

Spis treści

1	Wstęp	3
2	Stan obecnej wiedzy	5
2.1	Historia robotyki	5
2.2	Historia czołgu	11
	Bibliografia	17

Rozdział 1

Wstęp

Celem projektu inżynierskiego jest budowa autonomicznego pojazdu mobilnego przypominającego czołg. Temat pracy jest bardzo otwarty, co pozwala na dużą swobodę dotyczącą wyboru założeń konstrukcyjnych. Robot zostanie wyposażony w obrotową wieżyczkę znajdującą się na korpusie pojazdu oraz zamocowanym do niej „działem” mogącym zmieniać swoje położenie. Urządzenie w sposób autonomiczny stara się zlokalizować cel oraz określić jego położenie względem samego siebie. W ramach projektu należy : zbudować robota, wykonać projekt elektroniki, zaimplementować algorytm sterujący robotem, przeprowadzić niezbędne testy działania systemu oraz przygotować dokumentację techniczną.

Koncepcja inteligentnych robotów bojowych znajduje się w kręgu zainteresowań służb specjalnych takich jak wojsko czy policja. Pozwalają one przeprowadzać wiele niebezpiecznych operacji bez narażania życia załogi. Podczas prowadzenia wojen największy nacisk kładzie się na ochronę żołnierzy ponieważ wyszkolenie i zaadaptowanie nowej osoby na miejsce doświadczonej i wykwalifikowanej jednostki zajmuje zbyt wiele czasu oraz jest zaniechanie kosztowne.

Autonomiczne pojazdy bojowe mogą docierać do miejsc, które są niedostępne dla ludzi oraz zdalnie sterowanych robotów. Często posyłane są w miejsca, w których komunikacja radiowa (najbardziej popularna) bądź przewodowa z robotem jest niemożliwa bądź niestabilna, np. podczas prac prowadzonych w jaskiniach, zawalonych budynkach, tunelach bądź pod wodą. Nawet sterowane przez człowieka maszyny, wykonujące zadania w trudnych warunkach, powinny mieć zaimplementowane proste algorytmy, które w przypadku utraty łączności, pozwalają na zachowanie aktualnej pozycji i podjęcie prób wznowienia komunikacji.

Pojazdy te biorą czynny udział w licznych badaniach naukowych oraz operacjach ratunkowych - nie tylko wojskowych, ale także medycznych. Zadania, które są przed nimi postawione są niejednokrotnie bardzo odpowiedzialne, gdyż to od nich może zależeć ludzkie życie. W związku z tym nie mogą one popełniać błędów związanych z błędną interpretacją odebranych z czujników informacji. Podczas tworzenia projektu bardzo duży nacisk będzie nałożony na algorytm przetwarzania obrazu otoczenia aby możliwie skutecznie oraz jednoznacznie rozpoznać cel.

Wybór tego tematu podyktowany był przede wszystkim chęcią zbudowania robo-

ta. Moim zdaniem jest to zwieńczenie całej zdobytej podczas trwania studiów wiedzy. Proces budowy autonomicznego pojazdu składający się zarówno z zaprojektowania części mechanicznej jak i programowej, jest bardzo wymagający i złożony. Wymaga on od konstruktora nie tylko wiedzy teoretycznej dotyczącej zasady budowy oraz działania poszczególnych podzespołów, ale także opanowania technik związanych z sterowaniem oraz komunikacją pomiędzy różnego typu urządzeniami. Realizacja tego projektu pozwoli na sprzężenie wiedzy teoretycznej z światem rzeczywistym oraz ocenę skuteczności zastosowanych rozwiązań.

Autonomiczne roboty mobilne najczęściej poruszają się w nie do końca znanym im środowisku. Co za tym idzie - muszą być wyposażone w system nawigacyjny, przez który rozumiemy zespół czujników pełniących funkcję sprzężenia zwrotnego z otaczającego pojazdu świata. W naszym przypadku system głównie opierać się będzie o mikrokomputer wraz z kamerą video, który dodatkowo będzie wspierany kilkoma czujnikami odległości. Ich zadaniem będzie przede wszystkim wykrycie możliwych kolizji przedmiotami znajdującymi się bezpośrednio przed robotem. Projekt oparty będzie o tzw. system wbudowany, czyli kompaktową, multimedialną jednostkę obliczeniową wykorzystywaną do realizacji specjalnych funkcji takich jak sterowanie pracą silnika bądź monitorowanie procesów przemysłowych. Systemy wbudowane są (najczęściej) na stałe połączone z elementami wykonawczymi oraz pomiarowymi. Najważniejszą funkcją czołgu będzie przetwarzanie oraz analizowanie obrazów w czasie rzeczywistym, co wymaga stosunkowo dużej pamięci oraz mocy obliczeniowej. Powyższe wymagania pozwoliły jednoznacznie wybrać platformę, na której zrealizowany będzie projekt, mianowicie *Raspberry Pi* wraz z dedykowaną kamerą *Raspberry Pi Camera Board*. Wybór modelu zawieszenia dla czołgu jest jednoznaczny - gąsienice. Rozwiązanie tego typu jest najczęściej spotykanym systemem jezdnych pojazdów wojskowych. Roboty bojowe często zmuszone są poruszać się w bardzo zróżnicowanym i nieprzyjaznym środowisku. Stawia to przed układem zawieszenia wiele wyzwań. Gąsienice - dzięki równomiernemu rozłożeniu ciężaru (wiele pasywnych osi), dużej powierzchni styku z podłożem, prostocie sterowania oraz trwałości są niewątpliwie najlepszym rozwiązaniem w tej dziedzinie.

Rozdział 2

Stan obecnej wiedzy

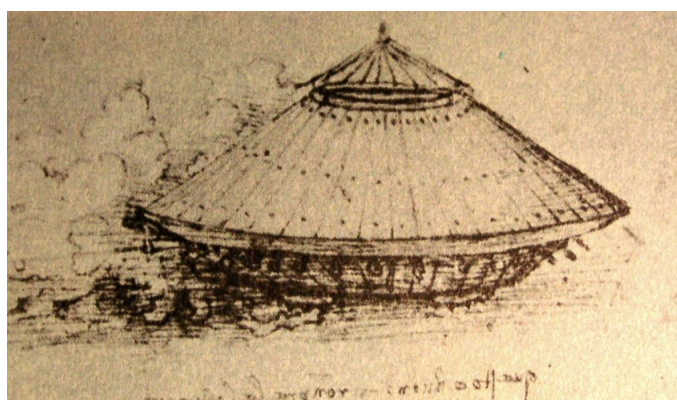
2.1 Historia robotyki

Słowo „robot” wywodzi się z języka czeskiego, gdzie oznacza ciężką pracę. Według słownika języka polskiego słowo to oznacza urządzenie zastępujące człowieka przy wykonywaniu niektórych czynności[1]. Po raz pierwszy, w tym kontekście, zostało ono użyte w 1920 r. przez czeskiego pisarza Karelą Čapka w komedii R.U.R.(Rossum Universal Robots)[2]. Precyzyjną definicję tego słowa przedstawiła w 1979 roku grupa *Robotics Industries Association* określając robota jako : „Programowalny, wielofunkcyjny manipulator zaprojektowany do przenoszenia materiałów, części, narzędzi lub specjalizowanych urządzeń poprzez różne programowalne ruchy, w celu realizacji różnorodnych zadań.”[3]. Temat robotyki był bardzo często i szeroko poruszany przez pisarzy fantastyki naukowej, którzy w swoich dziełach wykorzystywali motyw buntu maszyn przeciwko ludzkości. Efektem tego było pojawienie się trendu filozoficznego mówiącego o etyce robotów. Jednym z twórców tego nurtu, Isaac Asimow, zaproponował kilka praw[4] :

1. Robot nie może skrzywdzić człowieka, ani przez zaniechanie działania dopuścić, aby człowiek doznał krzywdy.
2. Robot musi być posłuszny rozkazom człowieka, chyba że stoją one w sprzeczności z Pierwszym Prawem.
3. Robot musi chronić sam siebie, jeśli tylko nie stoi to w sprzeczności z Pierwszym lub Drugim Prawem.

Mówi się że, robotyka jest owocem wszystkich dotychczasowych osiągnięć ludzkości w każdej dziedzinie. Łączy w sobie przede wszystkim elementy : mechaniki, automatyki, elektroniki, sensoryki oraz cybernetyki. Jej poszczególne elementy były rozwijane na przestrzeni setek a nawet tysięcy lat. Pierwsze wzmianki historyczne dotyczące budowy robotów sięgają około 350 roku p.n.e. i dotyczą greckiego matematyka Archtasa z Tarentu, który rzekomo zbudował ptaka napędzanego sprężonym powietrzem oraz potrafiącego latać. Niestety ale zweryfikowanie tej wiadomości jest

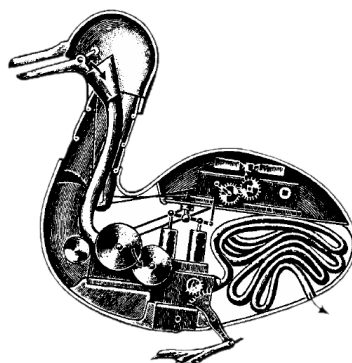
bardzo skomplikowane i nie daje jednoznacznej odpowiedzi. Wskazuje ona jednak na zainteresowanie ludzkości budową maszyn-robotów, które pierwotnie miały naśladować naturę. Za początek rozwoju robotyki uważa się przełom XV oraz XVI wieku, w którym za sprawą wielkiego wynalazcy - Leonarda da Vinci powstało wiele interesujących projektów oraz konstrukcji. Jego wizje niejednokrotnie znacznie wykraczały poza czasy, w których żył. W swoich badaniach pozostawał wierny aforyzmowi „Mądrość jest córką doświadczenia” - w związku z czym zaprojektowane przez niego konstrukcje nie opierały się na dotychczasowych teoretycznych osiągnięć ówczesnej Europy a na własnych badaniach, pomiarach oraz próbach[5]. Na ilustracji ?? przedstawiony został szkic przedstawiający jedną z zaprojektowanych przez Leonarda maszyn wojennych - przodek współczesnego czołgu, który miał miotać kamienie oraz być napędzany siłą ludzkich mięśni.



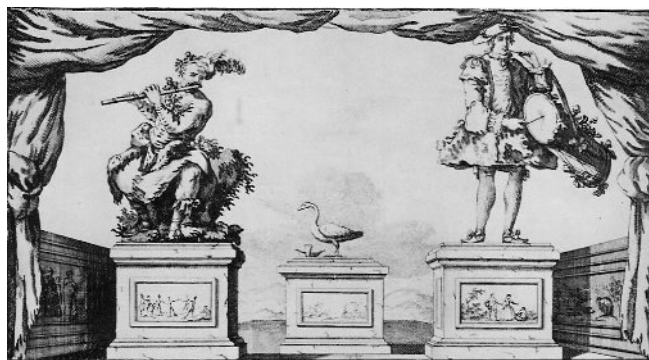
Rysunek 2.1: Szkic Leonarda da Vinci przedstawiający jego koncepcję czołgu.¹

Kolejny przełom w tej dziedzinie przypada na połowę XVIII wieku, w której to francuz Jacques de Vaucanson buduje swoje automaty. Z jego licznych konstrukcji pragnę wyróżnić 3 najbardziej znane (rysunek 2.3), tzn. : mechaniczny chłopiec grający na flecie, mechaniczny chłopiec dodatkowo grający na tamburynie, mechaniczną kaczkę (rysunek 2.2, potrafiącą poruszać się, wydawać odgłosy, poruszać skrzydłami oraz symulować układ trawienny).

¹ Czołg Leonarda da Vinci, <http://www.italoteka.blogspot.com>, (data dostępu 21.04.2015r.)



Rysunek 2.2: Projekt mechanicznej kaczki zbudowanej przez Jacques de Vaucansona.²

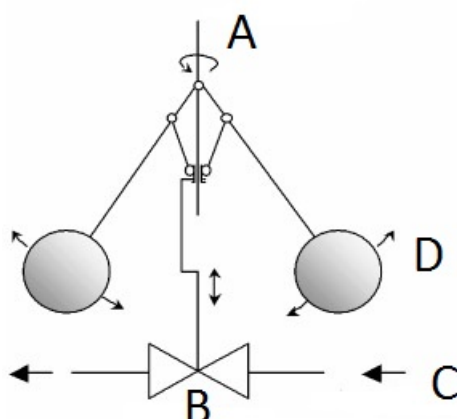


Rysunek 2.3: Roboty zaprezentowane przez Jaques da Vaucansona (od lewej strony): flecista, mechaniczna kaczka oraz chłopiec grający na tamburynie.³

W 1788 James Watt zbudował pierwszy regulator, który regulował prędkość obrotową silnika. Owe sprzężenie zwrotne uzyskano poprzez wykorzystanie prędkości obrotowej wału silnika do sterowania położeniem przepustnicy silnika. Zamiana prędkości obrotowej na ruch posuwisty przepustnicy uzyskano przy wykorzystaniu siły odśrodkowej działającej na obciążniki zawieszone wzdłuż osi wału - schemat przedstawiono na rysunku 2.4.

²*Kaczka Jaquesa de Vaucansona*, <http://www.technologie.gazeta.pl>, (data dostępu 19.09.2015r.)

³*Roboty Jaques de Vaucansona*, <http://www.science.howstuffworks.com>, (data dostępu 20.09.2015r.)



Rysunek 2.4: Regulator zaprojektowany przez Jamesa Watta. Na rysunku możemy wyróżnić takie elementy jak : A - wał silnika, B - przepustnica, C - strumień paliwa, D - obciążniki.⁴

Jednakże prawdziwy przełom w robotyce dokonuje się w 1821 roku, w którym Michael Faraday zbudował pierwszy silnik elektryczny, którego dalszy rozwój coraz bardziej przyspieszał rozwój tej dziedziny. Mechaniczne (np. sprężyny) oraz chemiczne (spalanie paliw) źródła energii będą powoli wypierane na korzyść rozwiązań elektrycznych, pozwalających na prostsze, bezpieczniejsze oraz wydajniejsze magazynowanie oraz bardziej elastyczne wykorzystanie.

Upowszechnianie się elektryczności niesie za sobą szereg innych, znaczących wynalazków do jakich zaliczamy: wynalezienie przekątnika elektrycznego przez Joseph'a Henry'ego w 1835 r., matematyczne zdefiniowanie przez George'a Bool'a zasad logiki, będącej po dzień dzisiejszy podstawowym narzędziem matematycznym w teorii sterowania, konstrukcja zdalnie sterowanej łodzi skonstruowanej przez Nikoła Teslę w 1896 r.

Wiek XX niesie za sobą jeszcze gwałtowniejszy rozwój tej dziedziny, który rozpoczął się w momencie skonstruowania w latach 40-tych pierwszego komputera. Ich rozwój był dodatkowo spotęgowany poprzez wybuch II wojny światowej oraz potrzebę łamania szyfrów dyplomatycznych.

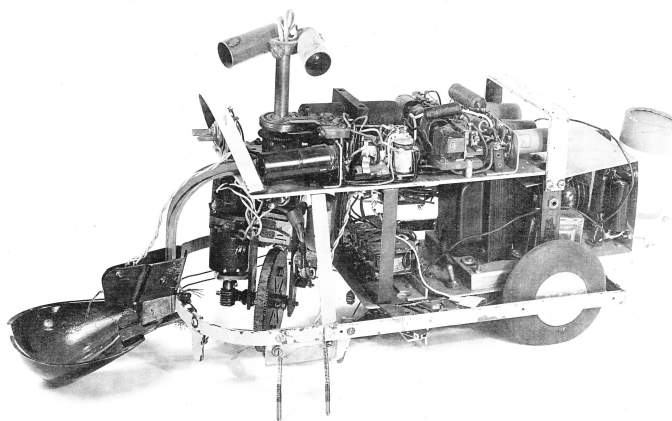
W latach 50-tych wynaleziony został tranzystor, który aktualnie jest podstawowym elementem każdego urządzenia. Pozwolił on w znacznej mierze na zmniejszenie gabarytów komputerów (jednostek obliczeniowych), zmniejszenie zapotrzebowania na energię oraz wzrost mocy obliczeniowej co pozwoliło na konstrukcję autonomicznych robotów mobilnych.

Robotami mobilnymi nazywamy pojazdy, mogące zmieniać swoje położenie w przestrzeni. Dotyczy to nie tylko pojazdów jezdnych, ale także kroczących oraz latających.

W 1956 r. ukończona została budowa elektrycznej wiewiórki[6] (rysunek 2.5), która posiadała 2 „zmysły” : wzroku - zrealizowanego przy wykorzystaniu 26 lamp

⁴Regulator Jamesa Watta, <http://www.images.books24x7.com/>, (data dostępu 21.09.2015r.)

fotoelektronowych oraz dotyku - dwóch krańcówek. Dodatkowo przy wykorzystaniu silników elektrycznych mogła się przemieszczać. Zwierzak, gdy zobaczył żołądź (w tym przypadku jasno oświetlony punkt) kierował się w jego stronę, podnosił owoc przy pomocy „szufli” a następnie kierował się „do gniazda” - czyli miejsca, gdzie znajdowało się pulsacyjne źródło światła. Mimo iż realizowane zadanie jest bardzo proste to możemy mówić tutaj o pewnego rodzaju inteligencji ponieważ wiewiórka wykonywała pewną sekwencję ruchową bez interwencji człowieka w zależności od tego, co działo się w jej otoczeniu.



Rysunek 2.5: Robot *Squee* zbudowany przez Jacka Koffa w 1959r.⁵

Kolejne lata niosą za sobą coraz większą miniaturyzację wszelkich podzespołów elektronicznych. Nie tylko zamykane są one w coraz mniejszych obudowach (pierwszy układ scalony - Jack St. Clair Kilby w 1958 r.) ale także charakteryzują się coraz wyższą sprawnością. Doprowadza to do tego, iż pojazdy mobilne stają się obiektem zainteresowania służb specjalnych. W ten sposób w 1984 r. powstaje *Prowler* (rysunek 2.6) - pierwszy zdalnie sterowany robot o przeznaczeniu militarnym. Platforma ta mogła pełnić różne funkcje : od roli wsparcia - wyposażona w karabiny maszynowe, po funkcje rozpoznawcze - wyposażona w kamery.

⁵ *Robot Squee*, <http://www.cyberneticzoo.com/>, (data dostępu 21.09.2015r.)



Rysunek 2.6: Wojskowy robot mobilny *Prowler*.⁶

Aktualnie najbardziej zaawansowanymi robotami mobilnymi są pojazdy wykorzystywane przez agencje kosmiczne do eksploracji kosmosu. Ich zaawansowana konstrukcja jest efektem bardzo rygorystycznych założeń jakie są im stawia. Zaliczamy do nich m.in. możliwie jak najmniejsze rozmiary, wagę, wysoka mobilność oraz niezawodność, możliwość pracy w ciężkich, nieznanych warunkach środowiskowych. Na dodatek muszą one być zdolne do prowadzenia badań oraz zbierania próbek. Przykładem tej klasy robota może być marsjański łazik *Curiosity Rover* (rysunek 2.7).



Rysunek 2.7: Łazik marsjański *Curiosity*.⁷

⁶ *Robot Defense Systems Prowler 1985*, <https://www.youtube.com/>, (data dostępu 22.09.2015r.)

⁷ *Curiosity*, <http://i.space.com/>, (data dostępu 22.09.2015r.)

2.2 Historia czołgu

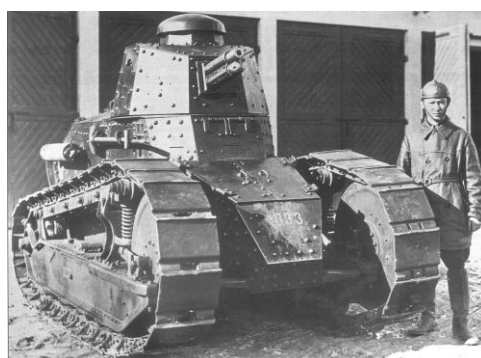
Od zarania dziejów za wojnami krył się najszybszy oraz najgwałtowniejszy rozwój technologiczny. Rozwój cywilizacyjny następuje nieco później, ponieważ każda nowa technologia (jak np. GPS czy Internet) najpierw wprowadzana jest na potrzeby wojska a dopiero w późniejszych latach wprowadzana jest do użytku dla ludności cywilnej. Podobnie miała się sytuacja z I wojną światową - konflikt ten dał początek m.in. bojowym pojazdom opancerzonym, które otrzymały nazwę czołgów.

I wojna światowa była jednym z największych konfliktów zbrojnych w dziejach ludzkości, który walkami ogarnął niemalże całą Europę. Do jej wybuchu przyczyniła się nie tylko sytuacja polityczna ale także nastroje panujące wówczas w społeczeństwie, które "chciało wojny". I Wojna Światowa niewątpliwie na zawsze odmieniła pola walki. Jeszcze przed jej rozpoczęciem nastąpił intensywny rozwój broni maszynowej - jednym z pierwszych, w pełni sprawnych, karabinów maszynowych była tak zwana kartaczownica Gatlinga, skonstruowana już w 1861 roku. Jednak dopiero podczas I wojny światowej broń maszynowa rozpowszechniła się na tyle, żeby diametralnie zmienić oblicze pola walki. Linie obronne zostały gęsto obsadzone ciężkimi karabinami maszynowymi, takimi jak brytyjski Vickers czy wiele wersji karabinów Maxima, które osiągały praktyczną szybkostrzelność na poziomie 500-600 pocisków na minutę oraz zasięg przekraczający kilometr. Z kolei oddziały piechoty otrzymały broń lżejszą (np. francuski ręczny karabin maszynowy Chauchat czy brytyjski lekki karabin Lewis), która, mimo gorszych parametrów od wspomnianych wcześniej konstrukcji, była rewolucyjną zmianą na tle karabinów powtarzalnych, będących do tej pory jedyną bronią piechoty. I wojna światowa była konfliktem, w którym atakująca piechota była zasypywana zbierającym śmiertelne żniwo gradem pocisków. W efekcie tego morale żołnierzy bardzo szybko podupadło i nie chcieli oni już ginąć w imię wyższości racji politycznych. Konflikt przekształcił się w wojnę pozycyjną, w której piechota więcej czasu spędzała w okopach niż walcząc. Wszelkie znane metody walki zawodziły w tej nowej sytuacji: atak kawalerii miała jeszcze mniejsze szanse powodzenia niż piechoty, a stosowane na wielką skalę nawały artyleryjskie nie były w stanie wystarczająco zmieknąć linii obronnych. Aby wygrać wojnę należało w jakiś sposób dostać się bliżej przeciwnika. Już w pierwszym okresie wojny stosowano na małą skalę pojazdy opancerzone. Jednak były to pojazdy kołowe, które nie miały racji bytu poza utwardzonymi drogami. W celu przedarcia się przez "ziemię niczyją", czyli strefę pomiędzy okopami, skonstruowano gąsienicowy pojazd opancerzony. Co ciekawe, zadania tego podjęło się *Royal Navy*, czyli marynarka wojenna Wielkiej Brytanii. Jej wpływ na projekty był silnie widoczny: pierwsze pojazdy nazywano Okrętami Lądowymi (*Land Ships*), a uzbrojenie znajdowało się w sponsonach (tj. wystęпах z boku kadłuba, służących właśnie do mocowania uzbrojenia) [7]. Przykładem tego typu pojazdów jest przedstawiony na ilustracji 2.8 *Mark I*, którego specjalnie uformowane gąsienice (w kształt równoległoboku) pozwalały łatwiej pokonywać zasieki wroga. Inne kraje biorące udział w walkach na froncie zachodnim szybko podchwyciły ideę opancerzonych pojazdów gąsienicowych, co zaowocowało mnogością koncepcji konstrukcyjnych i szukania, często metodą prób i błędów, naj-

efektywniejszych rozwiązań. Przykładem zupełnie innego podejścia do konstrukcji czołu jest przedstawiony na ilustracji 2.9 francuski Renault FT.



Rysunek 2.8: Czołg Mark I użyty pierwszy raz w bitwie pod Sommą w 1916 r.⁸



Rysunek 2.9: Renault FT, lekki czołg francuski z okresu I wojny światowej.⁹

Wszystkie zastosowane pojazdy miały jednak podobne cele na polu walki - wspierać nacierającą piechotę, służyć dla niej jako osłona i niszczyć umocnienia przeciwnika. Ostatecznie zastosowanie czołgów pozwoliło na szybsze zakończenie I wojny światowej, jednakże początkowo większość wojskowych nie dostrzegała w tych pojazdach szerszego potencjału militarnego. Wynikało to z faktu, że czołgi w tamtym okresie były bardzo powolne i słabo opancerzone - gwałtowny rozwój techniki w tej dziedzinie miał dopiero nastąpić. Pojazdy z okresu I wojny światowej dysponowały pancerzem mogącym powstrzymać co najwyżej ogień z karabinów maszynowych (a i to nie zawsze) oraz prędkością jazdy porównywalną z tempem nacierającej piechoty. Jednak już w 1928 roku, amerykański inżynier i wynalazca Walter Christie, opatentował zawieszenie gąsienicowe oparte o duże, niezależne zawieszone koła nośne,

⁸ *Czołg Mark I*, <http://mtg.domek.org/>, (data dostępu 22.10.2015 r.)

⁹ *Czołg Renault FT*, <https://www.pibwl.republika.pl/>, (data dostępu 22.10.2015 r.)

na których rozpięte były gąsienice [7]. Patent ten, zakupiony m.in. przez Wielką Brytanię oraz Rosję, umożliwił budowę rodziny czołgów rozwijających prędkości przekraczające 60 km/h.



Rysunek 2.10: Brytyjski czołg Cruiser Mk V „Covenanter”, zbudowany w oparciu o zawieszenie Christiego.¹⁰

Rozwój nowych systemów zawieszenia, napędu czy amortyzacji, umożliwiał tworzenie coraz bardziej mobilnych pojazdów. Rozwijała się także technika metalurgiczna, umożliwiające produkcję coraz grubszych płyt pancernych, dzięki czemu czołgi stawały się odporne na broń coraz większego kalibru. Ten rozwój pociągnął z kolei za sobą potrzebę montowania w pojazdach coraz silniejszych dział. Całość przedstawionego tutaj postępu czyniła z czołgu broń coraz bardziej kompletną i wszechstronną. Większość decydentów w armiach świata nie dostrzegało jednak potencjału tej, nowej jeszcze, broni. Jednym z wyjątków była III Rzesza, która w latach 30-tych zaczęła formować niezależne dywizje pancerne.

We wrześniu 1939 roku rozpętała się II wojna światowa, która pokazała, jak skuteczną bronią może być czołg w rękach kompetentnego dowódcy. Podczas inwazji na Francję obie strony dysponowały znacznymi siłami pancernymi, jednak mobilne i niezależne zgrupowania pancerne Wehrmachtu rozbiły rozproszone i przywiązane do piechoty czołgi francuskie. W tym momencie rozpoczął się niezwykle szybki rozwój broni pancernej, będący wyścigiem zbrojeń pomiędzy stronami konfliktu. Wszystkie istotne parametry wozów bojowych rosły, a trafne koncepcje szybko rozprzestrzeniały się między biurami projektowymi. Koniec II wojny światowej przyniósł dużo bardziej ujednoliconą koncepcję czołgu jako uniwersalnej broni na polu bitwy. Zaowocowało to powstaniem pojęcia MBT (*Main Battle Tank*), a więc czołgu podstawowego, który stał się po wojnie podstawą do tworzenia wojsk pancernych we wszystkich armiach świata, aż do dnia dzisiejszego.

MBT charakteryzuje się przede wszystkim wysoką mobilnością oraz silnym uzbrojeniem, gdyż doświadczenie pokazało, że najlepszym sposobem na przetrwanie na

¹⁰ Czołg Cruiser Mk V, <http://worldwar2headquarters.com/>, (data dostępu 12.10.2015 r.)

polu walki jest zniszczenie przeciwnika zanim ten będzie w stanie cię zlokalizować. W tym czasie na świecie rozpoczął się także gwałtowny rozwój elektroniki, którą zaczęto na coraz szerszą skalę stosować w sprzęcie wojskowym, m.in. w czołgach. Jednym z przykładów może być wprowadzenie systemów aktywnej noktowizji do radzieckich czołgów w latach 60-tych. Właśnie nowoczesna elektronika stała się jednym z głównych obszarów, na którym zaczęli ze sobą konkurować konstruktorzy bojowych pojazdów opancerzonych. O tym, jak wielką różnicę potrafi ona zrobić na polu walki stanowi chociażby przebieg największej bitwy pancernej w historii, która miała miejsce podczas operacji Pustynna Burza w 1991 roku. Po obu stronach konfliktu wzięło w niej udział około 8 tysięcy czołgów. Rozbudowane systemy łączności oraz zaawansowana optyka dzienna i nocna (skutecznie wykorzystywana podczas nocnych natarć) pozwoliły zminimalizować straty własne koalicji pod dowództwem Stanów Zjednoczonych do poziomu ok. 0,4% strat przeciwnika. Jednym z czołgów biorących udział w tej operacji był brytyjski Challenger I, przedstawiony na ilustracji 2.11.



Rysunek 2.11: Challenger I, brytyjski czołg podstawowy (MBT).¹⁰

W chwili obecnej trwają dalsze prace nad udoskonaleniem koncepcji czołgu na współczesnym polu walki. W latach 90-tych panowało przekonanie, że czasy tego rodzaju broni już przemijają, jednak ostatnie konflikty zbrojne pokazały, że wcale tak nie jest. Broń pancerna w dalszym ciągu intensywnie się rozwija, tak pod kątem koncepcji mechanicznych, jak i stosowania zaawansowanej techniki do coraz większej ilości zadań. Warte odnotowania jest m.in. dążenie do daleko idącego zredukowania ilości załogi [8]. Aby to umożliwić konieczne jest przejęcie części zadań załogi przez automatyczne systemy, takie jak automatyczne magazyny amunicyjne czy algorytmy służące do identyfikacji celów w polu widzenia pojazdu. Współczesna elektronika

¹⁰ Czołg *Challenger I*, <http://www.military-today.com/>, (data dostępu 22.10.2015 r.)

ma także zastosowanie w takich obszarach jak: maskowanie pojazdu na płaszczyźnie optycznej, termicznej oraz radiowej, wsparcie systemów wizyjnych w postaci analizy obrazu ułatwiającej jego interpretację przez załogę, rozbudowane systemy komunikacyjne na różnych poziomach dowodzenia czy złożone systemy stabilizujące ruch działa [9].

Analizując kierunki rozwoju broni pancernej da się zauważyć ich zbieżność z tematem przedstawianej pracy inżynierskiej. Autonomiczna praca pojazdu, wyręczająca załogę z części obowiązków oraz automatyczne systemy poszukiwania oraz identyfikacji celu na podstawie danych zbieranych przez systemy wizyjne pojazdu są tematami rozwijanymi w wielu ośrodkach konstrukcyjnych zaangażowanych w rozwój systemów wojskowych.

Bibliografia

- [1] *Słownik języka polskiego*, <http://www.sjp.pwn.pl/>, (data dostępu 20.10.2015 r.)
- [2] LESZEK RAFIŃSKI, ALEKSANDRA BOBCOW, ANDRZEJ GRONO: *Roboty mobilne z autonomiczną nawigacją - stan obecny i perspektywy na najbliższe lata*. Gdańsk, 2007
- [3] *Teoria robotyki*, <http://www.robotyka.com/>, (data dostępu 21.10.2015 r.)
- [4] *Prawa robotyki i bunt robotów*, <http://www.kopernik.org.pl/>, (data dostępu 11.10.2015 r.)
- [5] EUGENIUSZ OLSZEWSKI: *Leonardo da Vinci jako prekursor nauk technicznych*, 1969
- [6] *Squee: The Robot Squirrel*, <http://www.computerhistory.org/>, (data dostępu 22.10.2015 r.)
- [7] TIM RIPLEY: *Wojna pancerna. Strategia i taktyka*. Warszawa, 2008
- [8] WOJCIECH ZAJLER, MAREK Ł. GRABANIA: *Perspektywiczne programy rozwoju pojazdów gąsienicowych*. „Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe” 2003, nr 2.
- [9] MAREK DĄBROWSKI: *Czołg – obecnie i w przyszłości*. „Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe” 2011, nr 2.
- [10] GRZEGORZ REDLARSKI, ANDRZEJ GRONO, MARIUSZ DĄBKOWSKI: *Perspektywy rozwoju robotyki*. Gdańsk, 2004

Spis tabel

Spis rysunków

2.1	Czołg Leonarda da Vinci	6
2.2	Mechaniczka kaczka Jacquesa de Vaucansona	7
2.3	Roboty Jacquesa de Vaucansona	7
2.4	Regulator Jamesa Watta	8
2.5	Robot Squee	9
2.6	Pojazd wojskowy <i>Prowler</i>	10
2.7	Łazik marsjański <i>Curiosity</i>	10
2.8	Czołg <i>Mark I</i>	12
2.9	Czołg <i>Renault FT</i>	12
2.10	Czołg <i>Cruiser Mk V „Covenanter”</i>	13
2.11	Czołg <i>Challenger I</i>	14