

# Spis treści

<b>1</b>	<b>Wstęp</b>	<b>3</b>
1.1	Założenia konstrukcyjne . . . . .	3
1.2	Budowa . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Stan obecnej wiedzy</b>	<b>5</b>
2.1	Rozwój robotyki . . . . .	5
2.2	Historia czołgu . . . . .	6
2.3	Roboty mobilne . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Założenia koncepcyjne</b>	<b>11</b>
3.1	Etapy realizacji . . . . .	13
	<b>Bibliografia</b>	<b>15</b>



# Rozdział 1

## Wstęp

Celem poniższej pracy jest zbudowanie autonomicznego pojazdu mobilnego, który konstrukcyjnie przypomina czołg, w związku z czym wyróżnia się następującymi elementami:

- obrotową wieżyczką znajdującą się na korpusie pojazdu,
- działem mogącym zmieniać swoje położenie.

Robot w sposób autonomiczny stara się zlokalizować przeciwnika. Po wykryciu zagrożenia czołg stara się określić jego położenie oraz oddać w jego stronę celny strzał. 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. Pojazdy bojowe - jako element wsparcia - nie mogą popełniać błędów związanych z błędną interpretacją informacji, zatem podczas tworzenia projektu bardzo duży nacisk będzie nałożony na algorytm przetwarzania pozyskanego obrazu otoczenia aby możliwie skutecznie oraz jednoznacznie zidentyfikować cel.

### 1.1 Założenia konstrukcyjne

Autonomiczne roboty mobilne muszą być wyposażone w system nawigacyjny. W naszym przypadku tą funkcję będzie pełnił mikrokomputer wraz z kamerą video. 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 które 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 jezdny 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. Cała konstrukcja napędzana będzie przy użyciu silników prądu stałego. Sterowanie napędem będzie odbywać się przy użyciu sygnałów PWM generowanych przez *Raspberry Pi* pozwalających na regulację prędkości obrotowej silników.

## 1.2 Budowa

W strukturze robotów mobilnych możemy wyróżnić następujące elementy :

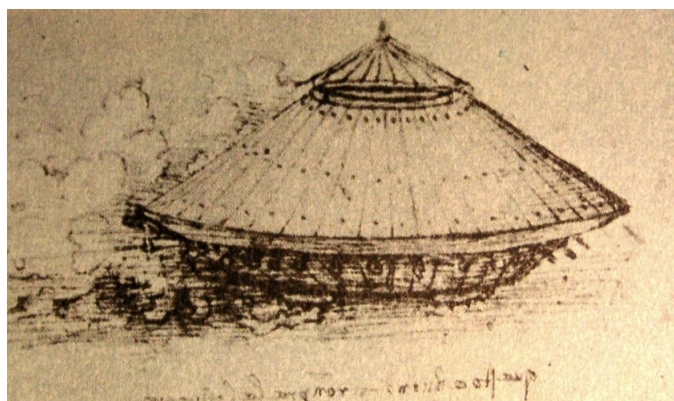
1. Baza pojazdu :
  - konstrukcja mechaniczna pozwalająca na pokonywanie nierówności terenu,
  - układ zasilania i sterowania silnikami robota,
  - moduły pomiarowe pozwalające analizować otoczenie w jakim się znajduje,
  - komunikacja z systemem nadzorującym pracę pojazdu.
2. Komputer PC, do którego trafiają wszystkie informacje zebrane z czujników. Jego zadaniem jest dokładna analiza otoczenia robota, podjęcie decyzji co do dalszych ruchów oraz realizacja zaplanowanego zadania.

# Rozdział 2

## Stan obecnej wiedzy

### 2.1 Rozwój robotyki

Mówi się że, 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 - Leonadra da Vinci powstało wiele interesujących projektów oraz konstrukcji. Jego wizje niejednokrotnie znacznie wykraczały poza czasy, w których żył. Na ilustracji 2.1 przedstawiony został szkic przedstawiających 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.

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, tzn. : mechaniczny chłopiec grający na flecie, mechaniczny chłopiec dodatkowo grający na tamburynie, mechaniczną kaczkę, potrafiącą poruszać się, wydawać odgłosy, poruszać skrzydłami oraz symulować układ trawienny.

Jednakże prawdziwy przełom w robotyce dokonuje się w 1821 roku, w którym Michael Faraday zbudował pierwszy silnik elektryczny, którego dalszy rozwój wywarł ogromny wpływ na koncepcję konstrukcji robotów. Mechaniczne (np. sprężyny) oraz chemiczne (spalanie paliw) źródła energii będą powoli wypierane z tej dziedziny nauki na rzecz 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 Nikola 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.

## 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.

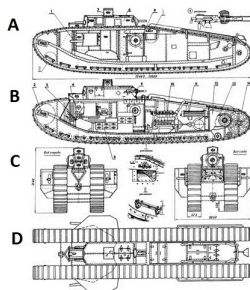
I wojna światowa była jednym z największych konfliktów zbrojnych w dziejach ludzkości, który walkami ogarnął niemalże całą Europę. Do jej wybuchu przyczyniła się nie tylko sytuacja polityczna ale także nastroje panujące wówczas w społeczeństwie, które "chciało wojny". I Wojna Światowa niewątpliwie na zawsze odmieniła pola walki. Jeszcze przed jej rozpoczęciem, a później już w trakcie, nastąpił intensywny rozwój broni maszynowej. Jednym z pierwszych, w pełni sprawnych, karabinów maszynowych była tak zwana kartacznica Gatlinga, skonstruowana już w 1861 roku. Jednak dopiero podczas I wojny światowej broń maszynowa rozpowszechni-

ła 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.

W efekcie czego morale żołnierzy bardzo szybko podupadły i nie chcieli oni już ginąć w imię wyższości racji politycznych. Pierwsza wojna światowa przekształciła się w wojnę pozycyjną, w której piechota więcej czasu spędzała w okopach niżeli walczyła. Aby wygrać wojnę należało w jakiś sposób dostać się bliżej przeciwnika. W celu przedarcia się przez "ziemię niczyją" czyli strefę pomiędzy okopami skonstruowano gąsienicowy pojazd opancerzony. Zadaniem pierwotnym czołgów był jedynie bezpieczny transport. Przykładem tego typu pojazdów jest przedstawiony na ilustracji 2.2 pojazd *Mark I*, którego specjalnie uformowane gąsienice (w kształt równoległoboku) pozwalały łatwiej pokonywać zasieki wroga.



Rysunek 2.2: Czołg Mark I użyty pierwszy raz w bitwie pod Sommą w 1916 r.



Rysunek 2.3: Unowocześniona wersja

Zastosowanie czołgów pozwoliło na szybkie zakończenie konfliktu. Jednakże początkowo nie wszyscy dostrzegli w tych pojazdach potencjał militarny. Wynikało

to z faktu, że były one bardzo powolne i słabo uzbrojone - o niewielkiej wartości bojowej. Początkowo, skoro tylko wojska alianckie posiadały czołgi, nie było potrzeby montowania w nich wielkiego działła gdyż były one przeznaczone do zwalczania piechoty.

Po zakończeniu działań zbrojnych prawie wszystkie państwa przystąpiły do projektowania własnych pojazdów bojowych. Zaczęto zatem brać pod uwagę możliwość walk typu czołg-czołg (a nie jak w przypadku I WŚ jedynie czołg-piechota). Efektem tego było tworzenie czołgów o możliwe dobrym pancerzu oraz działach. Pierwsze konstrukcje tzw. czołgów lekkich pojawiły się w okolicy 1930 r. Przykładem takiego pojazdu może być radziecki T-26

Zostały one rozwijane oraz modernizowane. Początkowo wozy te walczyły jedynie z piechotą oraz artylerią. Podczas II wojny światowej dochodziło już do walk typu czołg-czołg co wymusiło na konstruktorach wyposażenie ich w potężne armaty zdolne do zniszczenia przeciwnika.

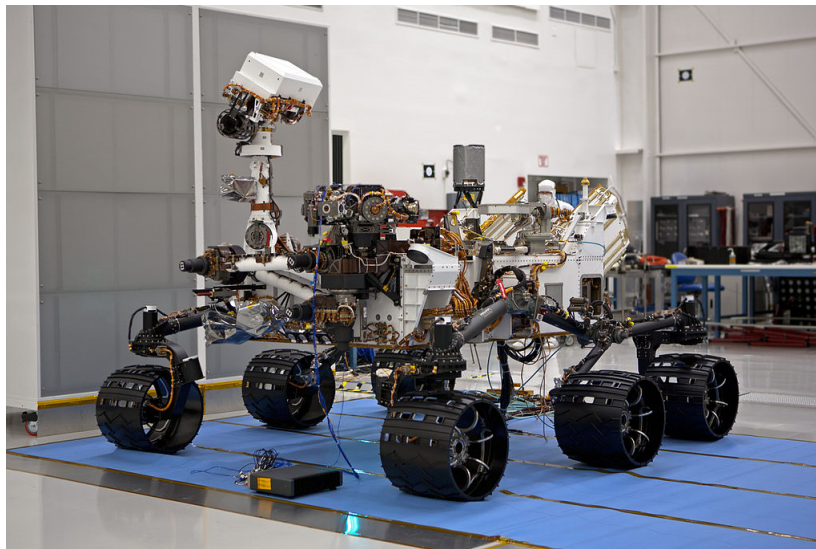
## 2.3 Roboty mobilne

Robotami mobilnymi nazywamy pojazdy, mogące zmieniać swoje położenie w przestrzeni. Dotyczy to nie tylko pojazdów jezdnych, ale także koczujących oraz latających. Ich główną zaletą jest to, że możemy nimi sterować na odległość. Pozwala to doprowadzić je do miejsc, które dla człowieka są niedostępne lub wykonywać zadania w środowisku zagrażającym naszemu życiu. Maszyny te są aktualnie szeroko wykorzystywane przez :

- służby specjalne np. wojsko, gdzie mogą pełnić rolę bezzałogowych pojazdów bojowych lub szpiegowskich,
- agencje kosmiczne, gdzie prowadzą badania na innych ciałach niebieskich (np. eksploracja Marsa przez łazik Curiosity Rover),
- ratownictwo medyczne, gdzie rozważa się wprowadzenie robotów latających (typu quadcopter) do szybkiego dostarczenia pierwszej pomocy w przypadku ataku serca,
- geologów oraz meteorologów do zdalnego dokonywania pomiarów.

Omawiane maszyny możemy dodatkowo wyposażać w inteligentne algorytmy pozwalające na autonomiczną, czyli pozbawioną wpływu człowieka, pracę. Dzięki wykorzystaniu czujników pomiarowych oraz przy pomocy odpowiedniego oprogramowania mogą one samoistnie rozwiązywać niektóre, z góry założone, zadania.





Rysunek 2.4: Zdjęcie łazika Curiosity Rover jeszcze przed wysłaniem w kosmos.



# Rozdział 3

## Założenia koncepcyjne

W tym rozdziale chciałbym szczegółowo opisać poszczególne elementy zastosowane w robocie.

1. Napęd :

Pojazd poruszać się będzie na dwóch gąsienicach napędzanych dwoma silnikami prądu stałego.

2. Zasilanie :

Pojazd zasilany będzie z 6 V akumulatora żelowego ze względu na jego dużą wydajność prądową, stosunkowo sporą pojemność oraz możliwość prostego, wielokrotnego ładowania.

3. Wieżyczka i działo:

Pozycjonowanie tych elementów musi odbywać się przy użyciu silniczków, pozwalających w sposób precyzyjny określić aktualne położenie elementów. W tym celu wykorzystane zostaną silniki krokowe z odpowiednimi przekładniami. Działo wyposażone zostanie w mechanizm pozwalający na oddanie co najmniej jednego strzału.

4. Komputer :

Przetwarzanie obrazów w czasie rzeczywistym jest bardzo wymagającym sprzętowo procesem. Wynika to z faktu, iż urządzenie musi możliwie jak najszybciej analizować zdjęcia o wysokiej rozdzielczości aby móc precyzyjnie namierzyć cel. Przedstawione kryteria stały się głównymi argumentami przy wyborze komputera - Raspberry Pi 2, Model B, którego parametry zostały przedstawione poniżej :

SoC	Broadcom BCM2836
CPU	900 MHz Quad-core ARM Cortex-A7
GPU	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Open GL ES 2.0 OpenVG DMA
Pamięć	1GB LPDDR2
Wymiary	85 x 56 x 17 mm
Zasilanie	Micro USB 5V, 2A
Gniazdo inter- netowe	10/100 BaseT Ethernet
Wyjście video	HDMI (rev 1.3 , 1.4)
Wyjście audio	3.5mm jack, HDMI
USB	4 x USB 2.0
Złącza GPIO	40-pin 2.54 mm (100 mil)
Złącze kamery	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
Slot kart pamięci	Micro SDIO

Tabela 3.1: Dane techniczne Raspberry Pi 2, Model B

Wyjaśnienia skrótów :

- **SoC** - *System On Chip* - układ scalony będący kompletnym systemem elektronicznym (zawiera w sobie urządzenia peryferyjne).
- **CPU** - *Central Processing Unit* - jednostka obliczeniowa.
- **GPU** - *Graphics Processing Unit* - jednostka odpowiedzialna za przetwarzanie grafiki.
- **OpenGL ES** - *OpenGL for Embedded Systems* - zestaw funkcji pozwalający na tworzenie obrazów graficznych dla urządzeń mobilnych.
- **OpenVG** - zbiór funkcji pozwalający obsłużyć grafikę wektorową.
- **DMA** - *Direct Memory Access* - bezpośredni dostęp do pamięci.
- **LPDDR2** - *Low Power Double Data Rate* - energooszczędna pamięć operacyjna.
- **USB** - *Universal Serial Bus* - uniwersalna magistrala szeregową.
- **HDMI** - *High Definition Multimedia Interface* - multimedialny interfejs wysokiej rozdzielczości.
- **GPIO** - *General Purpose Input/Output* - interfejs wejściowo-wyjściowy systemu komputerowego.
- **MIPI** - interfejs realizujący łączność z kamerą.

- **SDIO** - *Secure Digital Card Input/Output* - standard pozwalający urządzeniom peryferyjnym na korzystanie z karty SD.
5. Kamera :
- Dedykowana do Raspberry Pi kamera o rozdzielczości 5Mpx działającej w trybach :
- HD 1020p - 1920x1080,
  - 720p - 1280x720,
  - 480p - 640 x 480.
- Kamera zostanie zamocowana na korpusie czołgu i będzie miała zapewnioną możliwość obrotu wokół pionowej osi.
6. Dalmierz :
- Czujnik laserowy bądź ultradźwiękowy pozwalający na ustalenie odległości pojazdu od celu.

### 3.1 Etapy realizacji

1. Wykrywanie celu przy pomocy Raspberry Pi 2, Model B i dedykowanej kamery.
2. Zamocowanie kamery oraz czujnika odległości na obrotowym trzpieniu, lokalizacja celu względem korpusu pojazdu.
3. Budowa platformy czołgu (gąsienice oraz system napędowy). Synteza napędu z komputerem pokładowym - realizacja prostych ruchów.
4. Połączenie systemu namierzania celu z systemem jezdny - czołg podjeżdża na zadaną odległość względem celu.
5. Budowa wieżyczki, która przy pomocy wskaźnika laserowego będzie podążać za celem.
6. Dodanie możliwości wyboru celu.
7. Budowa i uruchomienie działa.



# Bibliografia

- [1] GRZEGORZ REDLARSKI, ANDRZEJ GRONO, MARIUSZ DĄBKOWSKI: *Roboty mobilne z autonomiczną nawigacją - stan obecny i perspektywy na najbliższe lata*. Gdańsk, 2004





# Spis tabel

3.1	Dane techniczne Raspberry Pi 2, Model B . . . . .	12
-----	---	----



# Spis rysunków

2.1	Szkic Leonarda da Vinci przedstawiający jego koncepcję czołgu. . . .	5
2.2	Czołg Mark I użyty pierwszy raz w bitwie pod Sommą w 1916 r. . . .	7
2.3	Unowocześniona wersja . . . . .	7
2.4	Zdjęcie łazika Curiosity Rover jeszcze przed wysłaniem w kosmos. . .	8