pomocą jednostki centralnej (200),
etap (304) lokalizacji, w którym za pomocą jednostki centralnej (200) wyznacza się współrzędne w przestrzeni tej cechy biometrycznej na podstawie współrzędnych położenia pierwszej i drugiej kamery oraz lokalizacji tej cechy biometrycznej na pierwszym i drugim obrazie dla obiektu w pierwszym położeniu,
etap (305) kierowania, w którym za pomocą jednostki centralnej (200) przetwarza się wyznaczone współrzędne przestrzenne cechy biometrycznej na sygnały sterujące dla kierowanego urządzenia optycznego dla śledzenia kolejnych położenia cechy biometrycznej
etap (306) akwizycji cechy biometrycznej (002b) za pomocą urządzenia rejestrującego (405) w kierowanym urządzeniu optycznym (113),
znamiennie tym, że

etap (305) kierowania obejmuje ustalenie nastaw dla pierwszego napędu (401a) do wysterowania pierwszego ruchomego zwierciadła (401), dla drugiego napędu (402a) do wysterowania drugiego ruchomego zwierciadła (402) oraz dla sterowanego układu ogniskowania (403), tak aby obserwowana cecha biometryczna mieściła się w obszarze, którego obraz rejestruje kierowane urządzenie optyczne (113),

i tym, że etap (301) rejestracji pierwszego obrazu, etap (302) rejestracji drugiego obrazu, etap (303) detekcji, etap (304) lokalizacji oraz etap (305) kierowania powtarza się cyklicznie w trakcie wykonywania etapu (306) akwizycji, tak aby rejestrować obraz aktualnego położenia cechy biometrycznej.

12. Sposób według zastrz. 11, **znamienny tym**, że co najmniej jedną z ustalanych w etapie (305) kierowania nastaw odczytuje się z predefiniowanej tablicy nastaw.
13. Sposób według zastrz. 12, **znamienny tym**, że predefiniowaną tablicę nastaw ustala się analizując uprzednio obiekt kalibracyjny ustawiany w różnych położeniach.
14. Sposób według zastrz. 11 albo 12 albo 13, **znamienny tym**, że co najmniej jedną z nastaw ustalanych w etapie (305) kierowania ustala się z wykorzystaniem predykcji na podstawie wyznaczonych uprzednio lokalizacji cechy biometrycznej na pierwszym i drugim obrazie.
15. Sposób według któregośkolwiek z zastrz. 11 do 14, **znamienny tym**, że pierwszy (401a) i drugi (402a) napęd stanowią silniki galwanometryczne.

Rysunki

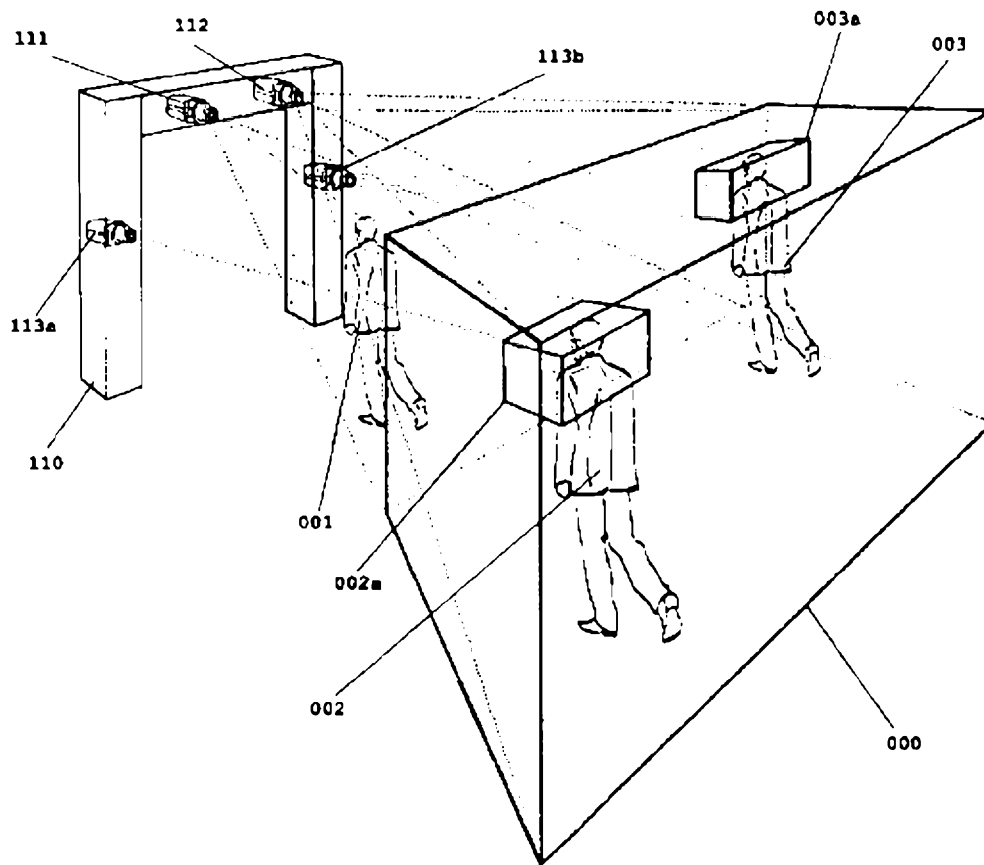


Fig. 1

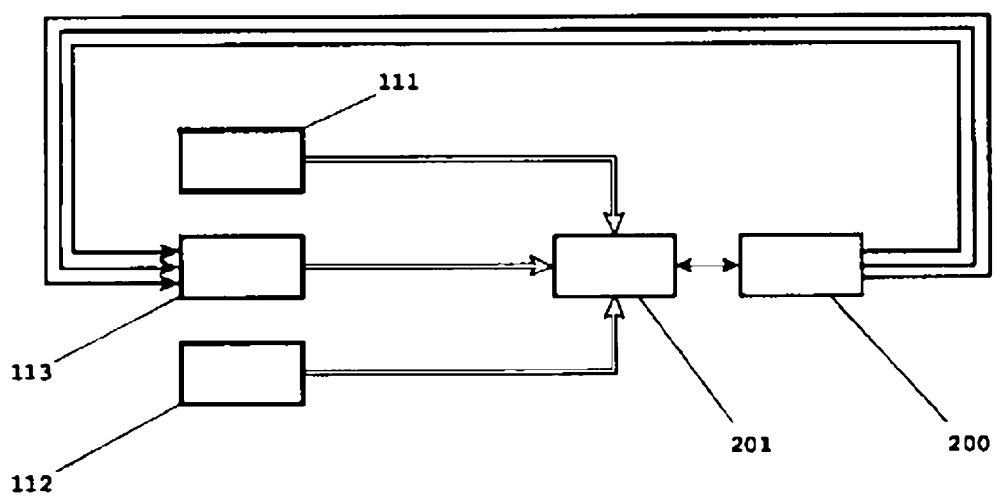
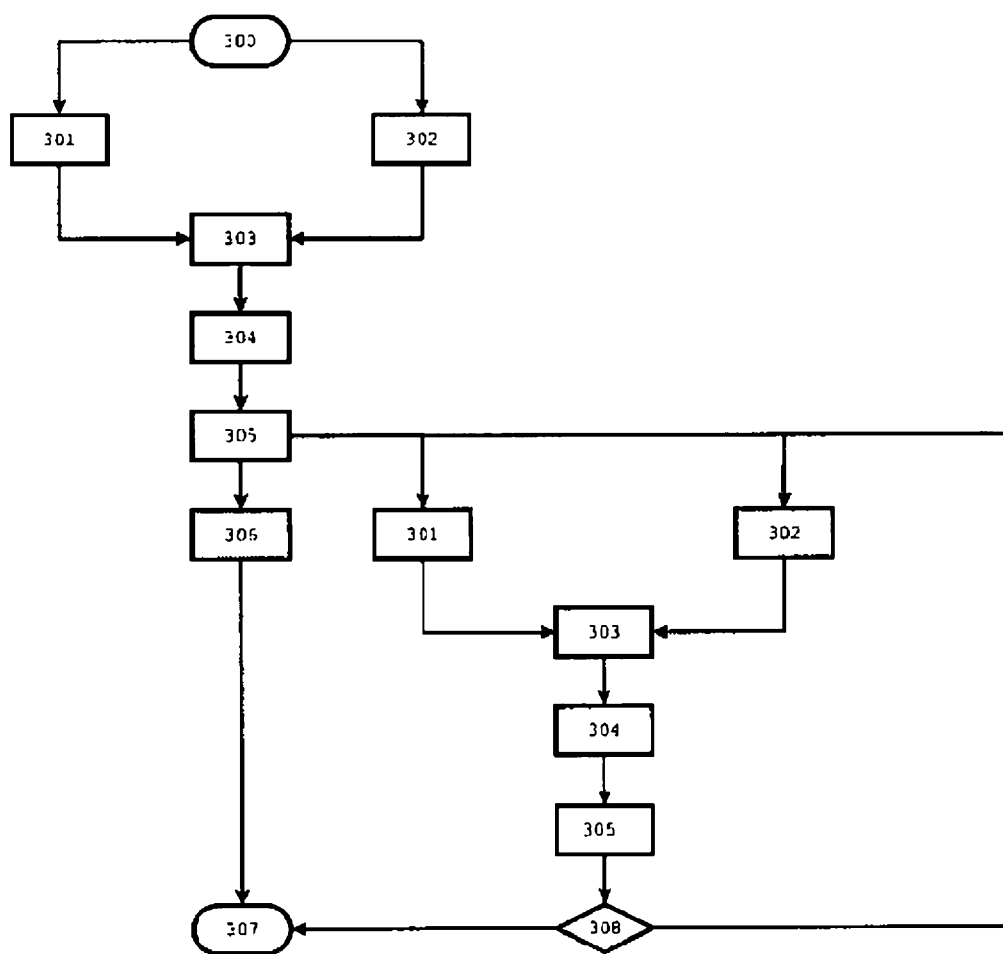
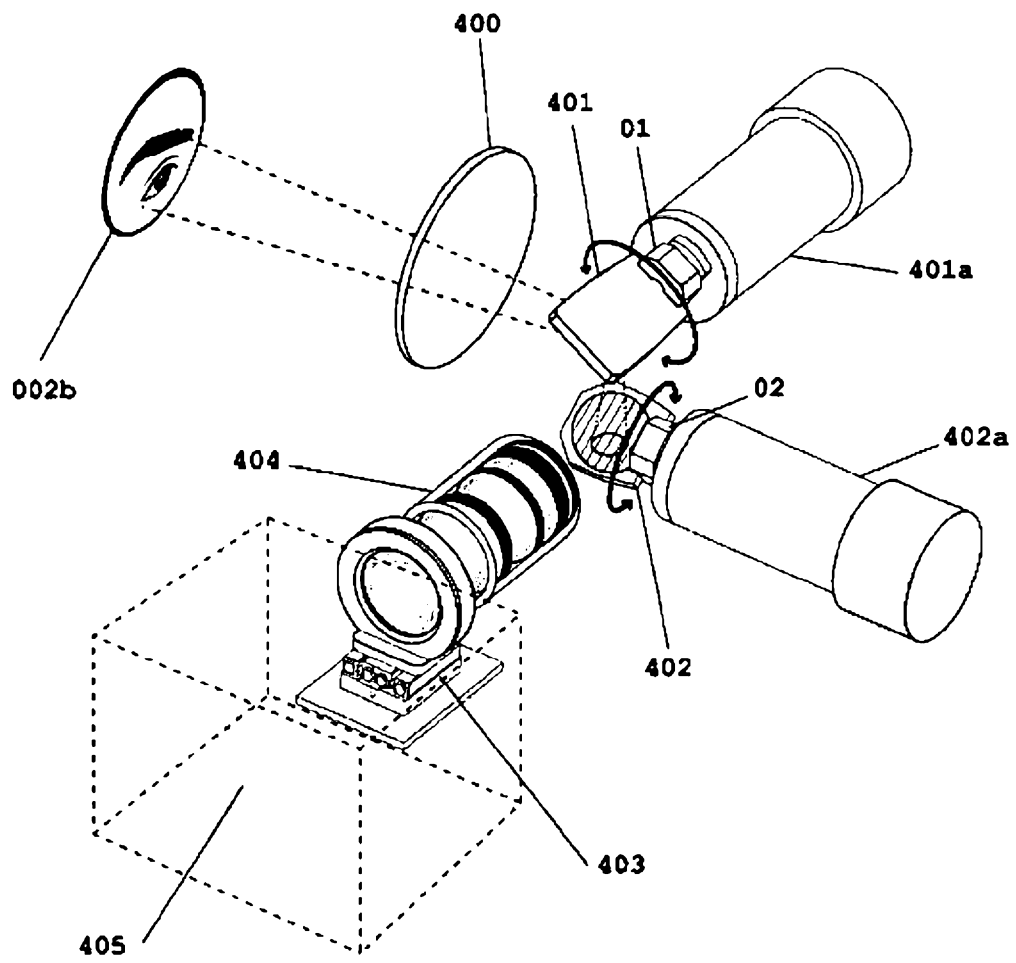


Fig. 2

**Fig. 3**

**Fig. 4**