

dr inż. Piotr Szyrkarczyk  
mgr inż. Rafał Czupryniak  
Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów

## **ROBOTY MOBILNE I BEZPIECZEŃSTWO**

*Roboty mobilne - przegląd konstrukcji oraz nowych trendów w ich rozwoju w kontekście bezpieczeństwa i zagrożenia terroryzmem.*

### **MOBILE ROBOTS AND SAFETY**

*Mobile robots - review of mechanical design as well as new trends of their development in the context of safety and increasing a public menace by terrorism.*

#### **WSTĘP**

Wraz z postępowaniem technicznym i cywilizacyjnym wzrasta zarówno zagrożenie terroryzmem jak i uzależnienie społeczeństw od nowoczesnych technologii. Uzależnienie to sprawia, że coraz łatwiej jest stworzyć zagrożenie mienia i życia każdego obywatela. Skala tego zjawiska stała się bezprecedensowa po zamachach na WTC w Nowym Jorku w roku 2001. Okazało się wtedy, że ugrupowania ekstremistyczne zaczynają sięgać po coraz bardziej drastyczne środki i na coraz większą skalę. Spowodowało to powstanie dużego nacisku społecznego na zwiększenie bezpieczeństwa i kontroli ruchu osobowego, towarowego w transporcie lotniczym. Bardzo istotnym efektem tych nacisków jest rozwój pirotechnicznych robotów mobilnych. Ich rola w zapewnieniu bezpieczeństwa wzrasta już od ponad 20 lat, niemniej proces ten uległ znaczącemu przyspieszeniu po wydarzeniach i aktach terroru w ostatnich latach, które obecnie skutkują akcjami militarnymi w Iraku oraz Afganistanie. Głównym motorem wzrostu tego znaczenia jest dążenie do zapewnienia cywilom, policjantom oraz żołnierzom większego bezpieczeństwa w szybko zmieniającym się świecie oraz konfliktach zbrojnych. Z jednej strony zamachy terrorystyczne, a z drugiej redukcja sił wojskowych i próba ich zastąpienia adekwatnymi środkami technicznymi - tak aby nie uszczuplić a wręcz zwiększyć siłę bojową armii - wpływa na różnorodność rozwijanych obecnie robotów mobilnych. Można i należy się spodziewać, że w przyszłości kierunek ten zostanie utrzymany, a postępy w tej dziedzinie będą coraz szybsze. Sprzyjać temu będą: rozwój technik obserwacji, telemetrii i sterowania oraz nacisk opinii publicznej na jak najmniejsze straty w ludziach. Choć jak wiadomo nigdy nie da się ich wyeliminować, to próbować trzeba i temu służą i będą służyć roboty mobilne.

Aby walczyć z problemem zamachów bombowych oraz zmniejszać ryzyko poniesienia strat w ludziach podczas konkretnej akcji, wiele państw zaczęło interesować się zastosowaniem specjalistycznych mobilnych robotów pirotechnicznych. Znajdują się one na wyposażeniu specjalnych jednostek policyjnych i wojskowych – pirotechników oraz oddziałów szturmowych. Głównym zadaniem takiego robota jest wyeliminowanie bądź też zmniejszenie do niezbędnego minimum ryzyka utraty życia przez operatora podczas akcji.

W dotychczasowej historii rozwoju robotów mobilnych dominowały duże i średnie konstrukcje. Było to bezpośrednim efektem sposobu i miejsca umieszczania ładunków wybuchowych czy też innych ładunków niebezpiecznych. Najczęściej miało to miejsce na otwartej przestrzeni, na chodniku czy ulicy, gdzie neutralizacja była ułatwiona ze względu na dostępną przestrzeń. Wraz ze zwiększającym się odsetkiem aktów terroru, charakter i sposób

umieszczania ładunków wybuchowych uległ zmianie. W związku z tym wystąpiła potrzeba zmiany koncepcji, konstrukcji i skali robotów pirotechnicznych a wręcz ich zadań. Warto przyjrzeć się wybranym konstrukcjom dużych i średnich, i małych robotów pirotechnicznych.

## PRZEGLĄD KONSTRUKCJI

Jednym z przykładów średniego robota może być konstrukcja niemiecka [1] o nazwie tEODor - rys. 1. Jego konstrukcja oparta jest na podwoziu gaśnicowym dł. 1300/szer.680 mm. Masa robota wynosi około 380 kg i jest zależna od aplikacji, ponadto robot może służyć do transportu dodatkowych ładunków o masie do 500 kg bez manipulatora, z manipulatorem do 200 kg. Prędkość maksymalna robota wynosi 50 m/min. Robot jest przystosowany do pracy w temperaturze od - 30°C do +50°C, jego wyposażenie elektryczne spełnia standardy IP65. Robot jest wyposażony w 4 kamery, w tym jedna główna w łokciu ramienia. Ramie ma 7 stopni swobody, co pozwala na bardzo sprawne manipulowanie ładunkiem o masie około 30 kg.



Rys. 1. Robot tEODor

Innym ciekawym robotem jest HOBO, rys. 2, irlandzkiej firmy Kentree. Napędzany jest przez sześć silników, każde koło niezależnie. Zasilany jest przez akumulatory 2x12 V lub poprzez kabel z sieci 110 V lub 220 V AC. Pomimo dość sporej masy 230 kg rozwija prędkość do 4 km/h.



Rys. 2. Robot HOBO

Dzięki niezależności napędu, zawieszenie robota jest bardzo elastyczne co umożliwia mu sprawne pokonywanie przeszkód terenowych, w tym wysokich krawężników. Ponadto może

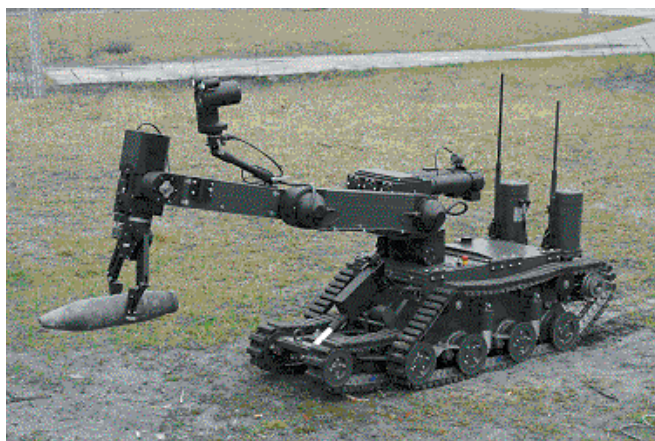
pokonywać wzniesienia o nachyleniu do  $42^\circ$ . Nie ma jednak przewidzianej możliwości nakładania gaśnic dla poprawienia własności w grząskim terenie. Ramie oraz chwytak są napędzane hydraulicznie. Manipulator może się obracać  $\pm 220^\circ$  co daje możliwość manipulowania ramieniem dookoła robota bez potrzeby obracania bazy mobilnej. Udźwig ramienia wynosi od 30 do 75 kg w zależności od jego konfiguracji, którego maksymalny zasięg horyzontalny wynosi 1,5 m. Robot jest wyposażony w 2 kamery kolorowe i jedną monochromatyczną. Zasięg sterowania radiowego robota dochodzi do 1 km, natomiast na kablu nawet do 250 m.

Polskie doświadczenia w robotyce mobilnej związane są z Przemysłowym Instytutem Automatyki i Pomiarów [2]. Zaprojektowano i skonstruowano w nim dwa roboty mobilne o zastosowaniu interwencyjno-inspekcyjnym. Pierwszym z nich jest robot INSPECTOR – rys. 3.



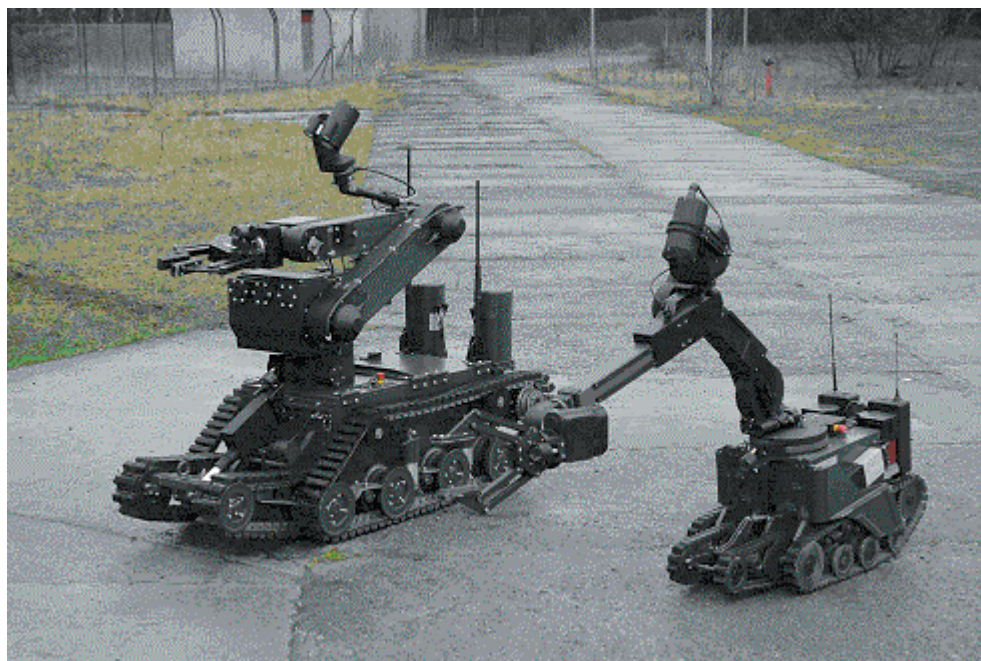
Rys. 3. Robot Inspector SR 11

Jego typowymi zastosowaniami są: rozbrajanie i usuwanie ładunków wybuchowych, praca w trudnych warunkach: silnego ograniczenia widoczności dymem podczas pożarów lasów oraz ratownictwo górnicze, przy zagrożeniu zawalenia korytarza. Możliwości tego robota oraz możliwość jego dostosowania do różnorodnych zadań pozwalają na użytkowanie go przez takie służby jak policja, jej oddziały prewencji oraz grupy antyterrorystyczne, wojsko: szczególnie oddziały inżynierijno saperские i chemiczne, Straż graniczna, czy stacje ratownictwa górniczego.



Rys. 4. Robot Inspector podczas testów poligonowych

Właściwości jezdne oraz rozmiary platformy mobilnej (1710/670/1140 mm) pozwalają na pokonywanie różnego rodzaju przeszkód terenowych oraz stromych wzniesień. Baza mobilna dzięki zastosowaniu ruchomych przednich gąsienic zapewnia stabilność robota przy pokonywaniu wysokich przeszkód jak np. schodów. Niektóre wersje robota zostały wyposażone w 10 czujników odległości rozmieszczonych wokół platformy mobilnej. Na stanowisku operatora prezentowana jest mapa graficzna rozmieszczenia przeszkód w odległości do 2,5 m od robota. Dokładne informowanie operatora o położeniu robota względem przeszkód poprawia komfort oraz bezpieczeństwo sterowania, a więc powodzenia misji. Na stanowisku operatora prezentowana jest również graficzna informacja o aktualnej konfiguracji przednich gąsienic oraz wizualizacja konfiguracji manipulatora. Napęd robota stanowią dwa silniki prądu stałego 24 V zasilanie z akumulatorów lub też poprzez kabel z sieci 230 V. W zależności od rodzaju wykonywanego zadania czas pracy robota wynosi od 2 do 8 godzin. Robot jest zdalnie sterowany przez operatora przy użyciu cyfrowej komunikacji radiowej bądź kablowej i jest to uzależnione od rodzaju wykonywanego zadania. Manipulator oraz chwytak posiadają 5 stopni swobody plus zacisk szczęk. Maksymalny udźwieg manipulatora wynosi od 30 do 60 kg w zależności od jego konfiguracji.



Rys. 5. Roboty Inspector i Expert produkcji PIAP

Inspector jest wyposażony w 4 kolorowe kamery zintegrowane z oświetlaczami. Wyposażenie dodatkowe robota składa się z: uchwytów zintegrowanych z celownikiem laserowym do mocowania samopowtarzalnej strzelby, wyrzutników pirotechnicznych, uchwytu do mocowania urządzenia rentgenowskiego do prześwietlania ładunków, urządzenia do wybijania szyb, zmiennych szczęk wydłużonych oraz zagiętych pod kątem 90 stopni. Ponadto jest możliwość holowania samochodów, współpracy z dodatkowymi kamerami o własnym zasilaniu i nadajnikach.

Drugim robotem pirotechnicznym opracowanym i produkowanym w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów jest Expert – rys. 6.



Rys. 6. Robot Expert podczas testów

Zakres zastosowań Experta jest praktycznie ten sam co robota Inspector, niemniej Expert został zaprojektowany z myślą o wykorzystaniu go w małych przestrzeniach tam gdzie większy Inspector nie mógłby wjechać. Takie przestrzenie to przede wszystkim środki transportu-samoloty, autobusy czy też pociągi oraz małe, ciasne pomieszczenia. Założenie o pracy wewnątrz środków transportu, a przede wszystkim w samolotach narzuciło ostre wymagania co do rozmiarów bazy mobilnej oraz samego manipulatora.



Rys. 7. Robot Expert podejmuje ładunek spod podwozia samochodu

Wymiary bazy mobilnej robota zostały narzucone przez najwęższy korytarz wewnątrz samolotu w którym ma operować. Robot jest zasilany z akumulatorów żelowych umożliwiających pracę od 3 do 8 godzin lub przez kabel z sieci 230 V. Dodatkowym elementem bazy są stabilizatory, które ustateczniają robota poprzez klinowanie się pomiędzy siedzeniami samolotu lub też poprzez podparcie się o podłogę. Tak specyficzne rozwiązanie związane jest ze znacznym zasięgiem ramienia, które prawie wynosi 3 m. Manipulator ma 6 stopni swobody plus zacisk szczęk chwytaka, przy czym każdy stopień jest niezależny.

Robot został wyposażony w sześć kamer, cztery z nich znajdują się na bazie mobilnej robota. Ilość kamer podyktowana jest tym, iż w samolotach, autobusach lub pociągach trzeba przeszukiwać również przestrzeń pod siedzeniami. Dwie kamery umieszczone są na

gąsienicach przednich i są skierowane w przeciwnych kierunkach na boki, ich położenie nad ziemią zmienia się wraz z ustawieniem przednich gąsienic.

Warto dodać, że obydwa roboty wzajemnie się zastępują i uzupełniają co powoduje, że zakres ich zastosowań bardzo rośnie.

### **NOWE TRENDY W ROBOTYCE MOBILNEJ**

W ostatnich latach coraz większy nacisk zaczęto kłaść na rozwój małych robotów, których celem działania nie jest neutralizacja, a informacja i jej pozyskanie. Dzięki pozyskaniu właściwej ilości informacji służby są w stanie zareagować w sposób adekwatny do zdarzenia. Rolą małych robotów jest i będzie wykonywanie wstępnego rekonesansu miejsca zdarzenia, pozyskanie danych i informacji dla oddziałów interwencyjnych w sposób jawny lub też skryty. W końcu małe roboty będą pełnić rolę swoistej forpoczty dla dużych robotów, tak aby ich wykorzystanie było możliwie najefektywniejsze, a czas interwencji skrócony do niezbędnego minimum. Drugą istotną cechą małych robotów jest ich niezależna praca jako źródeł informacji, śledzenia i prostej neutralizacji. Główną zaletą ma być możliwość dojechania w sposób niezauważony praktycznie do każdego celu, czy to są działania bojowe czy też akcja ratunkowa. Ich małe rozmiary mają gwarantować dużą dyskrecję ich działania oraz możliwość swobodnej penetracji bardzo małych przestrzeni.

Przegląd już istniejących rozwiązań konstrukcyjnych sugeruje i wskazuje najbardziej pożądany kierunek rozwoju tego typu robotów do aktywnej teleobserwacji i śledzenia. Główną cechą jaką muszą się wykazywać małe roboty to możliwość umieszczania ich poprzez ręczne rzucanie w obszarze zainteresowań operatora, czyli w sposób możliwie najprostsz i najszybszy, zmniejszający niebezpieczeństwo do niezbędnego minimum, pozwalający penetrować przestrzenie niedostępne dla operatora np. znajdujące się za przeszkodą. Na rynku sprzedawane są cztery rozwiązania posiadające wyżej wymienioną cechę: SpyBowl 360, Eye Ball, Recon Scout oraz EyeDrive. Prawie każde z tych urządzeń posiada inną ideę konstrukcyjną, pozwalającą mu na wykonywanie teleobserwacji i śledzenia.

Pierwszym z nich jest SpyBowl – rys. 8 [3]. Jest on urządzeniem rzucanym lub toczonym w kierunku podejrzanego celu. Urządzenie wykonane jest w postaci aluminiowego korpusu otoczonego gumowym poszyciem w kształcie kuli o średnicy 115 mm. Konstrukcja taka pozwala na przenoszenie dużych, powtarzających się obciążeń. SpyBowl wyposażona jest w cztery kamery pozwalające uzyskać statyczny obraz – rys. 9 oraz mikrofony przekazujące dźwięk. Urządzenie to – poprzez własny napęd - może obracać się wokół własnej pionowej osi z prędkością 12,5 °/sec co pozwala na obserwacje całego otoczenia w sposób aktywny. Ponadto obraz można oglądać niezależnie z każdej kamery – rys. 11. Całe urządzenie jest włączone podczas rzutu i może transmitować obraz do operatora – rys. 10.



Rys. 8. SpyBowl

Transmisja radiowa odbywa się na częstotliwości 2,4 GHz, moc nadajnika wynosi 40 mW. Zasięg transmisji radiowej waha się pomiędzy 20-30 m wewnątrz budynków oraz 100-300 m na zewnątrz. Całe urządzenie waży 1 kg i może być rzucone na odległość do 30 m lub podrzucone na wysokość 6m. Czas pracy urządzenia na akumulatorach wynosi 45 min.

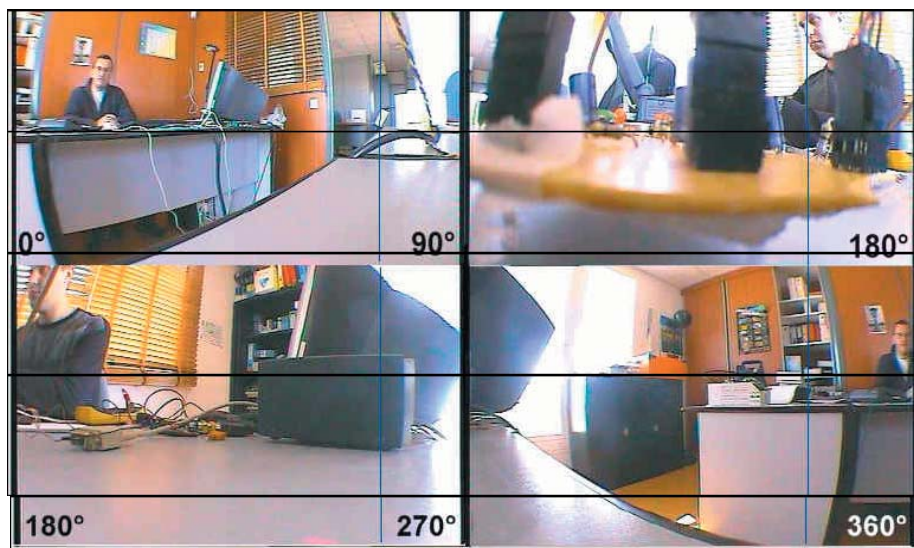


Rys. 9. Widok z kamery SpyBowl

Głównym miejscem zastosowania urządzenia SpyBowl są zamknięte pomieszczenia oraz budynki objęte strefą działań sił specjalnych wojska i policji.



Rys. 10. Zdjęcie zrobione podczas rzutu robotem



Rys. 11. Obraz z czterech kamer

Podobnym, co do konstrukcji, urządzeniem jest Eye Boll R1 – rys. 12 [5]. Zaprojektowane jest ono do rzucania na odległość 50 m, toczenia oraz zrzucania. Służy do transmisji audio i video w czasie rzeczywistym. Urządzenie jest wykorzystywane w operacjach taktycznych, w których siły specjalne muszą i wykorzystują najświeższe informacje o sytuacji w danym miejscu, tuż przed podjęciem interwencji. Urządzenie posiada jedną kamerę dającą dobry obraz do 23 m. W celu zebrania kompletnej informacji o otoczeniu urządzenie obraca się wokół własnej osi z prędkością 4 obr/min. Dzięki dodatkowemu oprogramowaniu można uzyskać widok panoramiczny. Urządzenie posiada oświetlacz bliskiej podczerwieni o zasięgu 8 m, dzięki czemu kamera pozwala na prowadzenie obserwacji w ciemności. Mikrofon ma zasięg 5 m. Czas pracy urządzenia na bateriach wynosi 2 godziny a w stanie czuwania 24 godziny. Transmisja radiowa audio i video odbywa się na częstotliwości 2,4 GHz, do odległości 125 m, w zależności od otoczenia.



Rys. 12. Eye Boll

Trzecim interesującym urządzeniem teleobserwacji i śledzenia jest robot Recon Scout – rys. 13, 14 [4]. Jest to robot mobilny dwukołowy o korpusie tytanowym i kołach z tworzywa sztucznego-uretanowego.



Rys. 13. Recon Scout

Taka konstrukcja pozwala na rzucanie robotem na odległość 31,5 m i zrzucanie go z wysokości 9,1 m. Jazdę do przodu umożliwia mu tzw. ogon będący podporą robota. Prędkość jazdy 1,1 km/h. Zasięg w budynku do 30 m, na zewnątrz do 76 m. Czas pracy 1 godzina. Robot jest wyposażony w kamerę czarno-białą o czułości 0.0003 luxa. Dzięki niewielkim rozmiarom, szerokość 187 mm, średnica kół 76 mm, udało się uzyskać małą masę całego urządzenia równą 0,544 kg.



Rys. 14. Recon Scout

Ostatnim wartym zaprezentowania robotem jest EyeDrive - rys.15, 16 [5]. Jest to czterokołowy robot produkcji Izraelskiej (z możliwością zakładania gaśnic) obsługiwany przez jednego operatora. Robot może być przerzucany przez przeszkody lub wrzucany przez okna do wysokości 3 m. System kamer pozwala uzyskać obraz panoramiczny o rozdzielczości 2500x 570 pixeli. Mikrofon przekazuje dźwięki z odległości 10 m. Zasięg robota w budynku wynosi 70 m a poza nim 300 m. Czas pracy robota na akumulatorach wynosi 3 godziny, czuwania 24 godziny. Masa robota jest równa 2,3 kg, możliwe jest przenoszenie dodatkowych ładunków (czujników, ładunków wybuchowych) o masie do 3 kg. Wymiary robota 26x16x10 cm.



Rys. 15. EyeDrive wrzucany przez okno

## PODSUMOWANIE

Przyszłość robotyki, a tym samym robotów mobilnych rysuje się bardzo dobrze. Wraz z postępem techniki oraz elektroniki należy się spodziewać coraz szerszego wykorzystania urządzeń zdalnie sterowanych. Gwarantują one bezpieczne wykonanie zadania bez zbędnego narażania ludzi. Jedyną ewentualną stratą może być uszkodzony lub zniszczony środek techniczny, jak najbardziej do odtworzenia. Następnym krokiem brany pod uwagę w rozwoju robotów mobilnych jest nadanie im autonomiczności tak, aby sterowanie nimi było bardziej elastyczne i sprawne, aby operator mógł się zająć najistotniejszymi etapami zadania niżli sposób dojazdu do wyznaczonego celu. Z takim jednak podejściem wiążą się zagrożenia i niebezpieczeństwa. Nasuwają się pytania o odpowiedzialność za następstwa niekontrolowanego, aczkolwiek nadzorowanego, ruchu robota. Od samego początku wykorzystywania robotyki mobilnej w służbach specjalnych zadawano sobie pytania na ile jest to bezpieczne i warte wdrażania. Teraz już wiemy, że roboty mobilne w zadaniach specjalnych są ważnym elementem i należy się spodziewać dalszego pogłębiania ich wykorzystywania. Ważnym pozostaje również pytanie na ile tej autonomii robot mobilny powinien uzyskać i jak zapewnić pełne bezpieczeństwo otoczeniu w którym się znajduje. Są to problemy dnia dzisiejszego, a w najbliższej przyszłości będziemy się musieli z nimi uporać, gdyż od wytyczonej drogi nie ma odwrotu. Takie jest zapotrzebowanie i opinii publicznej, i wszystkich służb bezpieczeństwa, które się tymi robotami posługują.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] [www.telerob.de](http://www.telerob.de)
- [2] Szykarczyk P. "Neutralising and assisting robot SMR-100 Expert - design problematics", in: "Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences", pp. 87-92, vol. 53, No. 1, 2005
- [3] [www.defense-update.com](http://www.defense-update.com)
- [4] [www.recon-scout.com](http://www.recon-scout.com)
- [5] [www.odfopt.com](http://www.odfopt.com)