

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 242003 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **434211**

(22) Data zgłoszenia: **2020.06.04**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.12.06 BUP 36/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.01.02 WUP 01/2023**

(51) MKP:

**G01C 11/36** (2006.01)

**G01C 23/00** (2006.01)

**G08G 5/04** (2006.01)

**B64D 45/00** (2006.01)

**B64D 47/08** (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**SZENDER MARCIN MSP, Drogomyśl, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**MARCIN SZENDER, Drogomyśl, PL**

**DAWID MIESZALSKI, Warszawa, PL**

**DAMIAN PĘSZOR, Studzienice, PL**

**JAKUB ROŚNER, Rybnik, PL**

**MARCIN PASZKUTA, Sączów, PL**

**KONRAD WOJCIECHOWSKI, Gliwice, PL**

(74) Pełnomocnik:

**Robert Jarzynka, Warszawa, PL**

(54) Tytuł:

**Układ wykrywania przeszkód**

**PL 242003 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ wykrywania przeszkód stosowany szczególnie do wykrywania wolnej przestrzeni na trasie statku powietrznego.

Z chińskiego wynalazku nr CN108594851, znany jest układ wykrywania przeszkód, zastosowany do autonomicznej metody i systemu wykrywania przeszkód dla bezzałogowego statku powietrznego opartego na widzeniu obuocznym. System zawiera dwuokularowy system wizyjny umieszczony na bezzałogowym statku powietrznym, moduł czujników i system kontroli lotu; sposób obejmuje etapy uzyskiwania przez okulary widzenia informacji o środowisku lotu bezzałogowego statku powietrznego, a informacje wizualne są przetwarzane w celu uzyskania informacji o przeszkodzie; moduł czujników uzyskuje informacje o stanie bezzałogowego statku powietrznego; system sterowania lotem odbiera informacje o przeszkodach i informacje o stanie bezzałogowego statku powietrznego, ustala tor lotu, generuje polecenie sterowania lotem i wysyła polecenie sterowania lotem do bezzałogowego statku powietrznego; bezzałogowy statek powietrzny unika przeszkód do latania zgodnie z poleceniem kontroli lotu. Dwuokularowy system wizyjny składa się z dwóch kamer pokładowych i jednostki przetwarzania obrazu; dwie kamery pokładowe uzyskują wizualne informacje o środowisku statku, a dane są przesyłane do jednostki przetwarzania obrazu, która analizuje informacje wizualne i w rezultacie określa i przekazuje informacje o przeszkodzie, a informacja o przeszkodzie przechodzi przez magistralę CAN i jest wysyłana do systemu sterowania lotem. Moduł czujników zawiera inercyjną jednostkę pomiarową IMU, globalny system pozycjonowania GPS, kompas magnetyczny i barometr do pomiaru wysokości i lotu statku powietrznego. Informacje o statusie lotu, takie jak kurs, prędkość lotu, położenie w locie itp., informacje z czujników uzyskane przez moduł czujników są przesyłane do systemu sterowania lotem za pośrednictwem magistrali CAN.

Z amerykańskiego wynalazku nr US6678394 znany jest układ wykrywania przeszkód, oparty o trójwymiarowe (3-D) rozwiązanie do wykrywania przeszkód w widzeniu maszynowym, obejmujące metodę i urządzenie do wykonywania wysoce integralnego i wydajnego widzenia maszynowego. Rozwiązanie do wykrywania przeszkód w widzeniu maszynowym konwertuje dwuwymiarowe dane pikseli wideo na dane punktów 3D, które są używane do obliczania najbliższej odległości od pojazdu do punktów obiektów 3D, dla dowolnego obiektu w zasięgu co najmniej jednego urządzenia obrazowania skonfigurowanego do wykrywania przeszkód. Aparat do wykrywania przeszkód zawiera urządzenie do akwizycji obrazu przystosowane do stereoskopowego oglądania monitorowanej sceny i przekazywania wyników wielu sygnałów wyjściowych wideo do komputera w celu dalszego przetwarzania. Wiele sygnałów wyjściowych wideo jest podłączonych do wejścia procesora wideo przystosowanego do przyjmowania sygnałów wideo. Obrazy wideo z każdej kamery są następnie synchronicznie próbkowane, przechwytywane i przechowywane w pamięci powiązanej z procesorem ogólnego przeznaczenia. Zdigitalizowany obraz w postaci informacji o pikselach można następnie pobrać, zmieniać i przetwarzać w inny sposób, zgodnie z możliwościami systemu wizyjnego. Metoda i aparatura do wykrywania przeszkód w widzeniu maszynowym obejmuje dwie fazy działania: uczenie i wykonywanie. Trening jest serią kroków, w których dane obrazu 3D i inne dane 3D są łączone w model 3D w trakcie nawigowania pojazdu. W czasie wykonywania jednostki obserwowane i opcjonalnie segmentowane obiekty z kamery w pojeździe są porównywane z modelem w celu wykrycia przeszkód oraz ich względnej pozycji i trajektorii.

Z chińskiego wynalazku nr CN108805906, znany jest sposób wykrywania i pozycjonowania przeszkody ruchowej oparty na obrazach głębokości i dotyczący sposobu wykrywania i pozycjonowania przeszkody ruchomej oparty na obrazach głębokości widzenia obuocznego. Metoda ma na celu rozwiązanie istniejących problemów w opartej na wizji metodzie wykrywania i pozycjonowania przeszkód, polegającej na tym, że złożoność obliczeniowa jest duża, szybkość jest mała i trudno jest odróżnić przeszkody i otoczenie o podobnych cechach obrazu. Zgodnie z tą metodą, obrazy są zbierane przez równolegle skonfigurowane kamery dwuokularowe, a odwzorowywanie, binaryzacja i inne przetwarzanie są wykonywane na obrazach w celu uzyskania konturów przeszkód w obrazach; następnie lokalizacje przeszkód są przenoszone do lokalnego układu współrzędnych geograficznych, a określone zakłócenia lokalizacji są usuwane w połączeniu z relacją lokalizacji przestrzennej; a tryb filtrowania Kalmana służy do oszacowania stanów ruchu przeszkód, aby poprawić dokładność pozycjonowania przeszkód. Metoda nadaje się do wykrywania i pozycjonowania przeszkód w ruchu na podstawie obrazów głębokości widzenia obuocznego.

Celem wynalazku jest dokonanie dokładnej analizy przestrzeni w czasie rzeczywistym, detekcja przeszkód i określenie wolnej przestrzeni dla statku powietrznego.

Wynalazek rozwiązuje problem wyszukiwania lądowiska w czasie rzeczywistym bez jakiegokolwiek wcześniejszej wiedzy dotyczącej terenu.

Istota wynalazku polega na tym, że w układzie wykrywania przeszkód, zawierającym dwie kamery dołączone do rejestratora oraz układ nawigacji inercyjnej dołączony do rejestratora, zgodnie z rozwiązaniem według wynalazku, rejestrator jest rejestratorem synchronizującym mającym przynajmniej jedno wyjście sygnału zsynchronizowanego. Istota polega dalej na tym, że układ ma iteracyjny kalibrator stereowizyjny dołączony do rejestratora synchronizującego; układ ma rektyfikujący korektor dystorsji dołączony do iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego oraz dołączony jednocześnie do rejestratora synchronizującego i iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego; układ ma analizator rozbieżności stereowizyjnej dołączony do rektyfikującego korektora dystorsji oraz dołączony jednocześnie do iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego i rektyfikującego korektora dystorsji. Ponadto układ ma estymator płaszczyzny w rozbieżności dołączony do rejestratora synchronizującego oraz dołączony do analizatora rozbieżności stereowizyjnej; układ ma detektor przeszkód fazy lądowania dołączony do estymatora płaszczyzny w rozbieżności oraz dołączony jednocześnie do analizatora rozbieżności stereowizyjnej i estymatora płaszczyzny w rozbieżności. Wyjściem układu jest wyjście detektora przeszkód fazy lądowania. Dzięki temu rozwiązaniu możliwe jest odróżnienie przeszkód znajdujących się na powierzchni lądowiska od samego lądowiska cechującego się podobną charakterystyką, lecz dominującego pole widzenia układu stereowizyjnego przy lądowaniu umożliwiając jednocześnie odróżnianie przeszkód na podstawie ich odległości dzięki użyciu rozbieżności stereowizyjnej. Przedstawione rozwiązanie umożliwia zastosowanie w nieznanych warunkach lądowania, gdzie płaszczyzna lądowska ograniczona jest do lokalnego otoczenia miejsca lądowania i nie odbiega swoją charakterystyką od rzeczywistej płaszczyzny. Tak skonstruowany system nie wymaga sygnalizacji lądowiska ani systemu nakierowywania urządzenia opartego o detekcję przez systemy operujące w pobliżu wyznaczonego miejsca lądowania. Dzięki zastosowanemu rozwiązaniu system nie wymaga żadnej wiedzy o obszarze lądowania przed jego rozpoczęciem.

Korzystnie iteracyjny kalibrator stereowizyjny ma przynajmniej dwa konsolidatory intensywnościowe dołączone do wejść iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego, ma przynajmniej dwa detektory punktów przecięć, przy czym pierwszy detektor punktów przecięć dołączony jest do pierwszego konsolidatora intensywnościowego, a drugi detektor punktów przecięć dołączony jest do drugiego konsolidatora intensywnościowego. Ponadto ma przynajmniej dwa różnicowe kwalifikatory ramki, przy czym pierwszy różnicowy kwalifikator ramki dołączony jest do pierwszego detektora punktów przecięć, a drugi różnicowy kwalifikator ramki dołączony jest do drugiego detektora punktów przecięć. Ma także przynajmniej dwa kalibratory Zhanga-Strobla, przy czym pierwszy kalibrator Zhanga-Strobla dołączony jest do pierwszego różnicowego kwalifikatora ramki, a drugi kalibrator Zhanga-Strobla dołączony jest do drugiego różnicowego kwalifikatora ramki. Ma także przynajmniej dwa rekonstruktory wzorca, przy czym pierwszy rekonstruktor wzorca dołączony jest do pierwszego kalibratora Zhanga-Strobla oraz do pierwszego różnicowego kwalifikatora ramki, a drugi rekonstruktor wzorca dołączony jest do drugiego kalibratora Zhanga-Strobla oraz do drugiego różnicowego kwalifikatora ramki, ponadto rekonstruktory wzorca dołączone są do wyjść iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego. Kalibrator stereowizyjny ma przynajmniej jeden kwalifikator ramek stereo dołączony jednocześnie do różnicowych kwalifikatorów ramki, kalibratorów Zhanga-Strobla i rekonstruktorów wzorca; ma przynajmniej jeden kalibrator stereo dołączony jednocześnie do pierwszego rekonstruktora wzorca i wyjść iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego, oraz dołączony jednocześnie do drugiego rekonstruktora wzorca i wyjść iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego, oraz dołączony jednocześnie do pierwszego różnicowego kwalifikatora ramki, pierwszego kalibratora Zhanga-Strobla, pierwszego rekonstruktora wzorca i kwalifikatora ramek stereo, oraz dołączony jednocześnie do drugiego różnicowego kwalifikatora ramki, drugiego kalibratora Zhanga-Strobla, drugiego rekonstruktora wzorca i kwalifikatora ramek stereo. Ponadto kalibrator stereo dołączony jest do wyjścia iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego. Dzięki temu rozwiązaniu możliwym jest wykorzystanie informacji o niedoskonałości trójwymiarowej tablicy kalibracyjnej pozyskanej w ramach kalibracji jednej kamery do kalibracji drugiej kamery, co w konsekwencji umożliwia poprawienie jakości kalibracji pierwszej kamery.

Korzystnie rektyfikujący korektor dystorsji ma przynajmniej jeden estymator transformacji rektyfikującej dołączony do wejścia rektyfikującego korektora dystorsji; ma przynajmniej dwa generatory mapy przekształceń dołączone do estymatora transformacji rektyfikującej oraz dołączone jednocześnie do estymatora transformacji rektyfikującej i do wejść rektyfikującego korektora dystorsji; ma przynajmniej

dwa rejestry parametrów, przy czym pierwszy rejestr parametrów dołączony jest do pierwszego generatora mapy przekształceń, a drugi rejestr parametrów dołączony jest do drugiego generatora mapy przekształceń. Ponadto ma przynajmniej dwa interpolujące transformatory geometryczne, dołączone do wejść rektyfikującego korektora dystorsji, oraz dołączone do wyjść rektyfikującego korektora dystorsji, oraz dołączone do rejestrów parametrów, przy czym pierwszy interpolujący transformator geometryczny dołączony jest do pierwszego rejestru parametrów, a drugi interpolujący transformator geometryczny dołączony jest do drugiego rejestru parametrów. Dzięki temu rozwiązaniu minimalizowana jest potrzeba korelowania obrazów z uwzględnieniem przesunięcia w pionie, ze względu na fakt, że zrektyfikowane obrazy posiadają projekcje tych samych obiektów na sprzężonych liniach epipolarnych. Jednocześnie minimalizowana jest możliwość negatywnego wpływu rotacji jednej kamery względem drugiej na odnajdywanie korelacji poprzez zmianę pikseli biorących udział w oknie korelacyjnym, dzięki temu, że osie okien na zrektyfikowanych obrazach są równoległe.

Korzystnie analizator rozbieżności stereowizyjnej ma przynajmniej jeden predyktor rozbieżności płaszczyzny dołączony do wejść analizatora rozbieżności stereowizyjnej; ma pierwszy dyskretny korelator Fouriera dołączony do predyktora rozbieżności płaszczyzny; ma pierwszy normalizator korelacji dołączony do pierwszego dyskretnego korelatora Fouriera. Ponadto ma pierwszy zespół przynajmniej sześciu decymatorów gaussowskich, z których pierwsze trzy dołączone są jednocześnie do wejść analizatora rozbieżności stereowizyjnej, pierwszego dyskretnego korelatora Fouriera i pierwszego normalizatora korelacji, a kolejne trzy dołączone są jednocześnie do kolejnych wejść analizatora rozbieżności stereowizyjnej i pierwszego dyskretnego korelatora Fouriera. A także ma drugi dyskretny korelator Fouriera dołączony do pierwszego normalizatora korelacji; ma drugi normalizator korelacji dołączony do drugiego dyskretnego korelatora Fouriera oraz ma drugi zespół przynajmniej sześciu decymatorów gaussowskich, z których pierwsze trzy dołączone są jednocześnie do drugiego dyskretnego korelatora Fouriera, drugiego normalizatora korelacji i kolejno do pierwszych trzech decymatorów gaussowskich pierwszego zespołu decymatorów gaussowskich, a kolejne trzy decymatory gaussowskie drugiego zespołu decymatorów gaussowskich dołączone są jednocześnie do drugiego dyskretnego korelatora Fouriera i kolejno do kolejnych trzech decymatorów gaussowskich pierwszego zespołu decymatorów gaussowskich. Ponadto, ma trzeci dyskretny korelator Fouriera dołączony do drugiego dyskretnego korelatora Fouriera, oraz dołączony do kolejnych trzech decymatorów gaussowskich drugiego zespołu decymatorów gaussowskich; ma trzeci normalizator korelacji dołączony do trzeciego dyskretnego korelatora Fouriera, oraz dołączony jednocześnie do trzeciego korelatora Fouriera i kolejno do pierwszych trzech decymatorów gaussowskich drugiego zespołu decymatorów gaussowskich, oraz dołączony do wyjść analizatora rozbieżności stereowizyjnej. Dzięki temu rozwiązaniu możliwe jest szybkie odnalezienie rozbieżności, gdyż pozwala to na ograniczenie rozmiaru korelowanego obszaru na kolejnych poziomach piramidy Gaussa po najwyższym. Jednocześnie pozwala to na minimalizację szumów związanych z podobieństwem różnych obszarów lądowiska, ponieważ okno korelacyjne wyższego poziomu piramidy Gaussa bierze pod uwagę szerszy obraz lądowiska, co podwyższa jego unikalność.

Korzystnie przynajmniej jeden normalizator korelacji ma sumator kwadratów dołączony do przynajmniej jednego wejścia normalizatora korelacji; ma subtraktor z przesunięciem fazowym dołączony do sumatora kwadratów; ma kalkulator pierwiastka sumy dołączony do subtraktora z przesunięciem fazowym; ma dywizor normalizujący dołączony do kalkulatora pierwiastka sumy, oraz dołączony do wejścia normalizatora korelacji. Ponadto, ma maksymalizator korelacji dołączony do dywizora normalizującego, natomiast wyjścia maksymalizatora korelacji dołączone są do wyjść normalizatora korelacji. Dzięki temu rozwiązaniu możliwe jest uzyskanie na podstawie dyskretnej transformaty Fouriera wartości znormalizowanej korelacji krzyżowej, która w kontekście rozpoznawania odpowiedniości pikseli reprezentujących płaszczyznę lądowiska cechuje się większą skutecznością niż korelacja krzyżowa i inne popularne funkcje korelacyjne.

Korzystnie estymator płaszczyzny w rozbieżności ma generator pseudolosowy; ma estymator błędu orientacji połączony do wejść estymatora płaszczyzny w rozbieżności; ma kontroler RANSAC dołączony do generatora pseudolosowego, oraz dołączony do estymatora błędu orientacji, oraz dołączony do wejść estymatora płaszczyzny w rozbieżności, oraz dołączony jednocześnie do estymatora błędu orientacji i wejść estymatora płaszczyzny w rozbieżności. Ponadto ma optymalizator parametrów płaszczyzny dołączony do kontrolera RANSAC; ma kontroler orientacji dołączony do kontrolera; ma rekonstruktor płaszczyzny dołączony do kontrolera RANSAC, natomiast wyjście rekonstruktora płasz-

czynny dołączony jest do wyjść estymatora płaszczyzny w rozbieżności. Dzięki temu rozwiązaniu możliwe jest wpasowanie równania płaszczyzny w rozbieżności do rzeczywistych odczytów rozbieżności i identyfikacja transformacji płaszczyzny lądowiska względem układu stereowizyjnego.

Korzystnie detektor przeszkód fazy lądowania ma subtraktor płaszczyzny lądowiska dołączony do wejścia detektora przeszkód fazy lądowania; ma filtrator odszumiający dołączony do subtraktora płaszczyzny lądowiska; ma detektor konturów dołączony do filtratora odszumiającego; ma dyskryminator kształtu przeszkody dołączony do detektora konturów, oraz dołączony jednocześnie do subtraktora płaszczyzny lądowiska i drugiego wejścia detektora przeszkód fazy lądowania, przy czym wyjście dyskryminatora kształtu przeszkody dołączony jest do wyjścia detektora przeszkód fazy lądowania. Dzięki temu rozwiązaniu możliwe jest usunięcie z mapy rozbieżności informacji związanej z rozbieżnością płaszczyzny, która stanowi największy obiekt widoczny dla systemu stereowizyjnego, a która jednocześnie nie jest interpretowana jako przeszkoda. Tym samym możliwym jest określenie wartości rozbieżności względem wartości rozbieżności powierzchni lądowiska, pochodzących od przeszkód widzianych przez układ stereowizyjny i na tej podstawie identyfikacja przeszkód.

Wynalazek umożliwia szybką analizę przestrzeni i w rezultacie wykrycie przeszkód znajdujących się na trasie statku powietrznego.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat ideowy układu wykrywania przeszkód, fig. 2 przedstawia schemat ideowy iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego, fig. 3 przedstawia schemat ideowy rektyfikującego korektora dystorsji, fig. 4 przedstawia schemat ideowy analizatora rozbieżności stereowizyjnej, fig. 5 przedstawia schemat ideowy normalizatora korelacji, fig. 6 przedstawia schemat ideowy estymatora płaszczyzny w rozbieżności, a fig. 7 – schemat ideowy detektora przeszkód fazy lądowania.

Układ wykrywania przeszkód w przykładzie wykonania zilustrowanym na fig. 1 zawiera lewą kamerę 1, prawą kamerę 2, układ nawigacji inercyjnej 3, rejestrator synchronizujący 4, iteracyjny kalibrator stereowizyjny 5, rektyfikujący korektor dystorsji 6, analizator rozbieżności stereowizyjnej 7, estymator płaszczyzny w rozbieżności 8 oraz detektor przeszkód fazy lądowania 9.

Wyjścia sygnałów sekwencyjnych wartości intensywności kolorów lewej kamery 1 dołączone są do wejść rejestratora synchronizującego 4 oddzielnymi połączeniami dla kolorów: czerwonego 1a, zielonego 1b i niebieskiego 1c, natomiast wyjścia sygnałów sekwencyjnych wartości intensywności kolorów prawej kamery 2 dołączone są do wejść rejestratora synchronizującego 4 oddzielnymi połączeniami dla kolorów: czerwonego 2a, zielonego 2b i niebieskiego 2c. Wyjście sekwencyjnych wartości kątów Eulera reprezentujących orientację układu nawigacji inercyjnej 3 dołączone jest 3a do wejść rejestratora synchronizującego 4, jak również wyjście sekwencyjnych wartości położenia geograficznego układu nawigacji inercyjnej 3 dołączone jest 3b do wejść rejestratora synchronizującego 4. Wyjścia zsynchronizowanych sygnałów sekwencyjnych wartości intensywności kolorów lewej kamery dla kolorów: czerwonego 4a, zielonego 4b i niebieskiego 4c rejestratora synchronizującego 4 oraz wyjścia zsynchronizowanych sygnałów sekwencyjnych wartości intensywności kolorów prawej kamery dla kolorów: czerwonego 4d, zielonego 4e i niebieskiego 4f rejestratora synchronizującego 4 dołączone są jednocześnie do wejść iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego 5 oraz do wejść rektyfikującego korektora dystorsji 6, natomiast dwa wyjścia dostarczające zsynchronizowany sygnał w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości orientacji 4g i wartości położenia geograficznego urządzenia 4h dołączone są do wejść estymatora płaszczyzny w rozbieżności 8. Dwa wyjścia sygnałów sekwencyjnie wysyłanych wartości reprezentujących parametry dystorsji lewej kamery 5a i prawej kamery 5b iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego 5 dołączone są do wejść rektyfikującego korektora dystorsji 6, natomiast trzy wyjścia sygnałów sekwencyjnie wysyłanych wartości: reprezentujących parametry wewnętrzne lewej kamery 5d, reprezentujących parametry wewnętrzne prawej kamery 5e i parametrów zewnętrznych układu stereowizji 5c dołączone są jednocześnie do wejść rektyfikującego korektora dystorsji 6 i analizatora rozbieżności stereowizyjnej 7. Wyjścia rektyfikującego korektora dystorsji 6 dostarczające zsynchronizowane sygnały z lewej kamery w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości intensywności koloru czerwonego 6a, zielonego 6b i niebieskiego 6c po operacji rektyfikacji, jak również dostarczające zsynchronizowane sygnały z prawej kamery w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości intensywności koloru czerwonego 6d, zielonego 6e i niebieskiego 6f po operacji rektyfikacji, dołączone są do wejść analizatora rozbieżności stereowizyjnej 7. Wyjście analizatora rozbieżności stereowizyjnej 7 dostarczające sygnał w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości odpowiadających przesunięciu fazowemu najwyższej wartości sygnału korelacji, czyli rozbieżności, w pionie, dołączone jest 7a do wejścia estymatora płaszczyzny w rozbieżności 8, natomiast wyjście analizatora rozbieżności stereowizyjnej 7 dostarczające

sygnał w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości odpowiadających przesunięciu fazowemu najwyższej wartości sygnału korelacji, czyli rozbieżności, w poziomie, dołączone jest jednocześnie **7b** do wejścia estymatora płaszczyzny w rozbieżności **8** i wejścia detektora przeszkód fazy lądowania **9**. Dwa wyjścia estymatora płaszczyzny w rozbieżności **8** dostarczające zsynchronizowane sygnały w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości orientacji po poprawce **8a** i wartości położenia geograficznego urządzenia po poprawce **8b** dołączone są do wejść analizatora rozbieżności stereowizyjnej **7**, natomiast wyjście estymatora płaszczyzny w rozbieżności **8** dostarczające sygnał w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości rozbieżności dla dopasowanej płaszczyzny dołączone jest **8c** do wejścia detektora przeszkód fazy lądowania **9**.

Zadaniem rejestratora synchronizującego **4** jest pobranie z lewej kamery **1** i prawej kamery **2** sygnałów reprezentujących obraz i synchronizowanie ich między sobą oraz z sygnałami reprezentującymi orientację i położenie urządzenia pochodzącymi z układu nawigacji inercyjnej **3**. Zsynchronizowane sygnały są następnie udostępniane innym urządzeniom. Rejestrator synchronizujący **4** współpracuje z trzema innymi urządzeniami w sposób bezpośredni – dostarcza sygnał iteracyjnemu kalibratorowi stereowizyjnemu **5**, w celu uzyskania kalibracji układu stereowizyjnego, oraz, gdy kalibracja jest już wyznaczona, dostarcza danych rektyfikującemu korektorowi dystorsji **6** w celu zasilenia rektyfikowanymi obrazami analizatora rozbieżności stereowizyjnej **7**, ponadto dostarcza danych estymatorowi płaszczyzny w rozbieżności **8**. Zadaniem iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego **5** jest kalibracja układu stereowizyjnego przy użyciu tablicy kalibracyjnej złożonej z niekoniecznie doskonałej płaszczyzny, na której nadrukowana jest na białym tle czarno-biała szachownica o niekoniecznie doskonale odzwierciedlonych założonych długościach boków. Rektyfikujący korektor dystorsji **6** otrzymuje pary obrazów od rejestratora synchronizującego **4**, parametry wewnętrzne i dystorsji obu kamer, a także parametry zewnętrzne układu stereowizji od iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego **5**. Na podstawie tych danych rektyfikujący korektor dystorsji **6** przekształca parę obrazów wejściowych na ich zrektyfikowaną formę, która następnie dostarczana jest do analizatora rozbieżności stereowizyjnej **7**. Zadaniem analizatora rozbieżności stereowizyjnej **7** jest wyznaczenie mapy rozbieżności pomiędzy zrektyfikowanymi obrazami dostarczonymi przez rektyfikujący korektor dystorsji **6**. Wynikowa mapa rozbieżności wysyłana jest do estymatora płaszczyzny w rozbieżności **8** i do detektora przeszkód fazy lądowania **9**. Zadaniem estymatora płaszczyzny w rozbieżności **8** jest odnalezienie płaszczyzny w przestrzeni rozbieżności na podstawie mapy rozbieżności dostarczonej przez analizator rozbieżności stereowizyjnej **7**. Estymator płaszczyzny w rozbieżności **8** ma dwa tryby działania – z usztywnieniem orientacji oraz bez. W obu przypadkach, estymator używa metody *Random Sample Consensus* i metody najmniejszych kwadratów do dopasowania płaszczyzny. Informacja o dopasowanej płaszczyźnie w formie orientacji (o ile nie jest ona usztywniona na polecenie analizatora rozbieżności stereowizyjnej **7**) i wysokości urządzenia nad płaszczyzną jest przesyłana do detektora przeszkód fazy lądowania **9**. Detektor przeszkód fazy lądowania **9** otrzymuje dane w postaci dwóch map rozbieżności od analizatora rozbieżności stereowizyjnej **7** i estymatora płaszczyzny w rozbieżności **8**. Na tej podstawie dokonywana jest detekcja przeszkód na obrazie, lokalizacja których to przeszkód jest wynikiem działania urządzenia.

Iteracyjny kalibrator stereowizyjny w przykładzie wykonania zilustrowanym na fig. 2 zawiera dwa konsolidatory intensywnościowe **51** i **52**, dwa detektory punktów przecięć **53** i **54**, dwa różnicowe kwalifikatory ramki **55** i **56**, dwa kalibratory Zhanga-Strobla **57** i **58**, dwa rekonstruktory wzorca **59** i **510**, kwalifikator ramek stereo **511** oraz kalibrator stereo **512**.

Wejścia iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego dołączone są **4a**, **4b**, **4c**, **4d**, **4e** i **4f** do wejść konsolidatorów intensywnościowych **51** i **52**, tak że zsynchronizowane sygnały sekwencyjne wartości intensywności kolorów lewej kamery dla kolorów: czerwonego **4a**, zielonego **4b** i niebieskiego **4c** dołączone są do pierwszego konsolidatora intensywnościowego **51**, a zsynchronizowane sygnały sekwencyjne wartości intensywności kolorów prawej kamery dla kolorów: czerwonego **4d**, zielonego **4e** i niebieskiego **4f** dołączone są do drugiego konsolidatora intensywnościowego **52**. Pierwszy konsolidator intensywnościowy **51** dołączony jest do pierwszego detektora punktów przecięć **53** i dostarcza do niego zsynchronizowany sygnał w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości intensywności odpowiadający kamerze lewej, a drugi konsolidator intensywnościowy **52** dołączony jest do drugiego detektora punktów przecięć **54** i dostarcza do niego zsynchronizowany sygnał w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości intensywności odpowiadający kamerze prawej. Pierwszy detektor punktów przecięć **53** dołączony jest do pierwszego różnicowego kwalifikatora ramki **55** i dostarcza do niego dwa zsynchronizowane sygnały sekwencyjnie wysyłanych wartości reprezentujących położenie punktów przecięć w osi poziomej ma-

cierzy kamery oraz w osi pionowej macierzy kamery dla kamery lewej, a drugi detektor punktów przecięć **54** dołączony jest do drugiego różnicowego kwalifikatora ramki **56** i dostarcza do niego dwa zsynchronizowane sygnały sekwencyjnie wysyłanych wartości reprezentujących położenie punktów przecięć w osi poziomej macierzy kamery oraz w osi pionowej macierzy kamery dla kamery prawej. Pierwszy różnicowy kwalifikator ramki **55** dołączony jest do pierwszego kalibratora Zhanga-Strobla **57** i do pierwszego rekonstruktora wzorca **59** i dostarcza do nich dwa zsynchronizowane sygnały sekwencyjnie wysyłanych wartości reprezentujących położenie punktów przecięć w osi poziomej macierzy kamery oraz w osi pionowej macierzy kamery dla kamery lewej, a drugi różnicowy kwalifikator ramki **56** dołączony jest do drugiego kalibratora Zhanga-Strobla **58** i do drugiego rekonstruktora wzorca **510** i dostarcza do nich dwa zsynchronizowane sygnały sekwencyjnie wysyłanych wartości reprezentujących położenie punktów przecięć w osi poziomej macierzy kamery oraz w osi pionowej macierzy kamery dla kamery prawej. Ponadto wszystkie cztery sygnały kwalifikatorów ramek **55** i **56** są dostarczane do kwalifikatora ramek stereo **511** i kalibratora stereo **512**. Pierwszy kalibrator Zhanga-Strobla **57** dołączony jest do pierwszego rekonstruktora wzorca **59** i dostarcza do niego dwa zsynchronizowane sygnały sekwencyjnie wysyłanych wartości reprezentujących położenie punktów przecięć w osi poziomej macierzy kamery oraz w osi pionowej macierzy kamery dla kamery lewej, a drugi kalibrator Zhanga-Strobla **58** dołączony jest do drugiego rekonstruktora wzorca **510** i dostarcza do niego dwa zsynchronizowane sygnały sekwencyjnie wysyłanych wartości reprezentujących położenie punktów przecięć w osi poziomej macierzy kamery oraz w osi pionowej macierzy kamery dla kamery prawej. Natomiast z pierwszego rekonstruktora wzorca **59** dostarczany jest do pierwszego kalibratora Zhanga-Strobla **57**, do kalibratora stereo **512** i do drugiego rekonstruktora wzorca **510** sygnał sekwencyjnie wysyłanych trójwymiarowych pozycji punktów przecięć wzorca, a z drugiego rekonstruktora wzorca **510** dostarczany jest do drugiego kalibratora Zhanga-Strobla **58**, do kalibratora stereo **512** i do pierwszego rekonstruktora wzorca **509** sygnał sekwencyjnie wysyłanych trójwymiarowych pozycji punktów przecięć wzorca. Pierwszy rekonstruktor wzorca **59** dołączony jest do kalibratora stereo **512** i do dwóch wyjść iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego i dostarcza do nich dwa sygnały sekwencyjnie wysyłanych wartości reprezentujących parametry dystorsji lewej kamery **5a** i prawej kamery **5b**, a drugi rekonstruktor wzorca **510** dołączony jest do kalibratora stereo **512** i do dwóch wyjść iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego i dostarcza do nich dwa sygnały sekwencyjnie wysyłanych wartości reprezentujących parametry wewnętrzne lewej kamery **5e** i prawej kamery **5d**. Kwalifikator ramek stereo **511** dołączony jest do kalibratora stereo **512** i dostarcza do niego sygnał oznaczający parę ramek podlegającą użyciu w kalibracji, natomiast kalibrator stereo **512** dołączony jest do wyjścia iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego i dostarcza do niego sygnał sekwencyjnie wysyłanych wartości parametrów zewnętrznych układu stereowizji **5c**.

Układ konsolidatora intensywnościowego **51** i **52** dokonuje transformacji trzech zsynchronizowanych sygnałów wejściowych reprezentujących sekwencję barw do pojedynczego sygnału wyjściowego będącego ich kombinacją liniową i reprezentującego intensywność. Komponent detektora punktów przecięć **53** i **54** działa na sygnałach sekwencyjnie reprezentujących dwuwymiarową macierz sensora kamery w ramach kolejnych klatek zsynchronizowanych nagrań wideo, na których znajduje się ta sama tablica kalibracyjna, znajdująca się w różnych pozycjach i orientacjach w kolejnych klatkach. Na każdej z klatek niezależnie wykrywane są przecięcia krawędzi pomiędzy czarnymi i białymi polami szachownicy. Brak wykrycia wszystkich przecięć pól szachownicy dyskwalifikuje pobraną ramkę. Sygnały reprezentujące pozycje znalezionych punktów w obu wymiarach, w ramkach, w których zostały znalezione wszystkie punkty przecięć, wysyłany jest do różnicowego kwalifikatora ramki **55** i **56**. Układ różnicowego kwalifikatora ramki **55** i **56** odpowiedzialny jest za wyliczenie przesunięcia lewego górnego rogu szachownicy pomiędzy klatką referencyjną i kolejną klatką, oraz różnicy długości obu przekątnych tablicy kalibracyjnej względem wartości w klatce referencyjnej. Jeśli żadna z tych wartości nie znajduje się powyżej wartości progowej, klatka jest odrzucana, jeśli którakolwiek z wartości znajduje się powyżej wartości progowej, klatka staje się nową klatką referencyjną oraz jest wysyłana na wyjście. Komponent kalibratora Zhanga-Strobla **57** i **58** realizuje wyznaczenie parametrów wewnętrznych kamery na podstawie położenia punktów przecięć otrzymanych z różnicowego kwalifikatora ramki **55** i **56**. Komponent realizuje metodę Zhanga z uwzględnieniem niedoskonałości płaszczyzny zgodnie z rozwinięciem Strobla i Hirzingera. Wyniki kalibracji wysyłane są do układu rekonstruktora wzorca, w zależności od tego czy otrzymany z rekonstruktora wzorca sygnał opisujący trójwymiarowe pozycje punktów przecięć wzorca uległ zmianie, kalibracja ulega powtórzeniu bądź nie. Układ rekonstruktora wzorca **59** i **510** przyjmuje sygnały opisujące parametry wewnętrzne, dystorsję i pozycje punktów przecięć. Na podstawie parametrów wewnętrznych i dystorsji rekonstruowane są trójwymiarowe pozycje punktów przecięć.

Trójwymiarowe rekonstrukcje z obu kamer są uśredniane, po czym na podstawie błędu kalibracji podejmowana jest decyzja o kontynuacji kalibracji przy nadpisaniu trójwymiarowych pozycji przecięć szachownicy średnią z ostatnich rekonstrukcji lub, w przypadku błędu poniżej progu, parametry wewnętrzne kamer, dystorsja i zrekonstruowane pozycje przecięć wysyłane są do kalibratora stereo **512**. Przed pierwszą rekonstrukcją, układ wysyła do kalibratora Zhanga-Strobla **57** i **58** domyślne wartości odpowiadające idealnemu wzorcowi. Kwalifikator ramek stereo na podstawie czterech zsynchronizowanych sygnałów stwierdza, czy oba dwuwymiarowe sygnały zawierają niezerowy sygnał, jeśli tak jest, uznaje obie ramki za poprawne i przesyła wysoki sygnał na wyjście, w przeciwnym razie, wysyła niski sygnał. Układ kalibratora stereo **512** minimalizuje błąd kalibracji parametrów zewnętrznych na podstawie sygnałów wejściowych, tj. par odpowiadających sobie list punktów przecięć dostarczonych różnicowy kwalifikator ramek stereo **55** i **56** i odpowiadających wysokiemu sygnałowi z kwalifikatora ramek stereo **511**, parametrów wewnętrznych i dystorsji obu kamer oraz trójwymiarowych pozycji punktów przecięć dostarczonych przez rekonstruktory wzorców **59** i **510**. Otrzymane wartości parametrów zewnętrznych stanowią sygnał wyjściowy **5c**.

Rektyfikujący korektor dystorsji w przykładzie wykonania zilustrowanym na fig. 3 zawiera estymator transformacji rektyfikującej **61**, dwa generatory mapy przekształceń **62** i **63**, dwa rejestry parametrów **64** i **65** oraz dwa interpolujące transformatory geometryczne **66** i **67**.

Pierwsze dwa wejścia rektyfikującego korektora dystorsji dołączone są jednocześnie **5a** i **5e** do wejść estymatora transformacji rektyfikującej **61** i do pierwszego generatora mapy przekształceń **62** dostarczając do nich dwa sygnały sekwencyjnie wysyłanych wartości reprezentujących parametry dystorsji lewej kamery **5a** i parametrów wewnętrznych lewej kamery **5e**. Trzecie wejście rektyfikującego korektora dystorsji dołączone jest **5c** do wejścia estymatora transformacji rektyfikującej **61** dostarczając do niego sygnał sekwencyjnie wysyłanych wartości parametrów zewnętrznych układu stereowizji **5c**. Kolejne dwa wejścia rektyfikującego korektora dystorsji dołączone są jednocześnie **5d** i **5b** do wejść estymatora transformacji rektyfikującej **61** i do drugiego generatora mapy przekształceń **63** dostarczając do nich dwa sygnały sekwencyjnie wysyłanych wartości reprezentujących parametry wewnętrzne prawej kamery **5e** i parametry dystorsji prawej kamery **5b**. Estymator transformacji rektyfikującej **61** dołączony jest do pierwszego generatora mapy przekształceń **62** dostarczając do niego sygnał sekwencyjnie wysyłanych wartości reprezentujących macierz rektyfikacji lewej kamery i sygnał sekwencyjnie wysyłanych wartości reprezentujących macierz projekcji lewej kamery. Estymator transformacji rektyfikującej **61** dołączony jest także do drugiego generatora mapy przekształceń **63** dostarczając do niego sygnał sekwencyjnie wysyłanych wartości reprezentujących macierz rektyfikacji prawej kamery i sygnał sekwencyjnie wysyłanych wartości reprezentujących macierz projekcji prawej kamery. Do pierwszego generatora mapy przekształceń **62** dołączony jest pierwszy rejestr parametrów **64**, a do drugiego generatora mapy przekształceń **63** dołączony jest drugi rejestr parametrów **65**. Generatory mapy przekształceń **62** i **63** dostarczają do rejestrów parametrów **64** i **65** po dwa sygnały, tj. sygnał sekwencyjnie wysyłanych wartości reprezentujących przesunięcia w poziomie i sygnał sekwencyjnie wysyłanych wartości reprezentujących przesunięcia w pionie. Do pierwszego rejestru parametrów **64** dołączony jest pierwszy interpolujący transformator geometryczny **66**, a do drugiego rejestru parametrów **65** dołączony jest drugi interpolujący transformator geometryczny **67**. Rejestry parametrów **64** i **65** dostarczają do interpolujących transformatorów geometrycznych **66** i **67** po dwa sygnały, tj. sygnał sekwencyjnie wysyłanych wartości reprezentujących przesunięcia w poziomie i sygnał sekwencyjnie wysyłanych wartości reprezentujących przesunięcia w pionie. Ponadto do wejść pierwszego interpolującego transformatora geometrycznego **66** dołączone są **4a**, **4b** i **4c** kolejne trzy wejścia rektyfikującego korektora dystorsji dostarczając do nich zsynchronizowane sygnały sekwencyjne wartości intensywności kolorów lewej kamery dla kolorów: czerwonego **4a**, zielonego **4b** i niebieskiego **4c**. Natomiast do wejść drugiego interpolującego transformatora geometrycznego **67** dołączone są **4d**, **4e** i **4f** kolejne trzy wejścia rektyfikującego korektora dystorsji dostarczając do nich zsynchronizowane sygnały sekwencyjne wartości intensywności kolorów prawej kamery dla kolorów: czerwonego **4d**, zielonego **4e** i niebieskiego **4f**. Trzy wyjścia pierwszego interpolującego transformatora geometrycznego **66** dołączone są **6a**, **6b** i **6c** do wyjść rektyfikującego korektora dystorsji i dostarczają do nich zsynchronizowane sygnały z lewej kamery w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości intensywności koloru czerwonego **6a**, zielonego **6b** i niebieskiego **6c** po operacji rektyfikacji, a trzy wyjścia drugiego interpolującego transformatora geometrycznego **67** dołączone są **6d**, **6e** i **6f** do kolejnych trzech wyjść rektyfikującego korektora dystorsji i dostarczają do nich zsynchronizowane sygnały z prawej kamery w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości intensywności koloru czerwonego **6d**, zielonego **6e** i niebieskiego **6f** po operacji rektyfikacji.

Układ estymatora transformacji rektyfikującej **61** otrzymuje z iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego parametry dystorsji, wewnętrzne i zewnętrzne kamer. Na ich podstawie estymator transformacji rektyfikującej **61** określa macierze rektyfikacji i projekcji wymagane do transformacji obrazu z kamer do obrazów zrektyfikowanych przy usuwaniu wyznaczonej przez iteracyjny kalibrator stereowizyjny dystorsji. Wynikowe macierze transformacji przesyłane są do generatora mapy przekształceń **62** i **63**. Na podstawie macierzy transformacji dostarczonych przez estymator transformacji rektyfikującej **61** oraz macierzy parametrów wewnętrznych i dystorsji, układ generatora mapy przekształceń **62** i **63** tworzy mapę przesunięć pozycji pikseli dla każdego z obrazów wejściowych w celu realizacji odnalezionych transformacji w wydajny sposób. Odnalezione mapy przesunięć wysyłane są do rejestru parametrów. Układ rejestru parametrów **64** i **65** przechowuje mapy przekształceń uzyskane przez rektyfikujący korektor dystorsji po procesie kalibracji i dostarcza je interpolującemu transformatorowi geometrycznemu geometryczne **66** i **67** dla każdej przekształcanej pary klatek. Układ interpolującego transformatora geometrycznego geometryczne **66** i **67** otrzymuje z rejestratora synchronizującego parę niezrektyfikowanych klatek. Interpolujący transformator geometryczny geometryczne **66** i **67** dokonuje transformacji trzech dwuwymiarowych sygnałów wejściowych (barw) zgodnie z mapami przesunięć zapisanymi w rejestrze parametrów rektyfikującego korektora dystorsji. Zrektyfikowane sygnały dwuwymiarowe stanowią wyjście z rektyfikującego korektora dystorsji i dostarczane są na wejście analizatora rozbieżności stereowizyjnej.

Analizator rozbieżności stereowizyjnej w przykładzie wykonania zilustrowanym na fig. 4 zawiera predyktor rozbieżności płaszczyzny **71**, trzy dyskretne korelatory Fouriera **72**, **710** i **718**, trzy normalizatory korelacji **73**, **711** i **719**, pierwszy zespół sześciu decymatorów gaussowskich **74**, **75**, **76**, **77**, **78** i **79** oraz drugi zespół sześciu decymatorów gaussowskich **712**, **713**, **714**, **715**, **716** i **717**.

Pięć wejść analizatora rozbieżności stereowizyjnej dołączonych jest **8a**, **8b**, **5c**, **5d** i **5e** do wejść predyktora rozbieżności płaszczyzny **71** dostarczając do niego: zsynchronizowane sygnały w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości orientacji po poprawce **8a** i wartości położenia geograficznego urządzenia po poprawce **8b**, sygnał sekwencyjnie wysyłanych wartości parametrów zewnętrznych układu stereowizji **5c** oraz sygnały sekwencyjnie wysyłanych wartości reprezentujących parametry wewnętrzne lewej kamery **5e** i prawej kamery **5d**. Predyktor rozbieżności płaszczyzny **71** dołączony jest do pierwszego dyskretnego korelatora Fouriera **72** dostarczając do niego dwa sygnały: sygnał sekwencyjnie wysyłanych wartości zakresów rozbieżności w poziomie i sygnał sekwencyjnie wysyłanych wartości zakresów rozbieżności w pionie. Wyjście pierwszego dyskretnego korelatora Fouriera **72** dołączone jest do wejścia pierwszego normalizatora korelacji **73**, wyjście drugiego dyskretnego korelatora Fouriera **710** dołączone jest do wejścia drugiego normalizatora korelacji **711**, a wyjście trzeciego dyskretnego korelatora Fouriera **718** dołączone jest do wejścia trzeciego normalizatora korelacji **719**. Dwa wyjścia pierwszego normalizatora korelacji **73** dołączone są do wejść drugiego dyskretnego korelatora Fouriera **710**, dwa wyjścia drugiego normalizatora korelacji **711** dołączone są do wejść trzeciego dyskretnego korelatora Fouriera **718**, a dwa wyjścia trzeciego normalizatora korelacji **719** dołączone są **7a** i **7b** do wyjść analizatora rozbieżności stereowizyjnej, dostarczając sygnały w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości odpowiadających przesunięciu fazowemu najwyższej wartości sygnału korelacji, czyli rozbieżności, w pionie **7a** i w poziomie **7b**. Kolejnych sześć wejść analizatora rozbieżności stereowizyjnej dołączonych jest niezależnie **6a**, **6b**, **6c**, **6d**, **6e** i **6f** do sześciu decymatorów gaussowskich **74**, **75**, **76**, **77**, **78** i **79** pierwszego zespołu sześciu decymatorów gaussowskich oraz jednocześnie do wejść pierwszego dyskretnego korelatora Fouriera **72**, przy czym pierwsze trzy z tych wejść **6a**, **6b** i **6c** są także jednocześnie dołączone do wejść pierwszego normalizatora korelacji **73**. Wyjścia sześciu decymatorów gaussowskich **74**, **75**, **76**, **77**, **78** i **79** pierwszego zespołu sześciu decymatorów gaussowskich dołączone są niezależnie do wejść sześciu decymatorów gaussowskich **712**, **713**, **714**, **715**, **716** i **717** drugiego zespołu sześciu decymatorów gaussowskich oraz jednocześnie do wejść drugiego dyskretnego korelatora Fouriera **710**, przy czym pierwsze trzy z tych wyjść są także jednocześnie dołączone do wejść drugiego normalizatora korelacji **711**. Wyjścia sześciu decymatorów gaussowskich **712**, **713**, **714**, **715**, **716** i **717** drugiego zespołu sześciu decymatorów gaussowskich dołączone są do wejść trzeciego dyskretnego korelatora Fouriera **718**, przy czym pierwsze trzy z tych wyjść są także jednocześnie dołączone do wejść trzeciego normalizatora korelacji **719**.

Zadaniem układu predyktora rozbieżności płaszczyzny **71** jest określenie możliwych wartości rozbieżności w oparciu o sygnały opisujące położenie (w szczególności wysokość) i orientację urządzenia podaną przez estymator płaszczyzny w rozbieżności oraz parametry wewnętrzne i zewnętrzne układu stereowizji dostarczone przez iteracyjny kalibrator stereowizyjny. Możliwe wartości określone są poprzez minimalną i maksymalną wartość rozbieżności dla płaszczyzny w rozbieżności. Zadaniem układu

decymatora gaussowskiego **74, 75, 76, 77, 78, 79, 712, 713, 714, 715, 716** i **717** jest filtrowanie przy użyciu filtru Gaussa oraz próbkowanie dwuwymiarowego sygnału wejściowego redukując rozdzielczość sygnału dwukrotnie w obu wymiarach. Układ dyskretnej korelatora Fouriera **72, 710** i **718** określa korelację pomiędzy dwoma zestawami trzech sygnałów dwuwymiarowych reprezentujących barwy. Korelacja jest określana w ramach zakresu możliwych wartości rozbieżności dostarczonych przez predyktor rozbieżności płaszczyzny **71** lub normalizator korelacji **73, 711** i **719**. Korelacja wyliczana jest za pomocą dyskretnej transformaty Fouriera. Układ normalizatora korelacji **73, 711** i **719** odpowiedzialny jest za wyliczenie wartości rozbieżności poprzez normalizację korelacji i wybór najwyższej wartości. Układ służy do zawężenia wartości rozbieżności, co stanowi zarówno określenie ostatecznej rozbieżności w ramach analizatora rozbieżności stereowizyjnej, jak i ograniczenie wartości na potrzeby dyskretnej korelatora Fouriera.

Normalizator korelacji w przykładzie wykonania zilustrowanym na fig. 5 zawiera sumator kwadratów **101**, subtraktor z przesunięciem fazowym **102**, kalkulator pierwiastka sumy **103**, dywizor normalizujący **104** oraz maksymalizator korelacji **105**.

Trzy wejścia normalizatora korelacji dołączone są do wejść sumatora kwadratów **101** dostarczając do niego zsynchronizowane sygnały z kamery w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości intensywności koloru: czerwonego, zielonego oraz niebieskiego – po operacji rektyfikacji o dwukrotnie mniejszej rozdzielczości w obu wymiarach. Sumator kwadratów **101** dołączony jest do subtraktora z przesunięciem fazowym **102** dostarczając do niego sygnał w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości odpowiadających sumie kwadratów intensywności kolorów po operacji rektyfikacji o dwukrotnie mniejszej rozdzielczości w obu wymiarach. Subtraktor z przesunięciem fazowym **102** dołączony jest do kalkulatora pierwiastka sumy **103** dostarczając do niego sygnał w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości odpowiadających różnicy pomiędzy wartościami sygnału wejściowego sumatora kwadratów po i przed przesunięciem fazowym w obu wymiarach. Kalkulator pierwiastka sumy **103** dołączony jest do dywizora normalizującego **104** dostarczając do niego sygnał w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości odpowiadających pierwiastkowi sumy wartości sygnału wejściowego po i przed przesunięciem fazowym w obu wymiarach. Drugie wejście dywizora normalizującego **104** dołączone jest do kolejnego wejścia normalizatora korelacji, które dostarcza sygnał korelacji w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości, które mają ulec podzieleniu przez dywizor normalizujący **104**. Dywizor normalizujący **104** dołączony jest do maksymalizatora korelacji **105** dostarczając do niego sygnał w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości odpowiadających wartościom znormalizowanej korelacji krzyżowej. Dwa wyjścia maksymalizatora korelacji **105** dołączone są do dwóch wyjść normalizatora korelacji dostarczając sygnały w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości odpowiadających przesunięciu fazowemu najwyższej wartości sygnału korelacji, czyli rozbieżności – jeden w pionie, drugi w poziomie.

Układ sumatora kwadratów **101** dostaje na wejście sygnały z trzech decymatorów gaussowskich. Każdy z sygnałów ulega podniesieniu do kwadratu, a następnie dodaniu. Suma zmodyfikowanych sygnałów wysyłana jest do subtraktora z przesunięciem fazowym **102**. Układ subtraktora z przesunięciem fazowym **102** działa na dwuwymiarowym sygnale otrzymanym z sumatora kwadratów. Od otrzymanego sygnału odejmowany jest on sam po przesunięciu fazowym w pierwszym, a potem drugim wymiarze. Wartość przesunięcia fazowego jest konfigurowalna dla analizatora rozbieżności stereowizyjnej i odpowiada szerokości i wysokości okna korelacyjnego. Układ kalkulatora pierwiastka sumy **103** w pierwszej kolejności sumuje sygnał wejściowy pochodzący z subtraktora z przesunięciem fazowym **102** z nim samym przesuniętym w fazie w obu wymiarach jednocześnie. Wartość przesunięcia fazowego jest konfigurowalna dla analizatora rozbieżności stereowizyjnej i odpowiada szerokości i wysokości okna korelacyjnego. Następnie otrzymany sygnał podlega transformacji na własny pierwiastek kwadratowy, po czym dostarczany jest do dywizora normalizującego **104**. Zadaniem układu dywizora normalizującego **104** jest podzielenie otrzymanego sygnału korelacji przez odpowiadający mu sygnał otrzymany z kalkulatora pierwiastka **103**. Wynikowy sygnał jest następnie przesyłany do maksymalizatora wartości **105**. Układ maksymalizatora korelacji **105** odpowiedzialny jest za określenie najwyższej wartości sygnału i przekazanie na wyjście informacji o przesunięciu fazowym najwyższej wartości sygnału.

Estymator płaszczyzny w rozbieżności w przykładzie wykonania zilustrowanym na fig. 6 zawiera generator pseudolosowy **81**, estymator błędu orientacji **82**, kontroler RANSAC **83**, optymalizator parametrów płaszczyzny **84**, kontroler orientacji **85** oraz rekonstruktor płaszczyzny **86**.

Dwa wejścia estymatora płaszczyzny w rozbieżności dołączone są **4g** i **4h** do wejść estymatora błędu orientacji **82** dostarczając do niego zsynchronizowane sygnały w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości orientacji **4g** i wartości położenia geograficznego urządzenia **4h**. Dwa wyjścia estymatora błędu

orientacji **82** dołączone są jednocześnie **8a** i **8b** do wyjść estymatora płaszczyzny w rozbieżności i kontrolera RANSAC **83** dostarczając zsynchronizowane sygnały w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości orientacji po poprawce **8a** i wartości położenia geograficznego urządzenia po poprawce **8b**. Kolejne wyjście estymatora błędu orientacji **82** dołączone jest także do kontrolera RANSAC **83** dostarczając do niego sygnał sterujący usztywnieniem orientacji w kontrolerze RANSAC, natomiast dwa wyjścia kontrolera RANSAC **83** dołączone są do estymatora błędu orientacji **82** dostarczając do niego sygnały w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości orientacji oraz wysokości uzyskanych przez kontroler RANSAC. Kolejne dwa wejścia kontrolera RANSAC **83** dołączone są **7a** i **7b** do wejść estymatora błędu orientacji **82** dostarczając do niego sygnały w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości odpowiadających przesunięciu fazowemu najwyższej wartości sygnału korelacji, czyli rozbieżności, w pionie **7a** i w poziomie **7b**. Wyjście generatora pseudolosowego **81** dołączone jest do kontrolera RANSAC **83** dostarczając do niego sygnał o pseudolosowym przebiegu. Wyjście i wejście optymalizatora parametrów płaszczyzny **84** dołączone są niezależnie do kontrolera RANSAC **83** dostarczając do niego sygnał zawierający parametry płaszczyzny w rozbieżności i odbierając od niego sygnał w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości zawierający próbki rozbieżności. Kolejne dwa wyjścia kontrolera RANSAC **83** dołączone są do kontrolera orientacji **85** dostarczając do niego sygnały w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości orientacji oraz wysokości po optymalizacji, natomiast wyjście kontrolera orientacji **85** dołączone do kolejnego wejścia kontrolera RANSAC **83** dostarcza do niego sygnał sterujący koniecznością ponownego dopasowania płaszczyzny. Kolejne wyjście kontrolera RANSAC **83** dołączone jest do rekonstruktora płaszczyzny **86** dostarczając do niego sygnał zawierający parametry płaszczyzny w rozbieżności, natomiast wyjście rekonstruktora płaszczyzny **86** dołączone **8c** do kolejnego wyjścia estymatora płaszczyzny w rozbieżności dostarcza sygnał w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości rozbieżności dla dopasowanej płaszczyzny.

Układ generatora pseudolosowego **81** dostarcza sygnał w postaci liczb całkowitych z zakresu określonego rozdzielczością akwizycji kamer. Układ estymatora błędu orientacji **82** działa na podstawie wysokości i orientacji dostarczanych z rejestratora synchronizującego. Estymator błędu orientacji **82** wylicza błąd pomiędzy orientacją i wysokością określoną przez kontroler RANSAC **83** i poprawia dane udostępniane analizatorowi rozbieżności stereowizyjnej na potrzeby określenia zakresu prawidłowych wartości rozbieżności. Estymator błędu orientacji **82** określa również tryb działania estymatora płaszczyzny w rozbieżności, ograniczając jego działanie do określenia wysokości i usztywniając odnajdywaną orientację. Kontroler RANSAC **83** jest układem sterującym estymacją płaszczyzny w ramach podejścia *Random Sample Consensus*. Kontroler przyjmuje dane w postaci mapy rozbieżności pochodzące z analizatora rozbieżności stereowizyjnej, dane o orientacji i wysokości nad gruntem pochodzące z estymatora błędu orientacji **82** oraz generowane przez generator pseudolosowy **81** dane liczbowe sterujące procesem losowania. Mapa rozbieżności jest próbkowana w miejscach wyznaczonych przez generator pseudolosowy, próbki wysyłane są do optymalizatora parametrów płaszczyzny w celu dopasowania płaszczyzny. Następnie kontroler RANSAC **83** przesyła parametry płaszczyzny zwrócone przez optymalizator **84** do kontrolera orientacji **85**. W przypadku, w którym kontroler orientacji **85** zwróci sygnał niski, następuje ponowne próbkowanie na podstawie sygnału dostarczonego przez generator pseudolosowy **81** i wysłanie danych do optymalizatora parametrów płaszczyzny **84**. W przeciwnym wypadku, parametry płaszczyzny wysyłane są do rekonstruktora płaszczyzny **86**. Wartości orientacji i wysokości wysyłane są do estymatora błędu orientacji **82**. Na podstawie danych dostarczonych z kontrolera RANSAC **83**, optymalizator **84** dopasowuje metodą najmniejszych kwadratów równanie płaszczyzny w rozbieżności do otrzymanych próbek. Optymalizator **84** zwraca do kontrolera RANSAC **83** parametry dopasowanej płaszczyzny. Układ kontrolera orientacji **85** weryfikuje poprawność parametrów płaszczyzny, a więc stwierdza czy określona wysokość i orientacja urządzenia względem płaszczyzny gruntu mieści się w zakresie wyznaczonym w ramach konfiguracji estymatora płaszczyzny w rozbieżności. W zależności od tego czy płaszczyzna jest określona jako poprawna czy nie, kontroler orientacji **85** zwraca do kontrolera RANSAC **83** sygnał wysoki (oznaczający prawidłową orientację) lub niski (oznaczający nieprawidłową). Układ rekonstruktora płaszczyzny **86** to generator sygnału dwuwymiarowego odpowiadającego obrazowi rozbieżności płaszczyzny o określonych przez kontroler RANSAC **83** parametrach. Sygnał wyjściowy rekonstruktora płaszczyzny **86** jest sygnałem wejściowym estymatora płaszczyzny w rozbieżności i dostarczany jest na wejście detektora przeszkód fazy lądowania.

Detektor przeszkód fazy lądowania w przykładzie wykonania zilustrowanym na fig. 7 zawiera subtraktor płaszczyzny lądowiska **91**, filtrator odszumiający **92**, detektor konturów **93** oraz dyskryminator kształtu przeszkody **94**.

Pierwsze wejście detektora przeszkód fazy lądowania dołączone jest **8c** do wejścia subtraktora płaszczyzny lądowiska **91** dostarczając do niego sygnał w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości rozbieżności dla dopasowanej płaszczyzny, natomiast drugie wejście detektora przeszkód fazy lądowania dołączone jest jednocześnie **7b** do drugiego wejścia subtraktora płaszczyzny lądowiska **91** i wejścia dyskryminatora kształtu przeszkody **94**, dostarczając do nich sygnał w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości odpowiadających przesunięciu fazowemu najwyższej wartości sygnału korelacji, czyli rozbieżności, w poziomie. Subtraktor płaszczyzny lądowiska **91** dołączony jest do filtratora odsumiającego **92** dostarczając do niego sygnał w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości różnicy w rozbieżności pomiędzy zaobserwowaną wartością i wartością dopasowanej płaszczyzny. Filtrator odsumiający **92** dołączony jest do detektora konturów **93** dostarczając do niego sygnał w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości odsumionej różnicy w rozbieżności pomiędzy zaobserwowaną wartością i wartością dopasowanej płaszczyzny. Detektor konturów **93** dołączony jest do drugiego wejścia dyskryminatora kształtu przeszkody **94** dostarczając do niego sygnał w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości odpowiadających położeniom punktów skrajnych znalezionych konturów. Wyjście dyskryminatora kształtu przeszkody **94** dołączone jest **9a** do wyjścia detektora przeszkód fazy lądowania dostarczając do niego sygnał w formie sekwencyjnie wysyłanych wartości odpowiadających charakterystyce odnalezionych przeszkód.

Układ subtraktora płaszczyzny lądowiska **91** przyjmuje dwa sygnały dwuwymiarowe na wejście, jeden pochodzący z analizatora rozbieżności stereowizyjnej, a drugi z estymatora płaszczyzny w rozbieżności. Subtraktor **91** odejmuje sygnał z estymatora płaszczyzny w rozbieżności od sygnału z analizatora rozbieżności stereowizyjnej tym samym redukując sygnał o informację o rozbieżności odpowiadającej płaszczyźnie. Zadaniem układu filtratora odsumiającego **92** jest filtrowanie obrazu pochodzącego z subtraktora płaszczyzny lądowiska **91**. Filtrator odsumiający **92** usuwa z sygnału wartości poniżej wartości progowej, która jest cechą konfigurowalną detektora przeszkód fazy lądowania. Zmodyfikowany sygnał przesyłany jest do układu detektora konturów **93**. Detektor konturów **93** otrzymuje sygnał dwuwymiarowy z filtratora odsumiającego **92**, a następnie odnajduje w sygnale punkty przejściowe pomiędzy wytłumionym przez filtrator odsumiający **92** sygnałem o zerowej amplitudzie i sygnałem o dodatniej wartości. Detektor konturów **93** składa sąsiadujące ze sobą punkty w dwuwymiarowej przestrzeni i zwraca sygnał opisujący przebieg każdego z tak powstałych konturów do dyskryminatora kształtu przeszkody **94**. Układ dyskryminatora kształtu przeszkody **94** oblicza pole obrazu zajęte przez kontury dostarczone przez detektor konturów **93**. Kontury niespełniające wymagania minimalnego i maksymalnego zajmowanego obszaru są odrzucane przez dyskryminator kształtu przeszkody **94**. Dla konturów spełniających wymagania wyliczany jest centroid konturu i odległość do centroidu na podstawie wartości z sygnału rozbieżności, a także jej wysokość i szerokość kątowna. Informacje te charakteryzują znaną przeszkodę i stanowią informację zwrotną z urządzenia.

Możliwości zastosowania wynalazku przewiduje się w urządzeniach do lądowania autonomicznego w nieznanymi warunkach terenowych stosowanych dla różnych platform latających (bezzałogowych i załogowych), w szczególności jako system awaryjny, asekurujący pilota lub jako rozwiązanie do zastosowania w tzw. taksówkach powietrznych, operujących autonomicznie.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Układ wykrywania przeszkód zawierający dwie kamery (1, 2) dołączone (1a, 1b, 1c, 2a, 2b, 2c) do rejestratora oraz zawierający układ nawigacji inercyjnej (3) dołączony (3a, 3b) do rejestratora **znamienny tym**, że rejestrator jest rejestratorem synchronizującym (4) zawierającym przynajmniej jedno wyjście sygnału zsynchronizowanego, **oraz tym**, że układ zawiera iteracyjny kalibrator stereowizyjny (5) dołączony (4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 4f) do rejestratora synchronizującego (4), **oraz tym**, że układ zawiera rektyfikujący korektor dystorsji (6) dołączony (5a, 5b, 5c, 5d, 5e) do iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego (5) oraz dołączony jednocześnie (4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 4f) do rejestratora synchronizującego (4) i iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego (5), **oraz tym**, że układ zawiera analizator rozbieżności stereowizyjnej (7) dołączony (6a, 6b, 6c, 6d, 6e, 6f) do rektyfikującego korektora dystorsji (6) oraz dołączony jednocześnie (5c, 5d, 5e) do iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego (5) i rektyfikującego korektora dystorsji (6), **oraz tym**, że układ zawiera estymator płaszczyzny w rozbieżności (8) dołączony (4g, 4h) do rejestratora synchronizującego (4) oraz dołączony (7a, 8a, 8b) do analizatora rozbieżności stereowizyjnej (7), **oraz tym**, że układ zawiera detektor przeszkód fazy lądowania (9) dołączony (8c)

- do estymatora płaszczyzny w rozbieżności (8) oraz dołączony jednocześnie (7b) do analizatora rozbieżności stereowizyjnej (7) i estymatora płaszczyzny w rozbieżności (8), **oraz tym**, że wyjściem układu jest wyjście (9a) detektora przeszkód fazy lądowania (9).
2. Układ wykrywania przeszkód według zastrz. 1 **znamienny tym**, że iteracyjny kalibrator stereowizyjny (5) zawiera przynajmniej dwa konsolidatory intensywnościowe (51, 52) dołączone (4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 4f) do wejść iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego (5), **oraz tym**, że zawiera przynajmniej dwa detektory punktów przecięć (53, 54), przy czym pierwszy detektor punktów przecięć (53) dołączony jest do pierwszego konsolidatora intensywnościowego (51), a drugi detektor punktów przecięć (54) dołączony jest do drugiego konsolidatora intensywnościowego (52), **oraz tym**, że zawiera przynajmniej dwa różnicowe kwalifikatory ramki (55, 56), przy czym pierwszy różnicowy kwalifikator ramki (55) dołączony jest do pierwszego detektora punktów przecięć (53), a drugi różnicowy kwalifikator ramki (56) dołączony jest do drugiego detektora punktów przecięć (54), **oraz tym**, że zawiera przynajmniej dwa kalibratory Zhanga-Strobla (57, 58), przy czym pierwszy kalibrator Zhanga-Strobla (57) dołączony jest do pierwszego różnicowego kwalifikatora ramki (55), a drugi kalibrator Zhanga-Strobla (58) dołączony jest do drugiego różnicowego kwalifikatora ramki (56), **oraz tym**, że zawiera przynajmniej dwa rekonstruktory wzorca (59, 510), przy czym pierwszy rekonstruktor wzorca (59) dołączony jest do pierwszego kalibratora Zhanga-Strobla (57) oraz do pierwszego różnicowego kwalifikatora ramki (55), a drugi rekonstruktor wzorca (510) dołączony jest do drugiego kalibratora Zhanga-Strobla (58) oraz do drugiego różnicowego kwalifikatora ramki (56), ponadto rekonstruktory wzorca (59, 510) dołączone są (5a, 5b, 5d, 5e) do wyjść iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego (5), **oraz tym**, że zawiera przynajmniej jeden kwalifikator ramek stereo (511) dołączony jednocześnie do różnicowych kwalifikatorów ramki (55, 56), kalibratorów Zhanga-Strobla (57, 58) i rekonstruktorów wzorca (59, 510), **oraz tym**, że zawiera przynajmniej jeden kalibrator stereo (512) dołączony jednocześnie (5a, 5e) do pierwszego rekonstruktora wzorca (59) i wyjść iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego (5), oraz dołączony jednocześnie (5d, 5b) do drugiego rekonstruktora wzorca (510) i wyjść iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego (5), oraz dołączony jednocześnie do pierwszego różnicowego kwalifikatora ramki (55), pierwszego kalibratora Zhanga-Strobla (57), pierwszego rekonstruktora wzorca (59) i kwalifikatora ramek stereo (511), oraz dołączony jednocześnie do drugiego różnicowego kwalifikatora ramki (56), drugiego kalibratora Zhanga-Strobla (58), drugiego rekonstruktora wzorca (510) i kwalifikatora ramek stereo (511), a ponadto kalibrator stereo (512) dołączony jest (5c) do wyjścia iteracyjnego kalibratora stereowizyjnego (5).
  3. Układ wykrywania przeszkód według zastrz. 1 albo 2 **znamienny tym**, że rektyfikujący korektor dystorsji (6) zawiera przynajmniej jeden estymator transformacji rektyfikującej (61) dołączony (5c) do wejścia rektyfikującego korektora dystorsji (6), **oraz tym**, że zawiera przynajmniej dwa generatory mapy przekształceń (62, 63) dołączone do estymatora transformacji rektyfikującej (61) oraz dołączone jednocześnie (5a, 5b, 5e, 5f) do estymatora transformacji rektyfikującej (61) i do wejść rektyfikującego korektora dystorsji (6), **oraz tym**, że zawiera przynajmniej dwa rejestry parametrów (64, 65), przy czym pierwszy rejestr parametrów (64) dołączony jest do pierwszego generatora mapy przekształceń (62), a drugi rejestr parametrów (65) dołączony jest do drugiego generatora mapy przekształceń (63), **oraz tym**, że zawiera przynajmniej dwa interpolujące transformatory geometryczne (66, 67), dołączone (4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 4f) do wejść rektyfikującego korektora dystorsji (6), oraz dołączone (6a, 6b, 6c, 6d, 6e, 6f) do wyjść rektyfikującego korektora dystorsji (6), oraz dołączone do rejestrów parametrów (64, 65), przy czym pierwszy interpolujący transformator geometryczny (66) dołączony jest do pierwszego rejestru parametrów (64), a drugi interpolujący transformator geometryczny (67) dołączony jest do drugiego rejestru parametrów (65).
  4. Układ wykrywania przeszkód według zastrz. 1 albo 2, albo 3 **znamienny tym**, że analizator rozbieżności stereowizyjnej (7) zawiera przynajmniej jeden predyktor rozbieżności płaszczyzny (71) dołączony (8a, 8b, 5c, 5d, 5e) do wejść analizatora rozbieżności stereowizyjnej (7), **oraz tym**, że zawiera pierwszy dyskretny korelator Fouriera (72) dołączony do predyktora rozbieżności płaszczyzny (71), **oraz tym**, że zawiera pierwszy normalizator korelacji (73) dołączony do pierwszego dyskretnego korelatora Fouriera (72), **oraz tym**, że zawiera pierwszy zespół przynajmniej sześciu decymatorów gaussowskich (74, 75, 76, 77, 78, 79), z których

pierwsze trzy (74, 75, 78) dołączone są jednocześnie (6a, 6b, 6c) do wejść analizatora rozbieżności stereowizyjnej (7), pierwszego dyskretnego korelatora Fouriera (72) i pierwszego normalizatora korelacji (73), a kolejne trzy (77, 78, 79) dołączone są jednocześnie (6d, 6e, 6f) do kolejnych wejść analizatora rozbieżności stereowizyjnej (7) i pierwszego dyskretnego korelatora Fouriera (72), **oraz tym**, że zawiera drugi dyskretny korelator Fouriera (710) dołączony do pierwszego normalizatora korelacji (73), **oraz tym**, że zawiera drugi normalizator korelacji (711) dołączony do drugiego dyskretnego korelatora Fouriera (710), **oraz tym**, że zawiera drugi zespół przynajmniej sześciu decymatorów gaussowskich (712, 713, 714, 715, 716, 717), z których pierwsze trzy (712, 713, 714) dołączone są jednocześnie do drugiego dyskretnego korelatora Fouriera (710), drugiego normalizatora korelacji (711) i kolejno do pierwszych trzech decymatorów gaussowskich (74, 75, 76) pierwszego zespołu decymatorów gaussowskich, a kolejne trzy decymatory gaussowskie (715, 716, 717) drugiego zespołu decymatorów gaussowskich dołączone są jednocześnie do drugiego dyskretnego korelatora Fouriera (710) i kolejno do kolejnych trzech decymatorów gaussowskich (77, 78, 79) pierwszego zespołu decymatorów gaussowskich, **oraz tym**, że zawiera trzeci dyskretny korelator Fouriera (718) dołączony do drugiego dyskretnego korelatora Fouriera (710), oraz dołączony do kolejnych trzech decymatorów gaussowskich (715, 716, 717) drugiego zespołu decymatorów gaussowskich, **oraz tym**, że zawiera trzeci normalizator korelacji (719) dołączony do trzeciego dyskretnego korelatora Fouriera (718), oraz dołączony jednocześnie do trzeciego korelatora Fouriera (718) i kolejno do pierwszych trzech decymatorów gaussowskich (712, 713, 714) drugiego zespołu decymatorów gaussowskich, oraz dołączony (7a, 7b) do wyjść analizatora rozbieżności stereowizyjnej (7).

5. Układ wykrywania przeszkód według zastrz. 4 **znamienny tym**, że przynajmniej jeden normalizator korelacji (73, 711, 719) zawiera sumator kwadratów (101) dołączony do przynajmniej jednego wejścia normalizatora korelacji, **oraz tym**, że zawiera subtraktor z przesunięciem fazowym (102) dołączony do sumatora kwadratów (101), **oraz tym**, że zawiera kalkulator pierwiastka sumy (103) dołączony do subtraktora z przesunięciem fazowym (102), **oraz tym**, że zawiera dywizor normalizujący (104) dołączony do kalkulatora pierwiastka sumy (103), oraz dołączony do wejścia normalizatora korelacji, **oraz tym**, że zawiera maksymalizator korelacji (105) dołączony do dywizora normalizującego (104), oraz posiadający wyjścia maksymalizatora korelacji (105) dołączone do wyjść normalizatora korelacji.
6. Układ wykrywania przeszkód według dowolnego z zastrz. od 1 do 5 **znamienny tym**, że estymator płaszczyzny w rozbieżności (8) zawiera generator pseudolosowy (81), **oraz tym**, że zawiera estymator błędu orientacji (82) dołączony (4g, 4h) do wejść estymatora płaszczyzny w rozbieżności (8), **oraz tym**, że zawiera kontroler RANSAC (83) dołączony do generatora pseudolosowego (81), oraz dołączony do estymatora błędu orientacji (82), oraz dołączony (7a, 7b) do wejść estymatora płaszczyzny w rozbieżności (8), oraz dołączony jednocześnie (8a, 8b) do estymatora błędu orientacji (82) i wejść estymatora płaszczyzny w rozbieżności (8), **oraz tym**, że zawiera optymalizator parametrów płaszczyzny (84) dołączony do kontrolera RANSAC (83), **oraz tym**, że zawiera kontroler orientacji (85) dołączony do kontrolera RANSAC (83), **oraz tym**, że zawiera rekonstruktor płaszczyzny (86) dołączony do kontrolera RANSAC (83), oraz posiadający wyjście rekonstruktora płaszczyzny (86) dołączone (8c) do wyjść estymatora płaszczyzny w rozbieżności (8).
7. Układ wykrywania przeszkód według dowolnego z zastrz. od 1 do 6 **znamienny tym**, że detektor przeszkód fazy lądowania (9) zawiera subtraktor płaszczyzny lądowiska (91) dołączony (8c) do wejścia detektora przeszkód fazy lądowania (9), **oraz tym**, że zawiera filtrator odsumiający (92) dołączony do subtraktora płaszczyzny lądowiska (91), **oraz tym**, że zawiera detektor konturów (93) dołączony do filtratora odsumiającego (92), **oraz tym**, że zawiera dyskryminator kształtu przeszkody (94) dołączony do detektora konturów (93), oraz dołączony jednocześnie (7b) do subtraktora płaszczyzny lądowiska (91) i drugiego wejścia detektora przeszkód fazy lądowania (9), oraz posiadający wyjście dyskryminatora kształtu przeszkody (94) dołączone (9a) do wyjścia detektora przeszkód fazy lądowania (9).

Rysunki

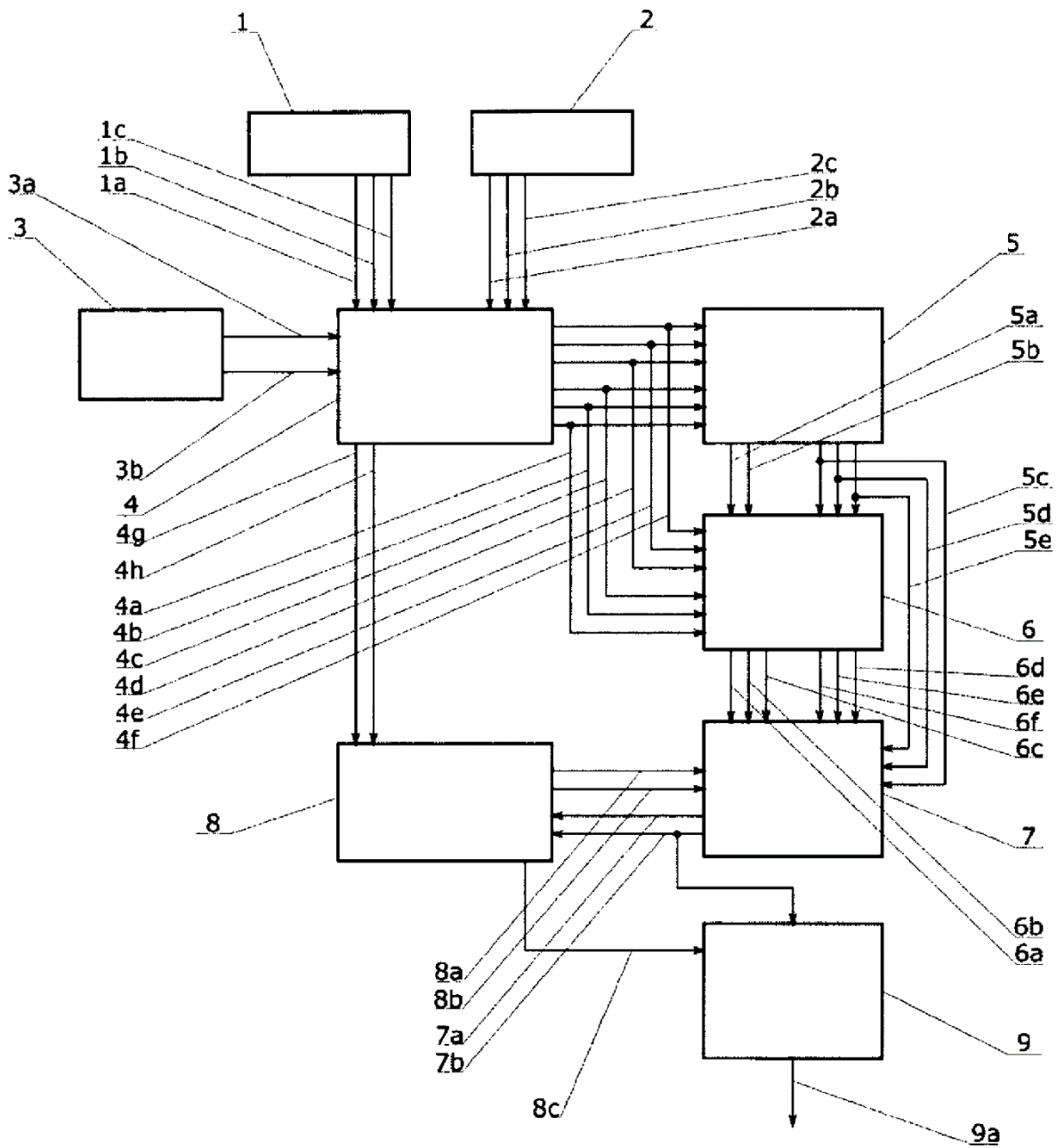


Fig. 1

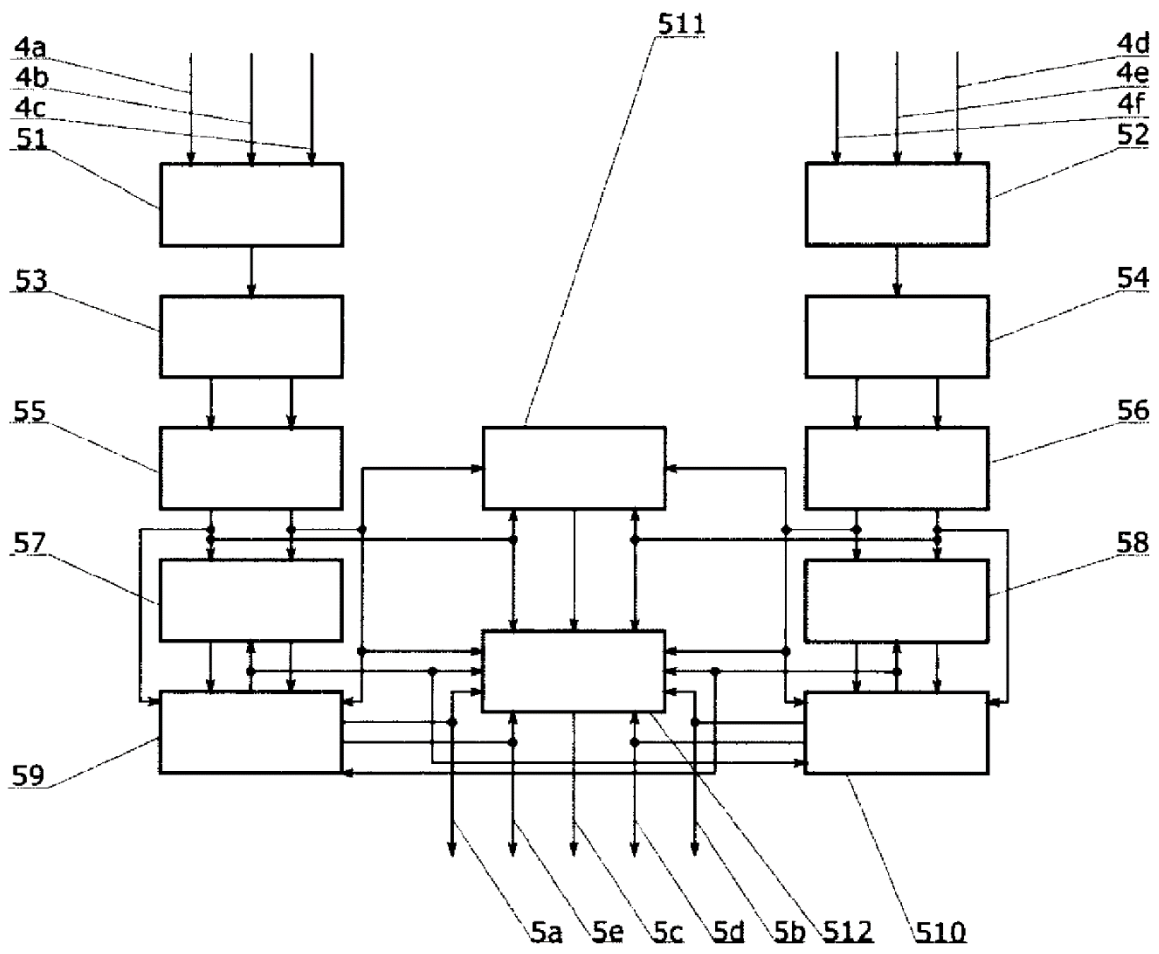


Fig. 2

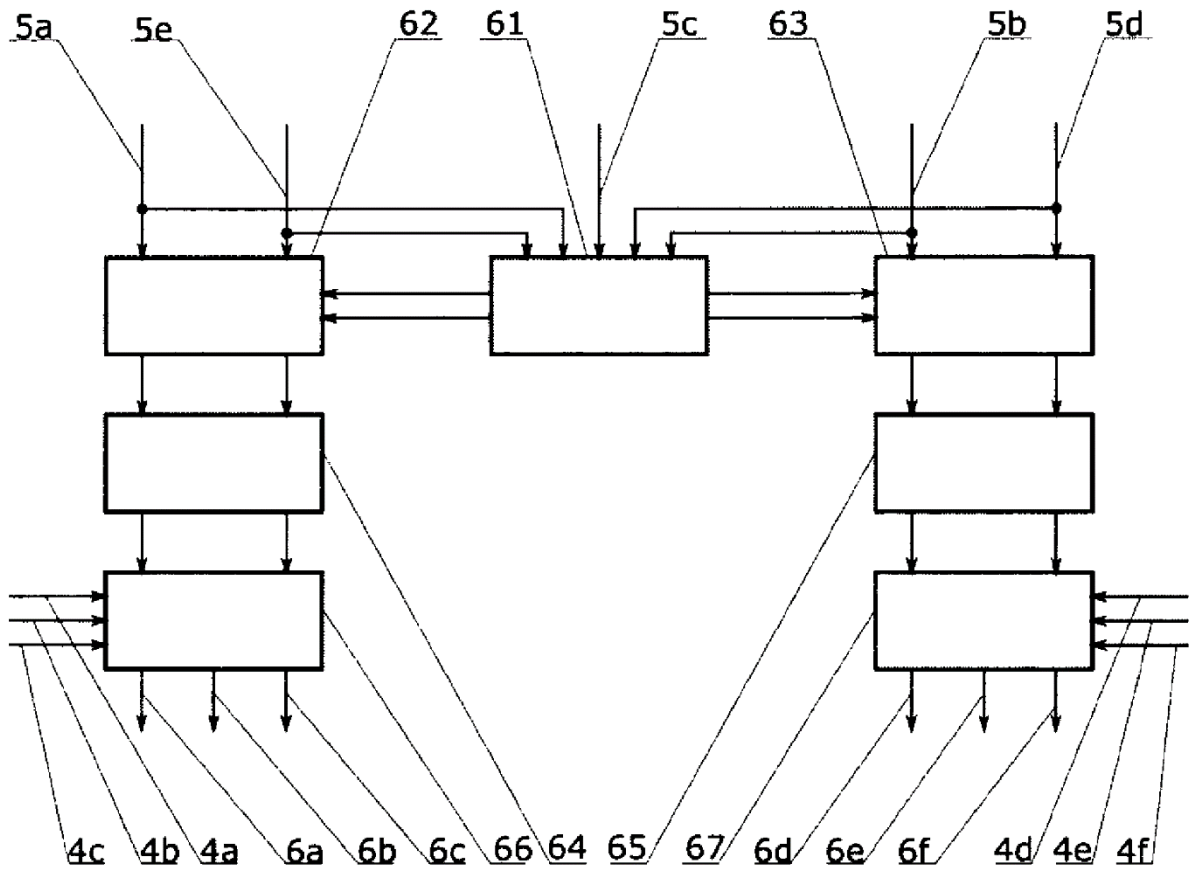


Fig. 3

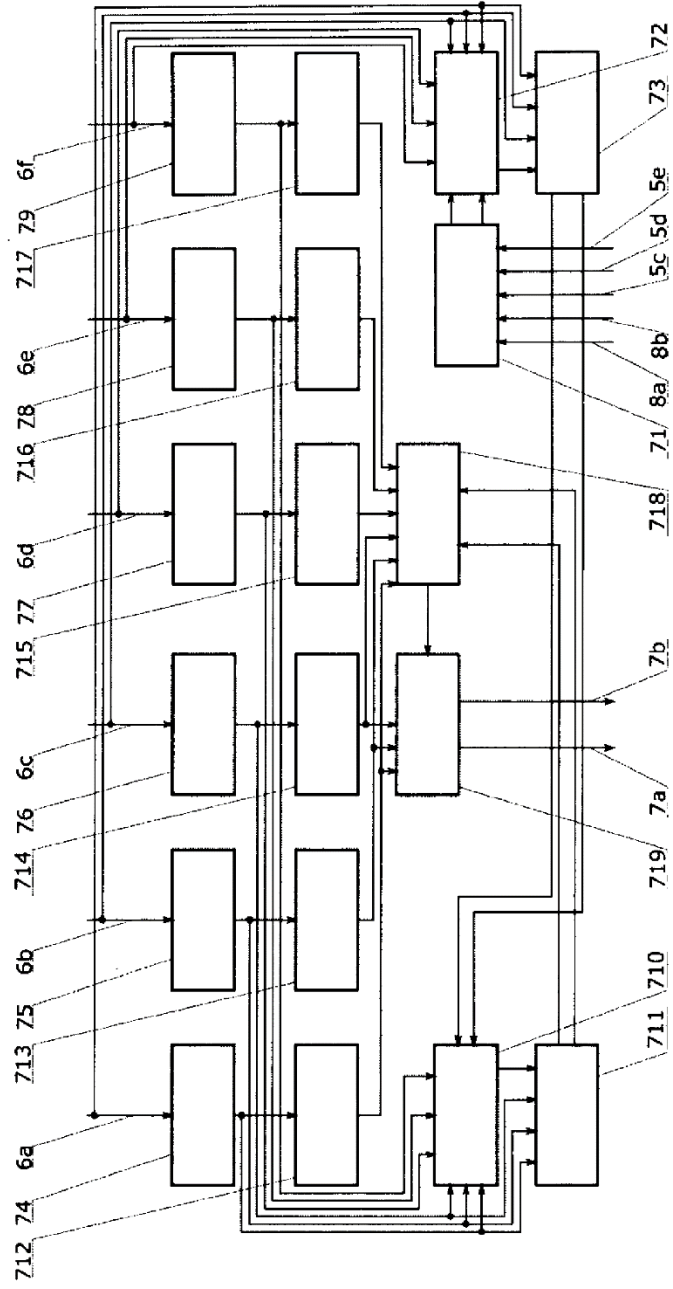


Fig. 4

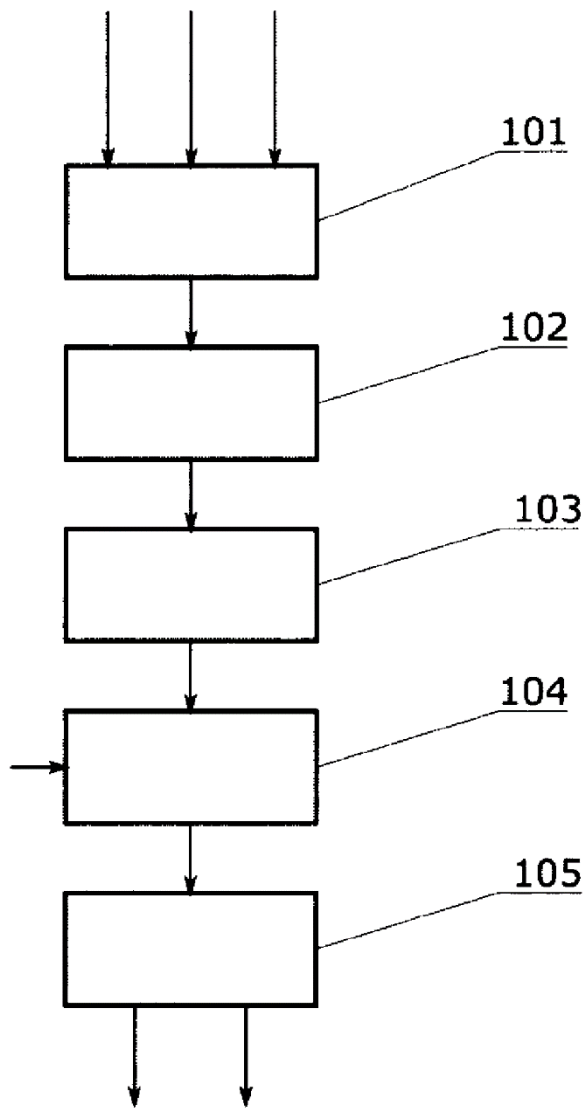


Fig. 5

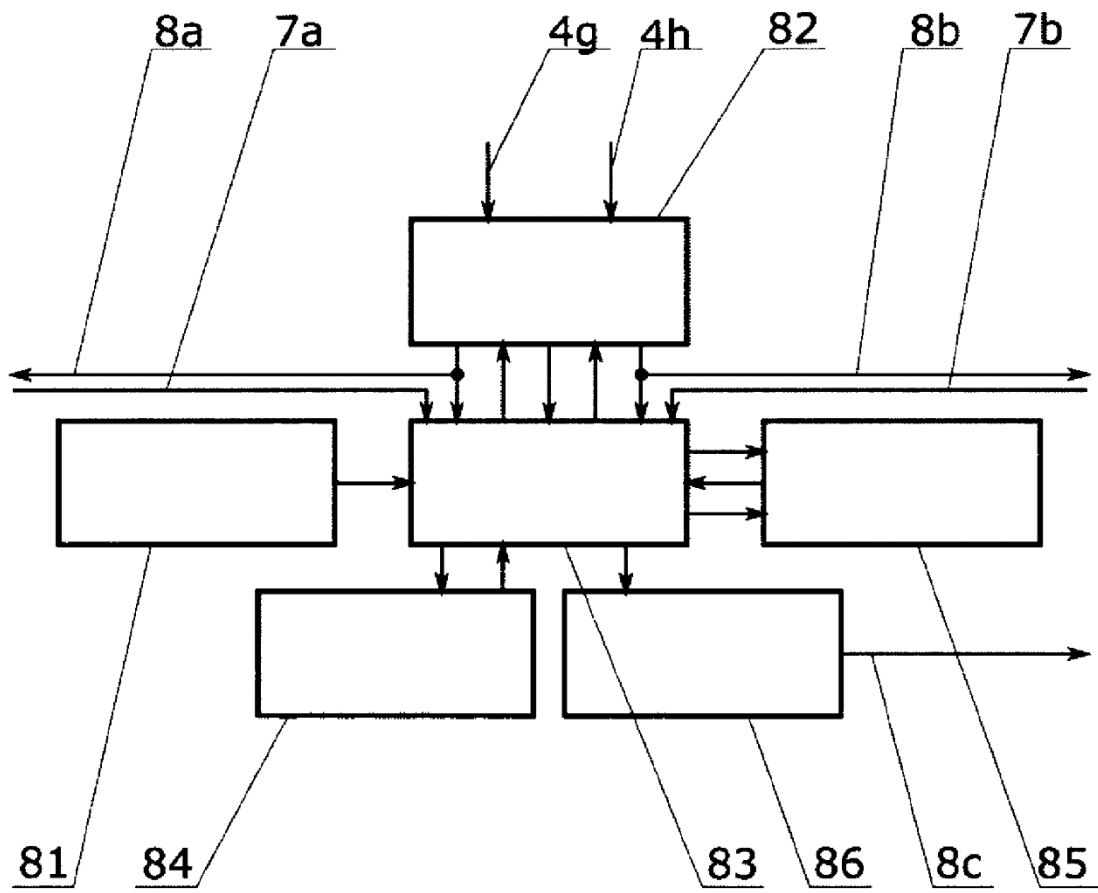


Fig. 6

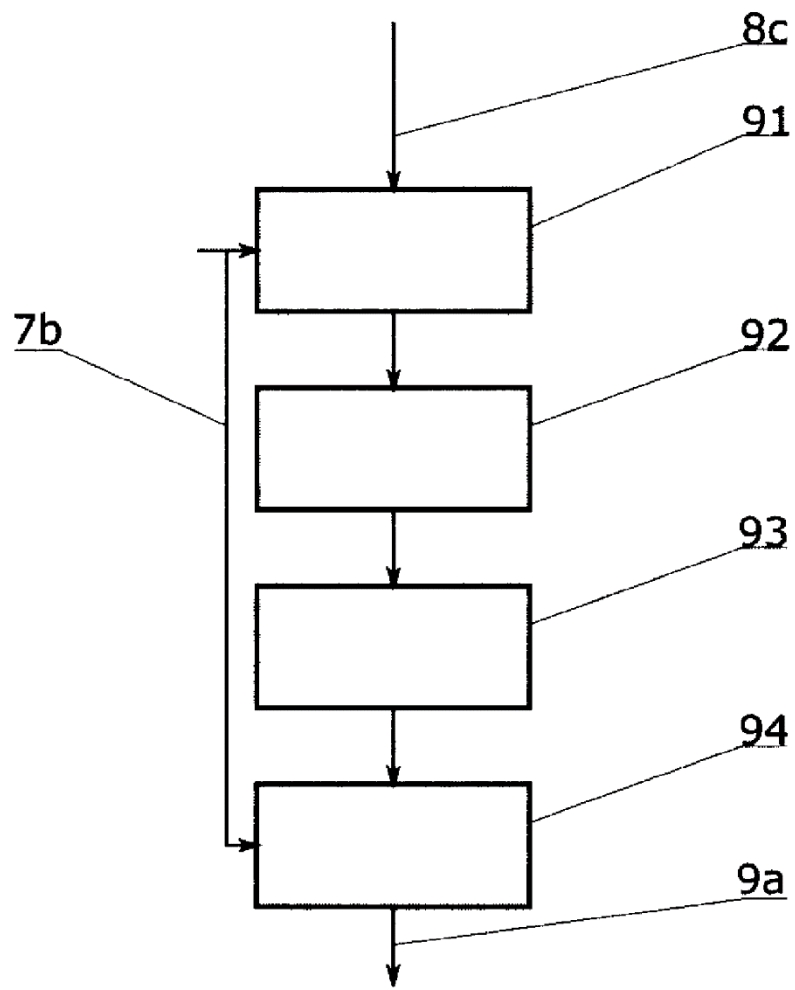


Fig. 7