

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **239730**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **429834**

(22) Data zgłoszenia: **06.05.2019**

(51) Int.Cl.

**A01B 39/18 (2006.01)**

**G01N 21/27 (2006.01)**

**G06N 3/08 (2006.01)**

(54) **Urządzenie do usuwania chwastów, zespół mechanizmu do usuwania chwastów  
oraz sposób usuwania chwastów**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**16.11.2020 BUP 24/20**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**03.01.2022 WUP 01/22**

(73) Uprawniony z patentu:

**MCMS WARKA SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ  
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Warka, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**KRZYSZTOF BĄK, Warka, PL  
MICHAŁ MAJEWSKI, Warka, PL  
SERGIUSZ ŁUCZAK, Czarny Las, PL  
WOJCIECH CREDO, Józefów, PL  
KAROL BAGIŃSKI, Grodzisk Mazowiecki, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzecz. pat. Grażyna Tomaszewska**

**PL 239730 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do usuwania chwastów, zespół mechanizmu do usuwania chwastów oraz sposób usuwania chwastów.

Znane są urządzenia do selektywnego, mechanicznego usuwania chwastów w miejscach ich wzrastania, wyposażone w zautomatyzowane układy rozpoznawania roślin.

Z publikacji międzynarodowej nr WO2017/002093, znany jest wynalazek dotyczący pojazdu robotycznego oraz sposobu automatycznego traktowania roślin warzywnych. Sposób, w którym stosuje się robota do automatycznego traktowania chwastów, obejmuje etapy rejestrowania odwzorowania chwastu z użyciem kamery, określania odległości pomiędzy chwastem a rośliną uprawną oraz wybrania przez robota narzędzia do traktowania chwastu, w zależności od wymienionej odległości.

Wymienione traktowanie polega na zastosowaniu narzędzia wybranego z grupy obejmującej narzędzie fizyczne i narzędzie opryskowe. Pojazd robotyczny do realizacji powyższego sposobu obejmuje urządzenie do rejestrowania odwzorowania, system komputerowy dostosowany do wyznaczania odległości pomiędzy chwastem a rośliną uprawną (na podstawie zarejestrowanego odwzorowania), zespół wybierający narzędzie do traktowania chwastu w zależności od wymienionej odległości oraz układ narzędziowy, wspomagający narzędzia do traktowania chwastów.

Amerykańskie zgłoszenie wynalazku nr US2017/0238460, ujawnia robota do usuwania chwastów, przeznaczonego do stosowania w ogródku przydomowym, w obrębie obszaru, który korzystnie jest ograniczony niewysoką barierą. Narzędziem do usuwania chwastów jest na przykład wirująca żyłka plastikowa. Chwasty są rozpoznawane na podstawie zapamiętanych odwzorowań, których zbiór jest uzupełniany/aktualizowany w trakcie czynności konserwacyjnych. Robot korzystnie ma niewielkie wymiary (szerokość 15–17,5 cm, długość 22,5–25 cm) i waży około 1 kg.

Publikacja międzynarodowa WO2027/194398, ujawnia wynalazek dotyczący rozpoznawania chwastów w środowisku naturalnym. Układ do rozpoznawania rodzaju chwastu będącego na wczesnym etapie rozwoju, w środowisku naturalnym, pomiędzy roślinami uprawnymi, obejmuje kamerę cyfrową, moduł konturowania do wyznaczania obszarów o zadanej barwie i teksturze, wyświetlacz do wyświetlania odwzorowania cyfrowego z najmniejszą zadaną ramką otaczającą konturowane obszary, pamięć, zespół resetowania do resetowania danych o barwie poza zdefiniowaną ramką oraz zespół do przesyłania danych do dalszej analizy, przyjmowania danych o rodzaju chwastu i o wielkości prawdopodobieństwa poziomu zgodności.

Publikacja naukowa pod tytułem „A system for Weeds and Corps Identification Based on Convolutional Neural Network” (Chechliński Ł, Siemiątkowska B, Majewski M) [w:] *Advances in Automation, Robotics and Measurement Techniques*, red: Szewczyk R, Zieliński C, Kaliczyńska M., seria: *Advances in Intelligent Systems and Computing*, wol. 743, Springer International Publishing, 2018, str. 193–202, prezentuje autonomiczny system odchwaszczania upraw. System został oparty na głębokich sieciach konwolucyjnych (ang. *Deep Convolutional Neural Network*, dalej CNN).

Powyższa praca prezentuje wyszukanie pierwszego przybliżenia architektury sieci na bazie dwóch sekwencji obejmujących 100 obrazów roślin. Osiągnięto poziom dokładności rzędu 96–98%. Przedstawione podejście jest przewidywane do stosowania w przypadku treningu i testów CNN z użyciem większych zbiorów danych.

Z opisu wynalazku nr JPH0779681(A), znane jest rozwiązanie dotyczące wykrywania roślin uprawnych różnego rodzaju i chwastów przy użyciu chromatyczności i niszczenia chwastów aparatem do rozpylania środków chemicznych. Cel rozwiązania jest realizowany na podstawie map podających pozycję roślin. Do wykonania map pozycjonowania roślin uprawnych i chwastów wynalazek wykorzystuje obrazy pobierane za pomocą kamer CCD.

Z publikacji międzynarodowej wynalazku nr WO2019083336, znany jest sposób i urządzenie do klasyfikacji roślin uprawnych i chwastów, wykorzystujące testowanie sieci neuronowej. Sposób polega na rozpoznawaniu upraw przy użyciu techniki sieci neuronowej z kodowaniem dekoderym (CED) i klasyfikowanie wszystkich roślin między rzędami upraw jako chwasty. Ponadto wychwytywanie chwastów z rzędów upraw na podstawie obrazu w zbliżeniu dzięki analizie kształtów, kolorów i innych cech morfologicznych. Informacje pobierane i przetwarzane przez sieć neuronową CED są przekazywane i umożliwiają sterowanie pracą urządzeń odchwaszczających.

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do usuwania chwastów, zespół mechanizmu do usuwania chwastów oraz sposób usuwania chwastów.

Urządzenie do usuwania chwastów, zgodnie z wynalazkiem jest wyposażone w nośną ramę z zaczepem do sprzężenia z pojazdem samobieżnym oraz podporowe koła, akumulator energii elektrycznej i generator energii elektrycznej, zaopatrzony w wielowypust do sprzężenia ze źródłem napędu pojazdu samobieżnego, wizyjną kamerę sprzężoną z komputerem do autonomicznego rozpoznawania chwastów i roślin uprawnych, stosujący algorytm wykorzystujący konwolucyjne sieci neuronowe do rozpoznawania chwastów i roślin uprawnych. Ponadto jest wyposażony w co najmniej jeden pielący zespół posiadający narzędzia do mechanicznego usuwania chwastów.

Urządzenie to charakteryzuje się tym, że zawiera zespół aktywnego pielienia, który ma robocze ramiona zakończone podcinającymi ostrzami, sprzężone mechanicznie z motoreduktorem do przekształcenia ruchu obrotowego w ruch wahadłowy roboczych ramion oraz wizyjną kamerę z doświetlającym reflektorem i mikrokomputerem. Mikrokomputer jest dostosowany do wykonywania analizy obrazu z wizyjnej kamery z użyciem wspomnianego algorytmu rozpoznawania chwastów i roślin uprawnych, wykorzystującego konwolucyjne sieci neuronowe. Jest on sprzężony z układem sterowania przekazującym do motoreduktora informacje dotyczące pozycji kątowej wałka silnika, uzależnione od wyników analizy obrazu zarejestrowanego przez wizyjną kamerę. Zespół aktywnego pielienia jest zaopatrzony w detektor położenia krańcowego, aby układ sterowania mógł dokładnie rozpoznawać położenie roboczych ramion. Zespół aktywnego pielienia posiada także zintegrowany czujnik położenia kątowego wirnika, aby sterować motoreduktorem w czasie rzeczywistym, zgodnie z zadanym profilem przemieszczania się urządzenia do usuwania chwastów. W skład urządzenia wchodzi także momentomierz, sztywno połączony z motoreduktorem do kontrolowania poziomu oporów mechanicznych w mechanizmach zespołu pielienia aktywnego.

Korzystnie, urządzenie jest wyposażone w odometryczny czujnik prędkości w postaci kopiującego koła z enkoderem, określającym prędkość liniową, z jaką porusza się urządzenie do usuwania chwastów po sprzężeniu z pojazdem samobieżnym. Odometryczny czujnik prędkości dostarcza sygnał do układu sterowania.

W szczególności robocze ramiona są sprzężone mechanicznie z motoreduktorem poprzez czynne pasowe koło, osadzone na wałku motoreduktora, połączone obrotowo za pomocą zębatego paska z dwoma biernymi pasowymi kołami, na których są zamontowane mimośrodowo łączniki. Łączniki te są połączone wahlwie z dźwigniami sztywno połączonymi z roboczymi ramionami.

Korzystnie, urządzenie posiada zespół pasywnego pielienia, obejmujący pielący nóż, zamontowany na słupicy do podcinania korzeni chwastów poniżej poziomu gleby oraz strunowy wał do uprawiania gleby w międzyrzędziu.

W szczególności zespół aktywnego pielienia i zespół pasywnego pielienia są osadzone na nośnym korpusie, zaopatrzonym w podporowe koło, przy czym nośny korpus jest połączony przegubowo poprzez montażowy segment nośnej ramy z nośną ramą za pomocą czworobocznego przegubowego łącznika.

Korzystnie, nośna rama ma montażową belkę wspartą na skrętnych kołach oraz co najmniej jeden zaczep do mechanicznego sprzężenia urządzenia do usuwania chwastów z pojazdem samobieżnym. W szczególności na nośnej ramie jest umiejscowione źródło energii elektrycznej, zasilające urządzenie do usuwania chwastów, które obejmuje generator energii elektrycznej oraz co najmniej jeden akumulator energii elektrycznej. Wał generatora energii elektrycznej jest wyprowadzony poza jego obudowę i zaopatrzony w wielowypust do sprzężenia generatora ze źródłem napędu pojazdu samobieżnego.

Według alternatywnej realizacji, nośna rama ma liczne segmenty montażowe, połączone za pomocą czworobocznych łączników przegubowych z licznymi nośnymi korpusami, mającymi zespoły aktywnego pielienia i zespoły pasywnego pielienia, tak że do każdego segmentu montażowego jest przyporządkowany czworoboczny przegubowy łącznik, nośny korpus, zespół aktywnego pielienia i zespół pasywnego pielienia.

Zespół mechanizmu do usuwania chwastów, zgodnie z rozwiązaniem, zaopatrzony w wizyjną kamerę sprzężoną z komputerem do autonomicznego rozpoznawania chwastów i roślin uprawnych, oraz w narzędzia do mechanicznego usuwania chwastów, zgodnie z wynalazkiem, wyróżnia się tym, że obejmuje robocze ramiona, zakończone podcinającymi ostrzami, sprzężone mechanicznie z motoreduktorem do przekształcenia ruchu obrotowego w ruch wahadłowy roboczych ramion. Ponadto zespół ten jest wyposażony w wizyjną kamerę z doświetlającym reflektorem i mikrokomputerem. Mikrokomputer jest dostosowany do wykonywania analizy obrazu z wizyjnej kamery z użyciem algorytmu rozpoznawania chwastów i roślin uprawnych przy wykorzystaniu konwolucyjnych sieci neuronowych. Mikrokomputer

jest sprzężony z układem sterowania przekazującym do motoreduktora informacje odnośnie pozycji kątownej wałka silnika, uzależnione od wyników analizy obrazu zarejestrowanego przez wizyjną kamerę.

Zespół aktywnego pielenia jest wyposażony w detektor położenia krańcowego, aby układ sterowania rozpoznawał dokładne położenie roboczych ramion.

Ponadto zespół aktywnego pielenia posiada zintegrowany czujnik położenia kątownego wirnika silnika, aby sterować motoreduktorem w czasie rzeczywistym, zgodnie z zadaniem profilem przemieszczania się roboczych ramion na polu uprawnym.

Korzystnie, zespół do usuwania chwastów jest wyposażony w momentomierz, sztywno połączony z motoreduktorem do kontrolowania poziomu oporów mechanicznych.

W szczególności robocze ramiona są sprzężone mechanicznie z motoreduktorem za pomocą czynnego pasowego koła, osadzonego na wałku motoreduktora i połączonego obrotowo za pomocą zębatego paska z dwoma biernymi pasowymi kołami, na których są zamontowane mimośrodowo łączniki. Łączniki te są połączone wahliwie z dźwigniami sztywno połączonymi z roboczymi ramionami.

Sposób usuwania chwastów, według wynalazku jest realizowany za pomocą urządzenia rolniczego, wyposażonego w zespół mechanizmu do usuwania chwastów. Sposób polega na tym, że wizyjna kamera urządzenia połączonego z pojazdem, poruszającym się wzdłuż rzędów uprawnych roślin, rejestruje obraz wraz z informacjami o nasadzeniach. Te informacje są klasyfikowane przez system detekcyjny, dzieląc obraz na obszary zajmowane przez rośliny uprawne, chwasty oraz tło. Informacja o obszarach jest rozbudowana o sygnał z enkodera z kopiującym kołem, mierzącym przemieszczanie się pojazdu wraz z urządzeniem. Czujnik położenia krańcowego umieszczony w przekładni, informuje układ sterowania o aktualnej pozycji roboczych ramion, a algorytm na podstawie zebranych informacji ustala najbardziej dogodną trajektorię podcinających ostrzy i w wyznaczonym momencie z układu sterowania urządzenia jest wysyłany sygnał do sterownika silnika, który zadaje silnikowi napięcie właściwe dla wykonania ruchu wahadłowego przez robocze ramiona, po czym następuje zsuwanie się roboczych ramion ku sobie, poprzecznie do rzędów uprawnych roślin wraz z zamontowanymi na ich końcach podcinającymi ostrzami. Ostrza te podcinają korzenie chwastów poniżej poziomu gleby. Jeśli algorytm stwierdzi obecność rośliny uprawnej, podcinające ostrza rozsuwają i tym samym uniemożliwiają uszkodzenie uprawnej rośliny.

Sygnał pomiarowy z momentomierza jest rozpatrywany w układzie sterowania, aby:

- w przypadku przekroczenia granicznej wartości momentu odłączyć zasilanie motoreduktora z wygenerowaniem informacji dla operatora o wystąpieniu błędu krytycznego,
- sprawdzić podczas uruchamiania urządzenia do usuwania chwastów opory ruchu w zespole pielenia aktywnego, wykonującego ruch jałowy z ewentualnym wygenerowaniem ostrzeżenia dla operatora dotyczącego obecności ciała obcego, zwiększającego opory ruchu elementów roboczych, albo w przypadku nieobecności ciał obcych, ostrzeżenia dla operatora o konieczności dokonania przeglądu i/lub konserwacji.

Zwalczanie chwastów jest jednym z największych problemów w dziedzinie agrotechniki. Rozrost chwastów wpływa niekorzystnie na jakość roślin uprawnych, gdyż chwasty zmniejszają zawartość wody i składników odżywczych w glebie, wytwarzają toksyny szkodliwe dla roślin uprawnych, a także utrudniają przeprowadzenie zbiorów. Należy dodać, że chwasty są nosicielami chorób mogących przenosić się na rośliny uprawne. Manualne odchwaszczanie upraw jest wysoce pracochłonne, a stosowanie herbicydów wnosi swój udział w skażeniu środowiska naturalnego i wywołuje negatywne skutki zdrowotne dla ludzi i zwierząt.

Alternatywę może stanowić metoda zautomatyzowanego odchwaszczania mechanicznego z użyciem sensorów (zazwyczaj kamer) wykrywających i identyfikujących chwasty, która jednak wymaga szybkiego i dokładnego rozpoznawania roślin rejestrowanych przez kamerę w czasie rzeczywistym i odróżniania roślin uprawnych od chwastów.

Urządzenie do usuwania chwastów, według wynalazku posiada zintegrowany układ wykorzystujący metodykę rozpoznawania chwastów i roślin uprawnych. Układ ten współpracuje z aktywnym mechanizmem niszczącym chwasty, a ponadto urządzenie jest wyposażone w układ pielenia pasywnego.

Dzięki temu urządzenie, zgodnie z rozwiązaniem nadaje się do przeprowadzania kombinowanego odchwaszczania obejmującego pielenie międzyrzędzi oraz rzędów upraw roślin za jednym przejazdem.

Sterowanie mechanizmem niszczącym chwasty odbywa się poprzez analizę obrazu pochodzącego z wizyjnej kamery, której pole widzenia jest doświetlane przez reflektor. Analiza jest wykonywana za pomocą mikrokomputera z użyciem algorytmów/programów wykorzystujących tzw. sztuczną inteligencję, dokładnie konwolucyjne sieci neuronowe.

Z mikrokomputera, po rozpoznaniu obrazu są generowane sygnały sterujące przesyłane do układu wykonawczego.

Proces pielenia w rzędzie roślin jest realizowany za pomocą poruszających się ruchem wahadłowym roboczych ramion, zakończonych ostrzami podcinającymi korzenie chwastów na określonej głębokości poniżej poziomu gleby.

Proces pielenia roślin w międzyrzędziu jest wykonywany przez zespół pielenia pasywnego, wyposażonego w pielący nóż, zamocowany na słupicy. Nóż ten przemieszczając się na głębokości poniżej poziomu gleby podcina korzenie chwastów. Istotnym elementem wyposażenia zespołu pielenia pasywnego jest zamocowany na nośnym korpusie sekcji roboczej strunowy wał, który uzupełniająco uprawia ziemię w międzyrzędziu.

Przedmiot wynalazku został zilustrowany w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1a – przedstawia praktyczną realizację urządzenia, zgodnie z rozwiązaniem w rzucie prostokątnym z boku, fig. 1b – w widoku aksonometrycznym, fig. 2 – pokazuje w rzucie prostokątnym z boku wybrane elementy konstrukcji wsporczej urządzenia, fig. 3 – pokazuje w widoku aksonometrycznym nośną ramę wraz z zespołem zasilającym, fig. 4 – ilustruje budowę narzędzi zespołu pielenia pasywnego, fig. 5 – uwidacznia wizyjną kamerę i oświetlający reflektor, fig. 6 – prezentuje kopiujące koło wraz z enkoderem, fig. 7 – aktywny zespół pielący z roboczymi końcówkami, fig. 8 – schemat blokowy struktury funkcjonalnej zespołu pielenia aktywnego, fig. 9 – przedstawia konstrukcję mechanizmu aktywnego zespołu pielącego, fig. 10a – prezentuje praktyczną realizację momentomierza, fig. 10b – alternatywną wersję momentomierza, natomiast fig. 11 – uwidacznia kolejną praktyczną realizację urządzenia do usuwania chwastów, zgodnie z wynalazkiem.

Urządzenie **1** do usuwania chwastów, według rozwiązania, przedstawione w praktycznej realizacji na rysunku fig. 1a (w rzucie prostokątnym) i na rysunku fig. 1b (w widoku aksonometrycznym), jest zaopatrzone w nośną ramę **2**, mającą montażową belkę **3**, wspartą na skrętnych kołach **4**, wyposażonych w metalowe obręcze. Poziom osadzania skrętnych kół **4** może być regulowany za pomocą śrubowego elementu **5** wyposażonego w korbę **6**. Na montażowej belce **3** jest zamontowany montażowy segment **7** czworobocznego przegubowego łącznika **8**, łączącego przegubowo nośną ramę **2** z nośnym korpusem **9** zespołu pielącego **10**.

Czworoboczny przegubowy łącznik **8**, zilustrowany na rysunku, fig. 2 – ma dwa poziome ramiona, osadzone wahlwie, z jednej strony w montażowym segmencie **7**, a z drugiej strony w nośnym korpusie **9** zespołu pielącego **10**. Czworoboczny przegubowy łącznik **8** jest zaopatrzone w dociskową sprężynę. Poziome ramiona czworobocznego przegubowego łącznika **8** są spięte naciągową sprężyną.

Rysunek, fig. 3 – ilustruje bardziej szczegółowo nośną ramę **2** i osadzone na niej zespoły. Nośna rama **2** jest zaopatrzone w co najmniej jeden zaczep **11** do mechanicznego sprzężenia urządzenia **1**, według wynalazku z pojazdem samobieżnym (niepokazany). Pojazdem samobieżnym może być jakikolwiek pojazd posiadający własne źródło napędu o wystarczającej mocy, aby zapewnić przemieszczanie się pojazdu samobieżnego sprzężonego z urządzeniem **1** po polu uprawnym. Może to być ciągnik rolniczy. Źródłem napędu pojazdu samobieżnego może być silnik spalinowy, silnik elektryczny albo zespół hybrydowy.

Na nośnej ramie **2** jest zamontowane źródło energii elektrycznej, zasilające urządzenie **1**, obejmujące generator energii elektrycznej oraz co najmniej jeden akumulator **13** energii elektrycznej (zespół ogniw odwracalnych), dostosowany liczbą ogniw do napięcia prądu elektrycznego generowanego przez generator energii elektrycznej **12**. Korzystnie generatorem energii elektrycznej **12** jest alternator (o napięciu znamionowym na przykład 24 V), wyposażony w prostowniczy moduł (niepokazany), ewentualnie prądnicę prądu stałego. Korzystnie, w przypadku generatora energii elektrycznej **12** o napięciu znamionowym 24 V, akumulator **13** energii elektrycznej obejmuje dwa akumulatory 12 V zestawione szeregowo.

Wał generatora energii elektrycznej **12** jest wyprowadzony poza jego obudowę i zaopatrzone w wielowypust **14** do sprzężenia generatora **12** ze źródłem napędu pojazdu samobieżnego.

Nośny korpus **9** jest wyposażony w podporowe koło **15** zaopatrzone w ogumienie pneumatyczne. Poziom osadzenia podporowego koła **15** może być regulowany, podobnie jak w przypadku skrętnego koła **4**, za pomocą elementu śrubowego, posiadającego korbę (nie pokazano). Na nośnym korpusie **9** jest osadzony zespół pielący **10**, przeznaczony do mechanicznego usuwania chwastów. Zespół ten obejmuje wyposażone w odmienne narzędzia – zespół pielenia pasywnego i zespół pielenia aktywnego.

Zespół pielenia pasywnego realizuje operacje uprawiania międzyrzędzia w uprawach rzędowych z użyciem narzędzi pokazanych na rysunku – fig. 4.

Narzędzia te stanowi pielący nóż **16** osadzony na słupicy **17**, przy czym pielący nóż **16** zagłębia się poniżej poziomu gleby i w trakcie ruchu urządzenia **1**, według wynalazku dokonuje podcięcia korzeni chwastów. Zespół pielienia pasywnego dodatkowo realizuje funkcję uprawiania gleby w międzyrzędziu. Czyni to za pomocą strunowego wału **18**.

W skład zespołu aktywnego pielienia wchodzi wizyjna kamera **19** z mikrokomputerem (zilustrowana na rysunku – fig. 5), doświetlający reflektor **20**, kopiujące koło **21** wraz z enkoderem **22** (pokazane na rysunku – fig. 6). Ponadto układ wykonawczy i układ sterujący. Mechanizm układu wykonawczego jest umieszczony w obudowie **23**, z której są wyprowadzone robocze ramiona **24.1** i **24.2**. Robocze ramiona **24.1** i **24.2** są zakończone podcinającymi ostrzami **25.1** i **25.2** (uwidocznione na rysunku – fig. 7). Operacje pielienia wykonuje się za pomocą roboczych ramion **24.1** i **24.2** wykonujących ruch wahadłowy umożliwiający podcięcia korzeni chwastów poniżej poziomu gleby przez podcinające ostrza **25.1** i **25.2**. Sterowanie mechanizmem układu wykonawczego, usuwającym chwasty odbywa się w następstwie analizy obrazu pochodzącego z wizyjnej kamery **19**, której pole widzenia jest oświetlane dodatkowo przez doświetlający reflektor **20**.

Analiza obrazu jest dokonywana przez mikrokomputer z użyciem algorytmu rozpoznawania chwastów i roślin uprawnych, wykorzystującego konwolucyjne sieci neuronowe. To pozwala na autonomiczne wykonywanie odchwaszczania upraw przez aktywny zespół pielący urządzenia **1**, według wynalazku.

Dodatkowym komponentem zespołu aktywnego pielienia jest kopiujące koło **21** wraz z enkoderem **22**, który spełnia rolę układu redundantnego dla wyznaczonej na podstawie analizy obrazu zarejestrowanej wizyjną kamerą **19** przebytej drogi oraz prędkości poruszania się urządzenia **1**. Zarejestrowana sekwencja obrazu jest analizowana przez układ wizyjny.

Układ wizyjny na podstawie zastosowanych algorytmów analizujących, generuje sygnały sterujące dla układu wykonawczego.

Struktura urządzenia **1** została przedstawiona na rysunku – fig. 8 w postaci schematu blokowego. Podzespoły mechaniczne zostały wyróżnione poprzez wypełnienie ich okien szarym tłem.

Układ sterowania, bazujący na wynikach analizy obrazu z układu wizyjnego, obejmującego wizyjną kamerę **19** z mikrokomputerem i doświetlający reflektor **20**, przesyła do serwonapędu informację dotyczącą żądanej pozycji kątowej roboczych ramion **24.1** i **24.2**, przeliczoną na pozycję kątową wałka silnika. Sterownik silnika przekazuje do układu sterowania zwrotną informację o aktualnej pozycji wałka silnika. Ruch silnika serwonapędu jest przekazywany do mechanizmu zmiany ruchu obrotowego na kątowy ruch oscylacyjny, którego zakres odpowiada wymaganemu zakresowi ruchu roboczych ramion **24.1** i **24.2**. Do wyjść mechanizmu zamiany ruchu zamocowane są robocze ramiona **24.1** i **24.2** zaopatrzone w podcinające ostrza **25.1** i **25.2**.

Wszystkie podzespoły zasilane są prądem stałym, ze źródła energii elektrycznej urządzenia **1**, korzystnie prądem o napięciu 24 V. Układ sterowania steruje w sposób nadążny ruchem roboczych ramion **24.1** i **24.2**, zakończonych podcinającymi ostrzami **25.1** i **25.2**. Sterowanie ruchem roboczych ramion **24.1** i **24.2** odbywa się poprzez napędzanie ich za pomocą bezszczotkowego silnika prądu stałego (BLDC). Podcinające ostrza **25.1** i **25.2** rozsuwają się od siebie w momencie zbliżenia się nośnego korpusu **9** zespołu pielącego **10** do rośliny uprawnej. Informację o tej pozycji system sterowania uzyskuje poprzez przetwarzanie obrazu rejestrowego za pomocą wizyjnej kamery **19**. Pole widzenia wizyjnej kamery **19** jest dodatkowo oświetlane doświetlającym reflektorem **20** w celu uzyskania wysokiej jakości rejestrowanego obrazu. Do przetwarzania rejestrowanego obrazu wykorzystywane są algorytmy analizy obrazu. Metoda rozpoznawania wzorców obejmuje etapy akwizycji obrazu, przetwarzania wstępnego ekstrakcji cech i klasyfikacji. Odpowiedni dobór powyższych komponentów jest kluczowy dla efektywnego rozwiązywania problemu identyfikacji roślin. Istniejące metody klasyfikacji liści obejmują dwie grupy metod. Pierwsza z metod wykorzystuje cechy globalne liści, druga zaś cechy lokalne. Jako cechy lokalne ocenia się wygląd ogonka, blaszki, nasady i obrzeża morfologiczne deskryptory polegają na geometrycznych właściwościach, takich jak: średnica, centroid, pole powierzchni. Powyższe deskryptory są zwykle łączone z takimi cechami jak tekstura lub kolor liścia. Momenty obrazu są statystycznymi deskryptorami, charakteryzującymi się niską złożonością obliczeniową, ale są czułością na szum. Do rozpoznawania i klasyfikacji liści można zastosować skalo-niezmiennicze przekształcenie cech (*scale-invariant feature transform*, SIFT), albo histogramy zorientowanych gradientów (*histogram of oriented gradients*, HOG), względnie metody klasyfikacji liści oparte o deskryptory konturów.

W rozwiązaniu, według wynalazku wykorzystuje się trenowanie sieci CNN, wskutek czego uzyskuje się wysoką dokładność i krótki czas przetwarzania na małej bazie opisów. W procesie stosuje się

parametryzację architektury sieci, mierzy dokładność i czas przetwarzania dla różnych wartości parametrów sieci, a następnie dla najlepszej konfiguracji sprawdza się wpływ ilości danych treningowych na dokładność działania sieci. Ostatecznie przeprowadza się analizę sklasyfikowanych obrazów, aby uzyskać jakościową informację o wynikach.

Klasyfikacja roślin jest zadaniem lokalnym, którego wynik zależy od okolicy analizowanego punktu, a nie całego obrazu. Oznacza to, że na wejściu sieci podaje się grupy małych obrazków, zwanych polami recepcyjnymi. Taka klasyfikacja skutkuje tym, że trening jest wydajniejszy, a w praktycznym użyciu sieć może zostać przekształcona do konwolucji po całym obrazie.

Co do szczegółów rozwiązania, rozpoznawanie chwastów i roślin uprawnych z wykorzystaniem konwolucyjnych sieci neuronowych, niniejszym powołujemy się na całość pracy opublikowanej w: *Advances in Automation, Robotics and Measurement Techniques*, seria *Advances in Intelligent Systems and Computing*, wol. 743, Springer International Publishing, 2028, str. 193–202, która to praca powstała we współpracy ze zgłaszającym przedmiotowy wynalazek.

W celu zapewnienia wysokiego poziomu wydajności oraz niezawodności pracy urządzenia **1** do usuwania chwastów, oprócz sygnału z wizyjnej kamery **19**, układ sterowania wykorzystuje także sygnały z innych sensorów. Na potrzeby dynamicznego sterowania pracą silnika BLDC, sprzężony z nim standardowy sterownik wykorzystuje sygnał generowany przez zintegrowany czujnik położenia kąтового wirnika silnika (niepokazany), informujący o aktualnym położeniu wirnika. Sygnał ten jest także wykorzystywany przez układ sterowania, który w połączeniu z sygnałem z detektora położenia krańcowego jednego z ruchomych elementów struktury mechanicznej (przy uwzględnieniu stałego położenia przekładni z zębatym paskiem oraz zmiennego położenia mechanizmu dźwigowego) umożliwi dynamiczne sterowanie położeniem roboczych ramion **24.1** i **24.2** w sposób nadążny. Układ sterowania wykorzystuje także sygnał z odometrycznego czujnika prędkości **22**, określającego prędkość liniową, z jaką porusza się urządzenie **1**, sprzężone z pojazdem samobieżnym, w celu zwiększenia niezawodności działania zespołu aktywnego pielenia.

Zespół aktywnego pielenia zawiera w swej mechanicznej strukturze momentomierz o specjalnej budowie. Jest to urządzenie stacjonarne, sprzężone mechanicznie z obudową silnika. Dzięki temu możliwe jest wyznaczenie rzeczywistego momentu, jaki generuje silnik podczas napędzania elementów roboczych.

Sygnał pomiarowy z momentomierza wykorzystywany jest przez układ sterowania w następujących celach:

- a) po przekroczeniu granicznej wartości momentu, układ sterowania odcina zasilanie silnika napędowego w celu zabezpieczenia go przed uszkodzeniem (silnik wraz ze sterownikiem i reduktorem stanowi najdroższy komponent modułu mechanicznego), generując informację o wystąpieniu błędu krytycznego dla operatora;
- b) podczas uruchamiania zespołu pielenia, układ sterowania może dokonać sprawdzenia oporów ruchu w module mechanicznym, wykonującym ruch jałowy – dzięki temu jest możliwe stwierdzenie istnienia jakichś ciał obcych (np. korzenie lub łodygi, które się owinęły wokół elementów ruchomych) zwiększając opory ruchu elementów roboczych; generowane jest w takiej sytuacji ostrzeżenie dla operatora;
- c) podczas uruchamiania zespołu pielenia aktywnego, układ sterowania może dokonać sprawdzenia oporów ruchu w module mechanicznym, wykonującym ruch jałowy; jeśli operator urządzenia **1**, według wynalazku nie stwierdzi istnienia jakichś ciał obcych zwiększających zewnątrz opory ruchu elementów roboczych, sygnał pomiarowy z momentomierza jest miarą zużycia komponentów mechanicznych, bowiem wraz z zużywaniem się elementów współpracujących, bądź też starzeniem się środków smarnych, zazwyczaj rosną opory ruchu (w stanie zdiagnozowania nadmiernego poziomu tych oporów generowane jest ostrzeżenie dla operatora, sugerujące dokonanie przeglądu i/lub konserwacji modułu mechanicznego);
- d) w trakcie normalnego działania zespołu aktywnego pielenia, układ sterowania może wykryć nadmierne obciążenie silnika napędzającego moduł mechaniczny, które także może wynikać z przyczepienia się jakichś ciał obcych, znacznie zwiększających opory ruchu elementów roboczych; generowane jest w takiej sytuacji ostrzeżenie dla operatora, albo ewentualnie informacja o wstąpieniu błędu krytycznego, uniemożliwiającego dalszą pracę zespołu pielenia;
- e) w przypadku, gdy z jakichś względów (np. bezpieczeństwa) korzystne byłoby ograniczenie maksymalnego momentu, wytwarzanego przez moduł mechaniczny pielnika, przy wykorzystaniu sygnału pomiarowego z momentomierzem, układ sterowania jest w stanie chwilowo

odciąć zasilanie silnika napędowego i przez to zmniejszyć wytwarzany moment obrotowy na elementach ruchomych;

- f) sygnał pomiarowy z momentomierza wykorzystać można także w celach badawczych – do wyznaczania oporów występujących w procesie pielenia roślin posadzonych na różnych rodzajach gleb. Zbiór danych uzyskanych w związku z rejestrowaniem sygnałów pomiarowych z momentomierza może posłużyć do stworzenia bazy wiedzy do wykorzystania przy budowie różnego rodzaju sprzętu rolniczego. Poza tym takie pomiary umożliwiają prace optymalizacyjne nad usprawnieniem konstrukcji mechanizmu mechanicznego (np. optymalizowanie kształtu ostrza elementów ruchomych), co może doprowadzić do znacznego zmniejszenia zużycia energii elektrycznej przez urządzenie **1**, według wynalazku. Dzięki temu można by zastosować silniki elektryczne o mniejszej mocy, co prowadziłoby do istotnego ograniczenia kosztów wytwarzania co najmniej niektórych części urządzenia **1** do usuwania chwastów.

Wyposażenie urządzenia **1**, według wynalazku w powyższe funkcje, a zwłaszcza w funkcje opisane w punktach a)–e), umożliwi diagnostykę jego pracy, a z tego wynika wpływ na zwiększenie trwałości przy odpowiednio szybkim reagowaniu na pojawiające się drobne uszkodzenia i przedwczesne zużycie poszczególnych elementów mechanicznych.

Konstrukcja mechanizmu zespołu aktywnego pielenia, szczegółowo przedstawiona na rysunku, fig. 9 – wyróżnia się tym, że wewnątrz obudowy **23** są ułożyskowane tocznie robocze ramiona **24.1** i **24.2**. Do obudowy **23** jest sztywno zamocowany stacjonarny momentomierz **26**, do którego od góry przylega motoreduktor **27**, sztywno połączony z momentomierzem **26**. Motoreduktor stanowi bezszczotkowy silnik prądu stałego (BLDC) sprzężony mechanicznie z reduktorem planetarnym oraz z inkrementalnym enkoderem, generującym w każdej chwili informację o położeniu kątowym wirnika silnika. Na wałku motoreduktora **27** jest osadzone czynne pasowe koło **28** ciągnowej przekładni. Pasowe koło **28** za pomocą zębatego paska **29** przekazuje napęd do dwóch biernych pasowych kół **30.1** i **30.2**, ułożyskowanych tocznie w obudowie **23**. Bierne pasowe koła **30.1** i **30.2** za pomocą mimośrodowo zamocowanych łączników **31.1** oraz **31.2** przenoszą napęd na dźwignie **32.1** oraz **32.2**, które są ułożyskowane tocznie w obudowie **23**. Ponadto dźwignie **32.1** i **32.2** są sztywno połączone z roboczymi ramionami **24.1** i **24.2**. Napinacz **33** służy do napinania zębatego paska **29** w celu zapewnienia poprawnej pracy przekładni ciągnowej.

Dzięki zastosowaniu detektora położenia krańcowego **34**, układ sterowania, po wykonaniu procedury inicjacyjnej (jałowy ruch elementów roboczych, kontynuowany aż do wygenerowania sygnału z detektora położenia krańcowego **34**) zna dokładne położenie roboczych ramion **24.1** i **24.2**. Dzięki sygnałom z inkrementalnego enkodera, zintegrowanego z motoreduktorem układ sterowania jest w stanie sterować ruchem roboczych ramion **24.1** i **24.2** w czasie rzeczywistym, zgodnie z zadanym profilem ruchu. Jako dekodery położenia krańcowego **34** można zastosować typowy indukcyjny czujnik zbliżeniowy.

Ewentualnie, w mechanizmie zamiast przekładni ciągnowej z paskiem zębatym można zastosować inny rodzaj przekładni mającej pojedyncze koło czynne i dwa koła bierne, jak przekładnia ciągnowa z paskiem klinowym, łańcuchowa, zębata (z wyeliminowaniem napinacza **33**). Nadto, detektor położenia końcowego może być osadzony w różnych miejscach (wewnątrz lub na zewnątrz korpusu), aby wykrywać skrajne położenie co najmniej jednego spośród elementów ruchomych: **24.1**, **24.2**, **30.1**, **30.2**, **31.1**, **31.2**, **32.1**, **32.2**.

Na rysunku, fig. 10a – przedstawiono budowę praktycznej realizacji momentomierza **26** w przekroju przechodzącym wzdłuż osi silnika. Silnik napędowy zintegrowany z motoreduktorem **27** jest na stałe zespolony z tuleją **35**, która jest łożyskowana za pomocą dwóch łożysk tocznych osadzonych w górnej części obudowy **23**. Łożyskowanie tulei **35** zapewnia małe opory ruchu, w związku z czym można przyjąć, że poziom ewentualnego zakłócenia pomiaru momentu powiązanego z tymi oporami pozostaje na zaniedbywalnym poziomie. Nadto, jakiegokolwiek obciążenia silnika napędowego siłami promieniowymi lub wzdłużnymi nie są przenoszone na stronę podatną momentomierza **26**. Działanie momentomierza **26** polega na tym, że skutek przenoszenia momentu skręcającego wynikającego z reakcji stojana na moment obrotowy generowany na wirniku silnika, jego podatna struktura mechaniczna ulega odkształceniu. Największe odkształcenia występują na każdym z czterech pionowych ramion **36** momentomierza **26**. Na ramionach **36** momentomierza **26** naklejone są tensometry **37** – po jednym na każdym z ramion **36**. Przetwornik elektryczny – zamieniający odkształcenie z podatnej struktury mechanicznej momentomierza **26** na sygnał elektryczny – stanowi pełny mostek tensometryczny, skompensowany termicznie. Mostek jest zasilany ze standardowego modułu pomiarowego do mostków tensometrycznych, a także ten sam moduł wzmacnia jego sygnał pomiarowy (na przykład moduł wzmacniająco-izolujący do czujników

tensometrycznych ADAM 3016 firmy Advantach lub specjalizowany układ scalony). Wzmocniony sygnał pomiarowy doprowadzany jest bezpośrednio do jednego z wejść analogowych systemu sterowania. Kalibracja momentomierza **26** dokonywana jest po zamontowaniu układu mechanicznego, a dane kalibracyjne zapisywane są w pamięci trwałej układu sterowania.

W innej korzystnej praktycznej realizacji, momentomierz **26** jest wyposażony w pionowe ramiona w liczbie różnej od czterech (zarówno mniejszej jak i większej), które to ramiona mogą być rozmieszczone symetrycznie albo niesymetrycznie. Odpowiednio, momentomierz **26** jest wówczas wyposażony w tensometry **37** w liczbie różnej od czterech (zarówno mniejszej jak i większej),

W alternatywnej praktycznej realizacji momentomierza **26**, przedstawionej na rysunku, fig. 10b – zastosowany jest czujnik siły **39**. Silnik napędowy zintegrowany z motoreduktorem **27** jest stale zespolony z tuleją **35**, która jest łożyskowana za pomocą dwóch łożysk tocznych osadzonych w górnej części obudowy **23**.

Dzięki temu wszelkie, dodatkowe obciążenia silnika siłami promieniowymi lub wzdłużnymi nie są przenoszone na strukturę podatną czujnika siły **39**, a łożyskowanie tulei **35** zapewnia małe opory ruchu.

W takiej sytuacji można przyjąć, że poziom ewentualnego zakłócenia pomiaru momentu powiązanego z tymi oporami pozostaje na zaniedbywalnym poziomie. Działanie momentomierza **26** w tej wersji polega na tym, że moment reakcji stojana na moment obrotowy generowany na wirniku silnika, powoduje powstanie promieniowanej siły na obwodzie tulei **35**, która jest przenoszona przez łącznik **38** bezpośrednio na czujnik siły **39** zamocowany w podporze **40** sztywno połączonej z górną częścią obudowy **23**. Czujnikiem siły jest na przykład jednoosiowy czujnik transometryczny o zakresie pomiarowym równym 1 KN (taki jak na przykład KMM 20), zintegrowany z dedykowanym modułem wzmacniająco-izolującym. Sygnał pomiarowy doprowadzany jest bezpośrednio do jednego z wejść analogowych układu sterowania. Kalibracja momentomierza **26** dokonywana jest po zmontowaniu modułu mechanicznego, a dane kalibracyjne zapisywane są w pamięci trwałej systemu sterowania.

Zgodnie z przedstawionymi praktycznymi realizacjami momentomierza **26**, jego konstrukcja jest zoptymalizowana pod kątem uzyskania korzystnych właściwości pomiarowych, co umożliwi pomiar momentu w odpowiednim zakresie (maksymalnie 100 Nm) z błędem nie większym niż 1%.

Zarazem każde z rozwiązań zapewnia dostatecznie zwartej konstrukcji mechanizmu zespołu pielenia aktywnego, dzięki czemu wysokość mechanizmu pozostaje na tym samym poziomie.

Kolejna praktyczna realizacja urządzenia **1** do usuwania chwastów, według wynalazku została przedstawiona na rysunku, fig. 11 w widoku aksometrycznym.

Urządzenie **1** posiada nośną ramę **2** z montażową belką **3**, wspartą na skrętnych kołach **4**, zaopatrzonych w metalowe obręcze. Na montażowej belce **3** są osadzone liczne montażowe segmenty **7** czworobocznych przegubowych łączników **8**, łączących przegubowo nośną ramę **2** z nośnymi korpusami **9** pielących zespołów **10**.

Na nośnej ramie **2** jest zamontowane źródło energii elektrycznej, zasilającej urządzenie, **1** według wynalazku, obejmujące generator energii elektrycznej oraz co najmniej jeden akumulator **13** energii elektrycznej. Wymienione źródło energii elektrycznej zasilą wszystkie pielące zespoły **10**, z których każdy obejmuje zespół pielenia aktywnego i zespół pielenia pasywnego, omówione pod względem budowy i działania powyżej.

Urządzenie **1** do usuwania chwastów, w praktycznej realizacji według rysunku, fig. 11 – jest zaopatrzone w pojedyncze kopiujące koło **21** wraz z enkoderem **22**, który spełnia rolę układu redundantnego dla wyznaczonej na podstawie analizy obrazu, zarejestrowanego wizyjną kamerą **19** przebytej drogi oraz prędkości poruszania się urządzenia **1**. Dane dostarcza do każdego układu sterowania zespołów pielenia aktywnego.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do usuwania chwastów, wyposażone w nośną ramę z zaczepem do sprzężenia urządzenia z pojazdem samobieżnym, koła podporowe, akumulator energii i generator energii elektrycznej zaopatrzony w wielowypust do sprzężenia pojazdu samobieżnego, ponadto wizyjną kamerę z komputerem, zamontowaną na ramie, przy czym komputer jest zaopatrzony w algorytm rozpoznawania chwastów i roślin ozdobnych przy użyciu konwolucyjnych sieci neuronowych, oraz co najmniej jeden zespół pielący wyposażony w narzędzia do mechanicz-

nego usuwania chwastów, **znamienny tym**, że posiada zespół aktywnego pielienia z roboczymi ramionami (24.1) i (24.2), zakończonymi podcinającymi ostrzami (25.1) i (25.2), sprzężonymi mechanicznie z motoreduktorem (27), a wizyjna kamera (19) posiada doświetlający reflektor (20), natomiast mikrokomputer, dostosowany do wykonywania analizy obrazu z wizyjnej kamery (19) jest sprzężony z układem sterowania przekazującym do motoreduktora (27) informacje o pozycji kątowej wałka silnika w zależności od wyników analizy obrazu zarejestrowanego przez wizyjną kamerę (19), ponadto zespół aktywnego pielienia posiada detektor położenia krańcowego (34) rozpoznający dokładnie położenie roboczych ramion (24.1) i (24.2) przez układ sterowania oraz zintegrowany czujnik położenia kątowego wirnika silnika, sterujący motoreduktorem (27) w czasie rzeczywistym, zgodnie z zadaniem profilem przemieszczenia się urządzenia (1), ponadto posiada momentomierz (26), sztywno połączony z motoreduktorem (27) kontrolującym poziom oporów mechanicznych w mechanizmach zespołu pielienia aktywnego.

2. Urządzenie do usuwania chwastów, według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że jest wyposażone w odometryczny czujnik prędkości w postaci kopiującego koła (21) z enkoderem (22), dostarczającym sygnał do układu sterowania i określającym prędkość liniową poruszania się urządzenia (1) po sprzężeniu z pojazdem samobieźnym.
3. Urządzenie do usuwania chwastów, według zastrz. 1 albo 2, **znamiennie tym**, że robocze ramiona (24.1) i (24.2) są sprzężone mechanicznie z motoreduktorem (27) poprzez czynne pasowe koło (28), osadzone na wałku motoreduktora (27) i połączone obrotowo za pomocą zębatego paska (29) z dwoma biernymi pasowymi kołami (30.1) i (30.2), na których są zamontowane mimośrodowo łączniki (31.1) i (31.2), połączone wahliwie z dźwigniami (32.1) i (32.2), te zaś sztywno połączone z roboczymi ramionami (24.1) i (24.2).
4. Urządzenie do usuwania chwastów według zastrz. 1, albo 2, albo 3, **znamiennie tym**, że zawiera zespół pasywnego pielienia, wyposażony w pielący nóż (16) osadzony na słupicy (17) oraz strunowy wał (18).
5. Urządzenie do usuwania chwastów według zastrz. 4, **znamiennie tym**, że zespół aktywnego pielienia i zespół pasywnego pielienia są osadzone na nośnym korpusie (9) zaopatrzonym w podporowe koło (15), przy czym nośny korpus (9) jest połączony przegubowo poprzez montażowy segment (7) nośnej ramy (2) z nośną ramą (2) za pomocą czworobocznego przegubowego łącznika (8).
6. Urządzenie do usuwania chwastów, według zastrz. 5, **znamiennie tym**, że nośna rama (2) posiada montażową belkę (3) wspartą na skrętnych kołach (4) oraz co najmniej jeden zaczepek (11) mechanicznego sprzężenia urządzenia (1) z pojazdem samobieźnym.
7. Urządzenie do usuwania chwastów, według zastrz. 6, **znamiennie tym**, że na nośnej ramie (2) jest zamontowane źródło energii elektrycznej, zasilające urządzenie (1), obejmujące generator energii elektrycznej oraz co najmniej jeden akumulator (13) energii elektrycznej, przy czym wał generatora energii elektrycznej (12) jest wyprowadzony poza jego obudowę i zaopatrzony w wielowypust (14) sprzężenia generatora (12) ze źródłem napędu pojazdu samobieźnego.
8. Urządzenie do usuwania chwastów, według zastrz. 5–7, **znamiennie tym**, że nośna rama (2) ma liczne montażowe segmenty (7), połączone za pomocą czworobocznych przegubowych łączników (8) z licznymi nośnymi korpusami (9), wyposażonymi w zespoły aktywnego pielienia i zespoły pasywnego pielienia, a do każdego montażowego segmentu (7) jest przyporządkowany czworoboczny przegubowy łącznik (8), nośny korpus (9), zespół aktywnego pielienia i zespół pasywnego pielienia.
9. Urządzenie do usuwania chwastów, według zastrz. 4, **znamiennie tym**, że pielący nóż (16) osadzony na słupicy (17) jest przeznaczony do podcinania korzeni chwastów poniżej poziomu gleby, natomiast strunowy wał (18) stosuje się do uprawiania gleby w międzyrzędziu.
10. Urządzenie do usuwania chwastów, według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że motoreduktor (27) jest przeznaczony do przekształcenia ruchu obrotowego w ruch wahadłowy ramion roboczych (24.1) i (24.2).
11. Zespół mechanizmu do usuwania chwastów, zaopatrzony w wizyjną kamerę sprzężoną z komputerem wyposażonym w algorytm rozpoznania chwastów i roślin uprawnych, wykorzystujący konwolucyjne sieci neuronowe oraz narzędzia do mechanicznego usuwania chwastów, **znamienny tym**, że obejmuje robocze ramiona (24.1) i (24.2), zakończone podcinają-

- cymi ostrzami (25.1) i (25.2) sprzężone mechanicznie z motoreduktorem (27) przekształcającym ruch obrotowy roboczych ramion (24.1), (24.2) w ruch wahadłowy, a wizyjna kamera (19) jest wyposażona w doświetlający reflektor (20), ponadto mikrokomputer wykonujący analizy obrazu z wizyjnej kamery (19) jest sprzężony z układem sterowania przekazującym do motoreduktora (27) informacje o pozycji kątowej wałka silnika, uzależnione od wyników analizy obrazu zarejestrowanego przez wizyjną kamerę (19), przy czym zespół aktywnego pielenia posiada detektor położenia krańcowego (34), umożliwiający układowi sterowania rozpoznawanie dokładnego położenia roboczych ramion (24.1) i (24.2), ponadto jest zaopatrzony w zintegrowany czujnik położenia kątowego wirnika silnika, sterujący motoreduktorem (27) w czasie rzeczywistym, zgodnie z zadaniem profilem przemieszczania się ramion roboczych (24.1) i (24.2) na polu uprawnym.
12. Zespół mechanizmów do usuwania chwastów, według zastrz. 9, **znamienny tym**, że jest wyposażony w momentomierz (26) sztywno połączony z motoreduktorem (27) kontrolującym poziom oporów mechanicznych.
  13. Zespół mechanizmów do usuwania chwastów, według zastrz. 9 albo 10, **znamienny tym**, że robocze ramiona (24.1) i (24.2) są sprzężone mechanicznie z motoreduktorem (27) poprzez czynne pasowe koło (28) osadzone na wałku motoreduktora (27) i połączone obrotowo zębątkim paskiem (29) z dwoma biernymi pasowymi kołami (30.1) i (30.2), na których są osadzone mimośrodowo łączniki (31.1) i (31.2) połączone wahliwie z dźwigniami (32.1) i (32.2), które są sztywno połączone z roboczymi ramionami (24.1) i (24.2).
  14. Sposób usuwania chwastów, **znamienny tym**, że wizyjna kamera (19) urządzenia (1) połączonego z samobieźnym pojazdem, poruszającym się wzdłuż rzędów uprawnych roślin, rejestruje obraz wraz z informacjami o nasadzeniach, klasyfikowany przez system detekcyjny, dzieląc obraz na obszary zajmowane przez rośliny uprawne, chwasty oraz tło, przy czym informacja o obszarach rozbudowana o sygnał z enkodera (22) z kopiującym kołem (21), mierzącym przemieszczanie się pojazdu wraz z urządzeniem (1) oraz czujnik położenia krańcowego (34) umieszczony w przekładni informuje układ sterowania o aktualnej pozycji roboczych ramion (24.1) i (24.2), a algorytm na podstawie zebranych informacji ustala najbardziej dogodną trajektorię podcinających ostrzy (25.1) i (25.2) i w wyznaczonym momencie z układu sterowania urządzenia (1) jest wysyłany sygnał do sterownika silnika, zadające silnikowi napięcie właściwe dla wykonania ruchu wahadłowego przez robocze ramiona (24.1) i (24.2), po czym robocze ramiona (24.1) i (24.2) zsuwają się ku sobie, poprzecznie do rzędów uprawnych roślin wraz z zamontowanymi na ich końcach podcinającymi ostrzami (25.1) i (25.2), podcinając korzenie chwastów poniżej poziomu gleby, przy czym jeśli algorytm stwierdzi obecność rośliny uprawnej, podcinające ostrza (25.1) i (25.2) rozsuwają się uniemożliwiając uszkodzenie uprawnej rośliny.
  15. Sposób usuwania chwastów, według zastrz. 14, **znamienny tym**, że sygnał pomiarowy z momentomierza rozpoznaje się w układzie sterowania, aby w przypadku przekroczenia granicznej wartości momentu, odłączyć zasilanie motoreduktora (27) z wygenerowaniem informacji dla operatora o wystąpieniu błędu krytycznego lub sprawdzić podczas uruchomienia urządzenia (1) do usuwania chwastów oporu ruchu w zespole pielenia aktywnego wykonującego ruch jałowy z ewentualnym wygenerowaniem ostrzeżenia dla operatora dotyczącego obecności ciała obcego zwiększającego opory ruchu elementów roboczych, albo w przypadku nieobecności ciał obcych, ostrzeżenia dla operatora o konieczności dokonania przeglądu i/lub konserwacji.

## Rysunki

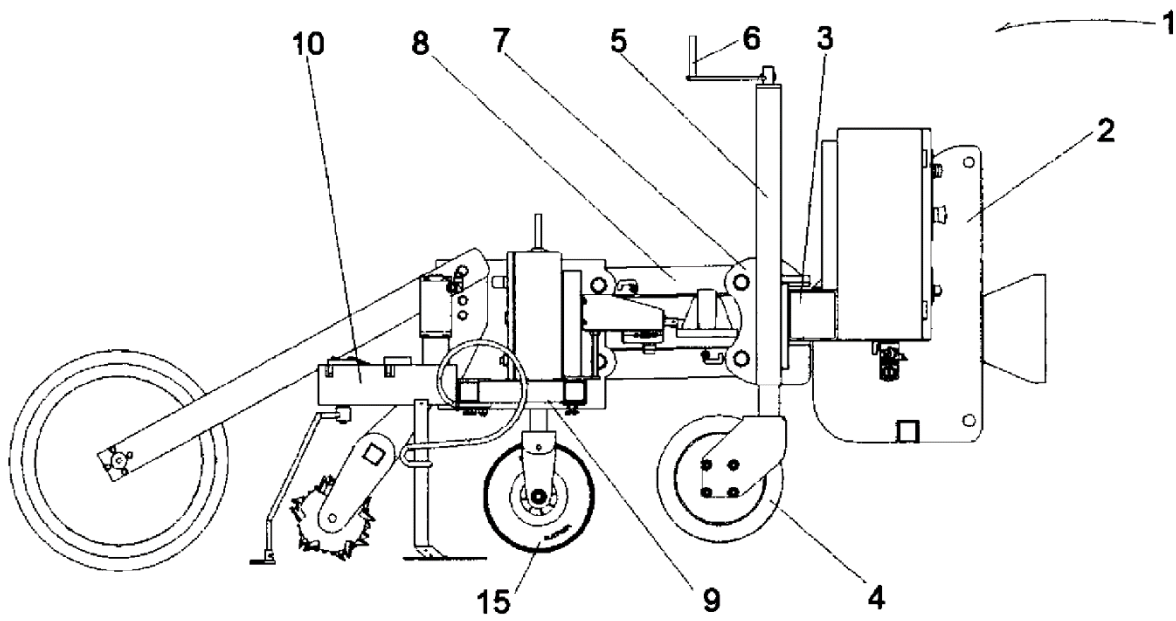


Fig. 1a

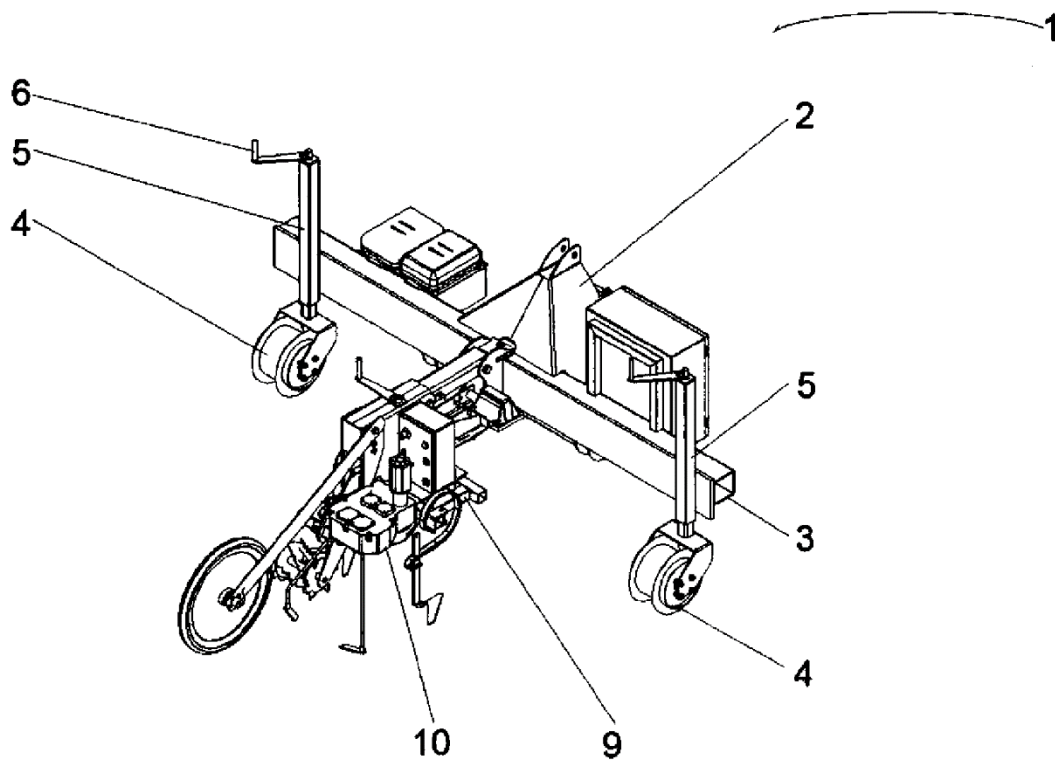


Fig. 1b

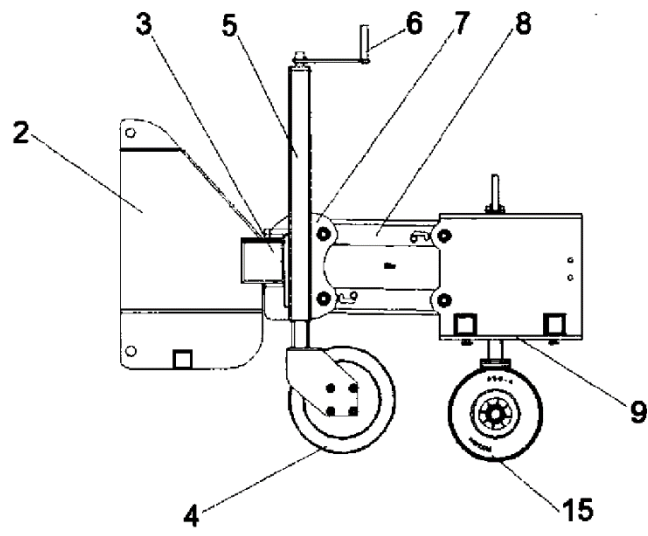


Fig. 2

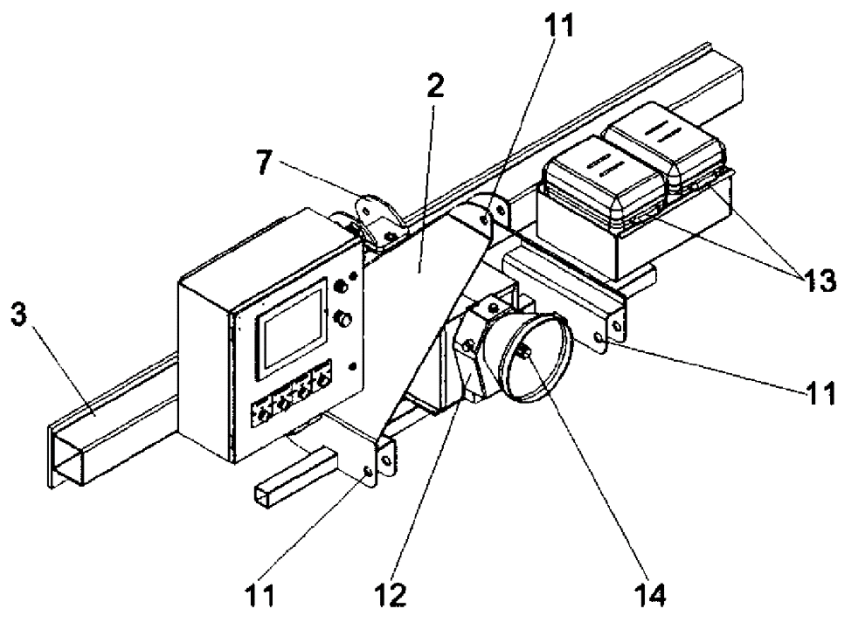


Fig. 3

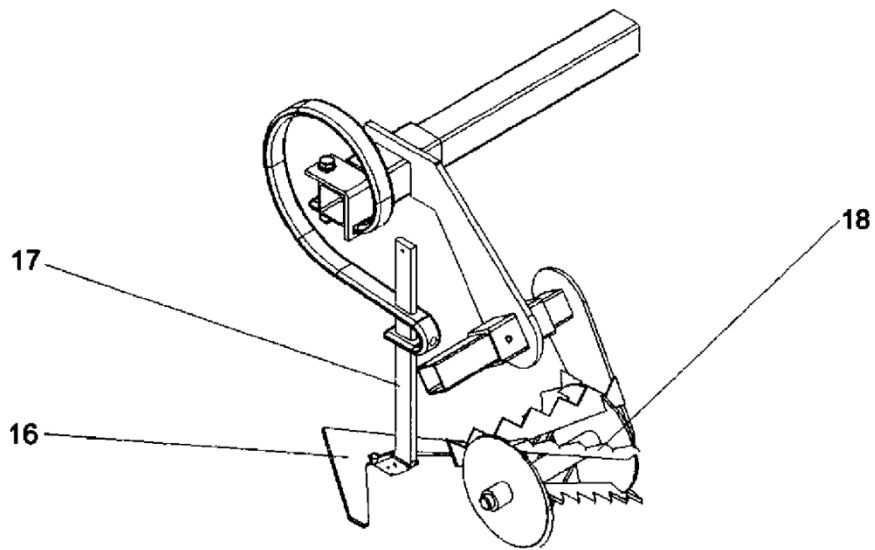


Fig. 4

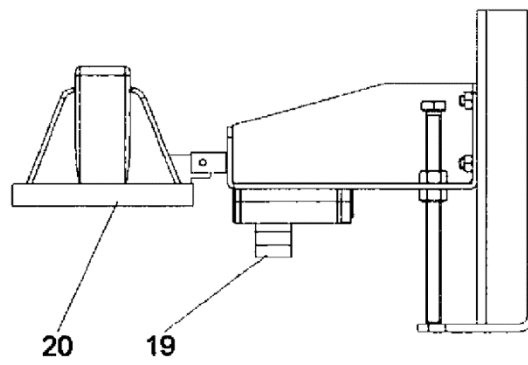


Fig. 5

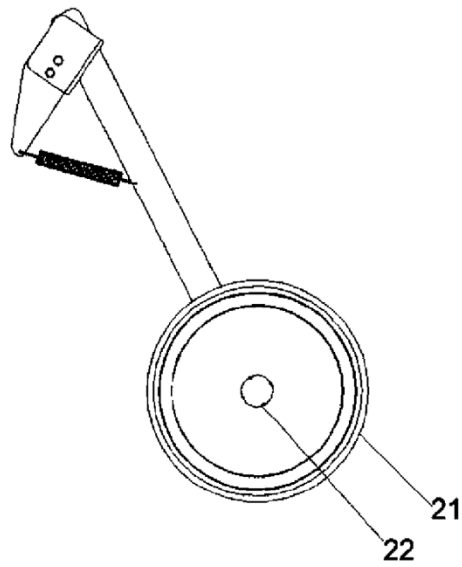


Fig. 6



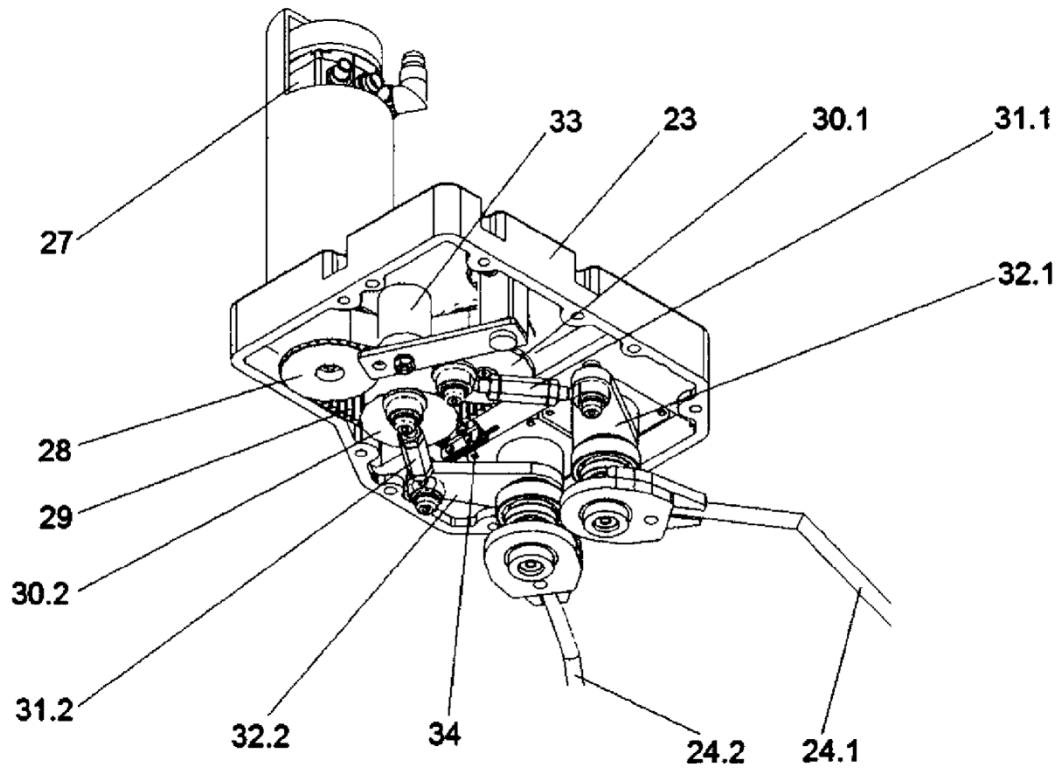


Fig. 9

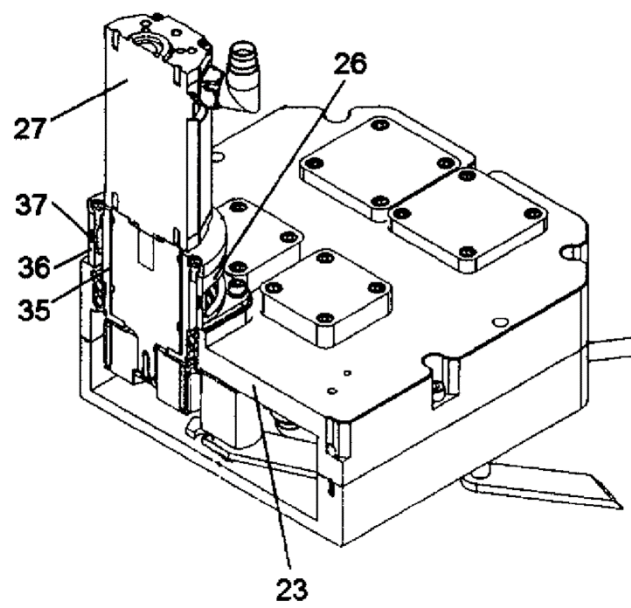


Fig. 10a

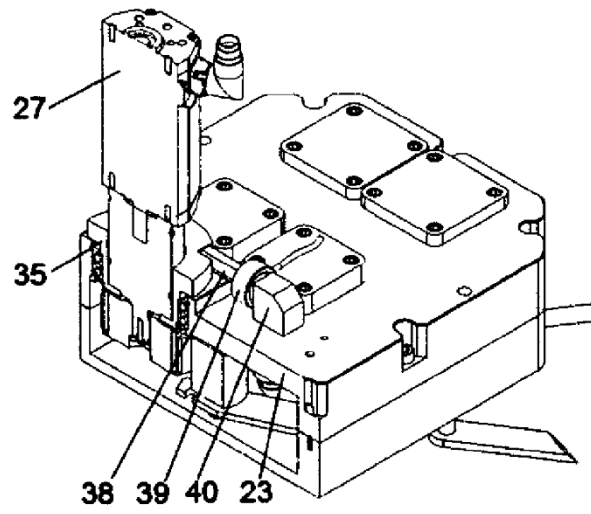


Fig. 10b

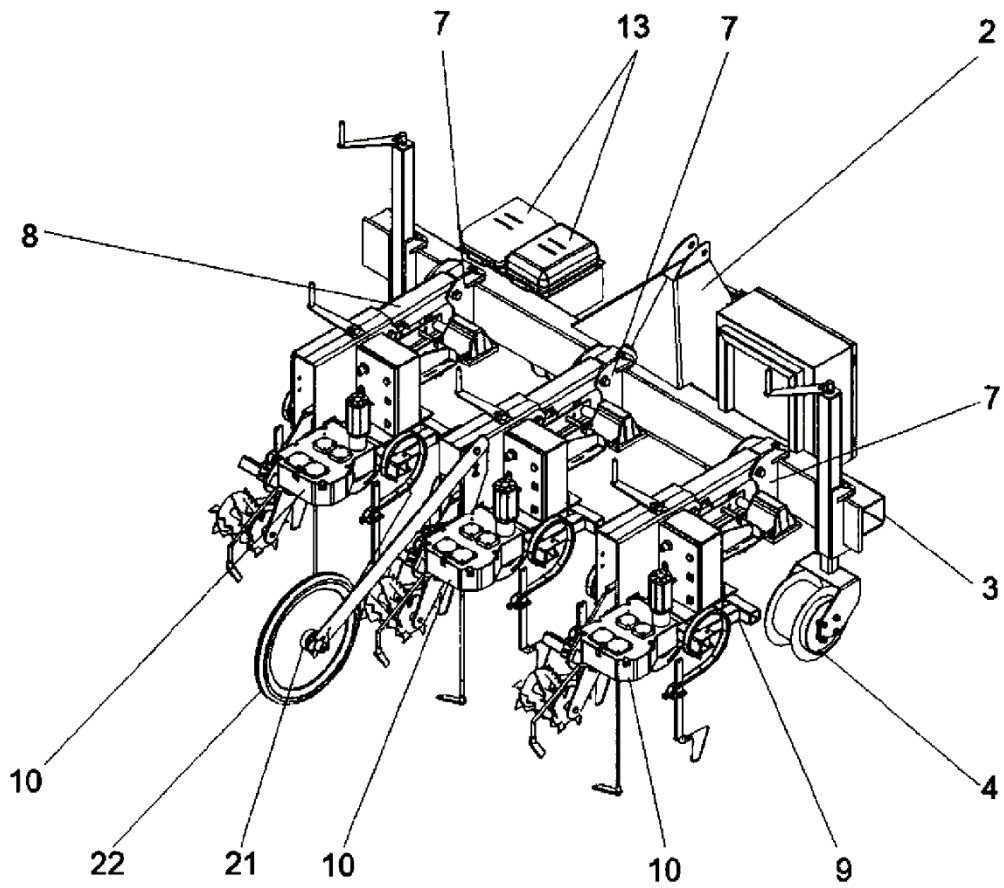


Fig. 11