

**Mapa rozwoju wybranych
technologii w branży
robotów medycznych**

Techniki informacyjne

Systemy wizyjne

Sensory

Niniejsze opracowanie, które powstało na zlecenie Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości, jest współfinansowane z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego ze środków Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, w ramach projektu pozakonkursowego *Monitoring Krajowej Inteligentnej Specjalizacji*.

Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości nie ponosi odpowiedzialności za opinie wyrażone w publikacji, które są opiniami autorów i jako takie nie odzwierciedlają stanowiska Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości, ani też nie są dla niej w żaden sposób wiążące.

Autor:

dr inż. Krzysztof Kukiełka

Współpraca:

Zespół ds. Sektora Publicznego Deloitte

Departament Analiz i Strategii, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości

Copyright by Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, 2019



Niniejsze opracowanie jest rezultatem tzw. Procesu Przedsiębiorczego Odkrywania (PPO), prowadzonego przez Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii w partnerstwie z Polską Agencją Rozwoju Przedsiębiorczości, w ramach projektu pozakonkursowego pn. *Monitoring Krajowej Inteligentnej Specjalizacji*.

Celem projektu pozakonkursowego jest monitorowanie i aktualizacja obszarów B+R+I priorytetowych dla rozwoju polskiej gospodarki, tzw. Krajowych Inteligentnych Specjalizacji (KIS). Lista tych obszarów ma charakter otwarty i jest aktualizowana stosownie do zachodzących zmian społeczno-gospodarczych.



Spis treści

Streszczenie.....	5
Summary	9
Słownik pojęć/ wykaz skrótów	13
Wprowadzenie metodyczne	17
Cel i zakres BTR	23
Branża robotów medycznych	24
Wprowadzenie.....	24
Analiza trendów rozwojowych.....	26
Otoczenie prawne i ochrona własności intelektualnej	28
Charakterystyka rynku globalnego.....	31
Podstawowa analiza wielkości i dynamiki rynku	31
Analiza barier rynkowych	33
Kluczowi gracze rynkowi i ich produkty	34
Analiza cyklu życia produktów	38
Charakterystyka rynku krajowego	40
Podstawowa analiza wielkości i dynamiki rynku	40
Analiza barier rynkowych	42
Kluczowi gracze rynkowi i ich produkty	44
Powiązania kooperacyjne i wydarzenia branżowe.....	47
Analiza cyklu życia produktów	49
Analiza SWOT	49
Analiza PESTEL	52
Przegląd dostępnych źródeł wsparcia niekomercyjnego.....	53
Potencjał rozwojowy branży robotów medycznych w perspektywie 10 lat	56
Program rozwoju dla branży robotów medycznych w zakresie technik informacyjnych, systemów wizyjnych i sensoryki w perspektywie 5 lat	60
Scenariusze rozwoju.....	60
<i>Scenariusz rozwoju obszaru: Techniki informacyjne</i>	61
<i>Scenariusz rozwoju obszaru: Systemy wizyjne</i>	69

<i>Scenariusz rozwoju obszaru: Sensory</i>	74
Mapa drogowa.....	79
Ocena potencjału branży robotów medycznych w kontekście KIS	82
Wnioski i rekomendacje.....	85
Spis rysunków i tabel	90
Źródła	91



Streszczenie

Mapa rozwoju wybranych technologii w branży robotów medycznych (BTR – Business Technology Roadmap) powstała w ramach projektu pozakonkursowego Monitoring Krajowej Inteligentnej Specjalizacji, realizowanego wspólnie przez Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii oraz Polską Agencję Rozwoju Przedsiębiorczości.

Podstawą tworzenia i monitorowania inteligentnych specjalizacji jest proces przedsiębiorczego odkrywania (PPO), integrujący różnych interesariuszy w celu identyfikowania priorytetów w zakresie badań, rozwoju i innowacji, wokół których koncentrowane są inwestycje prywatne i publiczne. Kluczowe znaczenie przy określaniu tych priorytetów mają przedsiębiorcy oraz przedstawiciele instytucji otoczenia biznesu i jednostek naukowych. Istotnym etapem PPO jest Smart Lab (SL), czyli cykl spotkań grup przedsiębiorców, z udziałem przedstawicieli nauki, otoczenia biznesu i administracji, które są moderowane przez doświadczonych konsultantów – ekspertów branżowych. Celem SL jest inicjowanie i rozwijanie inicjatyw projektowych w obszarach/

dziedzinach zidentyfikowanych w trakcie pierwszego etapu PPO realizowanego przez PARP, tzw. Smart Panelu oraz zweryfikowanie potencjału tych obszarów jako ewentualnych nowych specjalizacji. BTR jest efektem prac wykonanych na spotkaniach SL dedykowanych robotyce medycznej.

BTR powstawała pomiędzy grudniem 2018 r. a marcem 2019 r. W tym czasie odbyły się 4 spotkania w formule SL, podczas których pracowano nad poszczególnymi elementami BTR dla sektora robotów medycznych. W spotkaniach wzięli udział zarówno przedstawiciele polskich firm z sektora robotów medycznych, jak i przedstawiciele świata nauki, instytucji otoczenia biznesu oraz administracji publicznej.

Ze względu na specyfikę procesu PPO, dokument przedstawia przede wszystkim perspektywę biznesową, a jego istotą jest próba określenia i zdefiniowania obszarów technologicznych, których przyspieszony rozwój stwarza szansę uzyskania przewagi konkurencyjnej dla przedsiębiorców funkcjonujących w branży. W związku z tak zdefiniowanym celem, BTR skupia się

przede wszystkim na tych elementach, które stanowią podstawę decyzji biznesowych, są to m.in. analiza potencjału sektora, w tym głównych trendów rozwojowych i technologicznych, opis głównych interesariuszy w kraju i na świecie oraz identyfikacja najbardziej obiecujących obszarów współpracy wraz z nakreśleniem projektów kluczowych dla branży.

Z punktu widzenia logiki prezentacji tematu, dokument dzieli się na trzy części. W części pierwszej przedstawiono analizę branży w ujęciu globalnym, miejsce Polski na tle innych państw oraz stan i główne czynniki mające wpływ na firmy z branży robotów medycznych w Polsce. Równolegle przeanalizowane zostały najważniejsze trendy i wyzwania dla branży, zarówno w ujęciu globalnym, jak i z perspektywy podmiotów funkcjonujących na rynku krajowym.

W dokumencie szczególną uwagę zwrócono na fakt, że rynek robotów medycznych w Polsce jest niejednorodny i trudny do precyzyjnego zdefiniowania, o czym świadczy chociażby różnorodność rozwiązań robotycznych: począwszy od robotów chirurgicznych, w tym nawigacyjnych, przez rehabilitacyjne, opiekuńcze, ratunkowe, czy wreszcie treningowe lub sztuczne narządy.

Pomimo, że polskie podmioty mają już blisko dwudziestoletnie doświadczenie w tworzeniu i rozwijaniu robotów, cechą charakterystyczną branży jest niewielka liczba polskich produktów dostępnych na rynku (nieliczne wyjątki to np. roboty Prodrobot i Luna) i niska komercjalizacja wypracowanych rozwiązań. Mając na uwadze rosnące zapotrzebowanie na rozwiązania robotyczne w medycynie, w tym oczekiwany wzrost wydatków na służbę zdrowia w części dotyczącej zakupu nowej aparatury medycznej, zainteresowanie pacjentów bezpiecznymi i mniej inwazyjnymi zabiegami medycznymi pozwalającymi na szybszy powrót do zdrowia, czy wreszcie oczekiwaną refundację procedur wykonywanych przy wykorzystaniu robotów medycznych, należy uznać, że potencjał rozwojowy polskich firm i jednostek naukowych w obszarze robotyki medycznej jest wysoki.

Powyższe potwierdza wynik analizy, jakiej poddano także szeroko rozumiane otoczenie biznesu, tj. potencjał naukowy, instytucje otoczenia biznesu etc., z której wynika, że polskie zaplecze naukowe jest istotnym wsparciem dla rozwoju technologii w badanym sektorze. Jednostki naukowe prowadzą niezależne projekty badawczo-rozwojowe lub współpracują z przedsiębiorcami wspólnie rozwijając produkty. Należy jednak zaznaczyć, że

konieczne jest dalsze zacieśnianie kooperacji pomiędzy sektorami nauki i biznesu (w tym rozpowszechnianie wśród przedsiębiorców informacji o prowadzonych pracach B+R w jednostkach naukowych). Oczekuje się, że instytucje otoczenia biznesu będą katalizatorem takiej współpracy, np. poprzez budowanie platformy wymiany wiedzy i doświadczeń.

Cechą wyróżniającą robotykę medyczną i bezpośrednio wpływającą na możliwości wzrostu branży jest wysoka kosztochłonność prowadzonych prac badawczo – rozwojowych. Minimalny nakład środków finansowych potrzebnych na skonstruowanie prototypu robota chirurgicznego szacuje się na około 10 mln PLN. Warto zaznaczyć, że podana kwota zakłada wykorzystanie do budowy prototypu istniejącego robota przemysłowego oraz narzędzi wykorzystywanych przez chirurgów, jedynie dostosowanych do pracy z robotem. Po doliczeniu kosztów związanych z certyfikacją robota i dopuszczeniem do operacji chirurgicznych, łączna wysokość środków finansowych koniecznych do realizacji takiego projektu okazuje się być co najmniej kilkukrotnie większa. Podobna sytuacja ma miejsce przy wytwarzaniu podzespołów do robotów medycznych. To, w połączeniu z wysoką niepewnością rynku zbytu oraz długotrwałością prowadzonych prac, w wielu przypadkach generuje

trudności w znalezieniu kapitału prywatnego, który pozwoliłby na realizację projektów z zakresu robotyki medycznej.

Druga część dokumentu została poświęcona przedstawieniu scenariuszy rozwoju wybranych obszarów technologicznych, istotnych dla branży. Punktem wyjścia poszukiwania kierunków rozwoju branży robotów medycznych w Polsce w perspektywie 5 i 10 lat było określenie elementów składowych budowy robotów medycznych oraz identyfikacja obszarów, w których polskie podmioty mają doświadczenie i potencjał rozwojowy (w tym naukowy). Pozwoliło to określić obszary, w których upatruje się szanse uzyskania przewagi konkurencyjnej w stosunku do rozwiązań obecnie istniejących na rynkach, także zagranicznych. Do takich obszarów zaliczono:

- techniki informacyjne (które uznano za główny obszar rozwoju robotyki medycznej w Polsce), rozumiane jako algorytmy sterowania, sztuczną inteligencję (AI), przetwarzanie danych, algorytmy nawigacji oraz interfejsy HMI/ HRI,
- systemy wizyjne, rozumiane jako narzędzia optyczne dla robotów, ale również algorytmy przetwarzania i analizy obrazu,
- sensorykę, w ramach której występują zarówno technologie

związane z rozwojem czujników, jak i metod pomiarowych.

Z analizy aktualnych trendów wynika, że całość prac prowadzonych w perspektywie najbliższych 10 lat, powinna skupiać się na zwiększeniu samodzielności/ autonomiczności robotów medycznych. Zaproponowane scenariusze rozwoju wskazują działania, które powinny zostać zrealizowane w perspektywie najbliższych 5 lat. Natomiast efekt globalny będzie można zaobserwować w perspektywie 10 lat od uruchomienia ewentualnych programów wsparcia. Wynika to przede wszystkim ze skali scenariuszy, jak i konieczności uzyskania certyfikatów, również na innych rynkach, poza Polską.

Podsumowaniem scenariuszy rozwoju wypracowanych dla wskazanych obszarów, jest mapa drogowa ilustrująca przebieg działań, a także powiązania i synergie pomiędzy nimi w ramach poszczególnych etapów realizacji ww. scenariuszy.

Część trzecia opracowania prezentuje szereg wniosków i rekomendacji wynikających z przeprowadzonych prac nad BTR. W wyniku analizy potencjału robotyki medycznej w kontekście KIS uznano, że nie ma konieczności tworzenia nowej odrębnej KIS dla robotyki medycznej, ale warto jest wzmocnić ten obszar w istniejących specjalizacjach.

Rekomenduje się utworzenie programu

sektorowego dedykowanego projektom na rzecz rozwoju robotyki medycznej.

Ponadto wskazano, że istotną kwestią, poza rozwojem samych technologii, jest inicjowanie tzw. działań ukierunkowanych na wsparcie przedsiębiorców w procesie wprowadzania nowych opracowań na rynek. W głównej mierze działania te będą stanowiły warunek efektywnego konkurencyjnego konkurowania z innymi podmiotami na rynkach globalnych. Należą do nich przede wszystkim inicjowanie i pobudzanie aktywności różnorodnych form współpracy polskich podmiotów działających w branży robotów medycznych (wymiana doświadczeń, inicjowanie konsorcjów, pomoc w znajdowaniu partnerów do realizacji projektów), a także wsparcie przedsiębiorców w długotrwałym i kosztochłonnym procesie certyfikacji wyrobów medycznych.



Summary

This Business Technology Roadmap for medical robots sector (BTR) has been developed under the non-competitive project, Monitoring of National Smart Specialization, implemented jointly by the Ministry of Entrepreneurship and Technology and the Polish Agency for Enterprise Development. A foundation for defining and monitoring Smart Specializations is the Entrepreneurial Discovery Process (EDP) that integrates various stakeholders around identification of R&D&I priorities for private and public investments. Entrepreneurs, representatives of business environment institutions and research institutions are of key importance in defining these priorities. An important stage of EDP is Smart Lab (SL), which consists of a series of meetings moderated by experienced professionals with expertise in a specific business sector, and attended by entrepreneurs, accompanied by representatives of science, business environment and public administration. The main objective of the SL is to initiate and develop project initiatives in the areas identified during initial stage of EDP implemented by PARP, the so-called Smart Panel, and to verify

the potential of these areas as possible new specializations. The BTR is a result of work carried out at SL meetings dedicated to development of innovative solutions in the medical robotics sector.

This document was prepared between December 2018 and March 2019. During this time four SL meetings were held in the SL formula, during which particular elements of the BTR for the medical robots sector have been discussed. The meetings were attended by representatives of Polish companies from the medical robots sector as well as representatives of the world of science, business support institutions and public administration.

Due to the specific nature of the EDP process, the document primarily presents the business perspective, and its essence is an attempt to identify and define technological areas which accelerated growth creates an opportunity to gain a competitive advantage for entrepreneurs operating in the industry. With this goal in mind, the BTR provides basis for business decisions, presents analysis of the sector's potential, including the main development and technological trends,

description of the main stakeholders in the country and around the world, and identification of the most promising areas of cooperation along with the outline of key tasks for the industry.

The document is structured as three coherent parts. The first one presents an analysis of the industry in a global perspective, the position of Poland in comparison with other countries, as well as the state and main factors influencing medical robots companies in Poland. Additionally, the most important trends and challenges in the industry were analyzed, both globally and from the perspective of entities operating on the domestic market.

The document pays special attention to the fact that the market of medical robots in Poland is diverse and difficult to define precisely. It can be well illustrated by an example of the variety of robotic solutions: from surgical robots, including navigation robots, through rehabilitation, care, emergency robots, to training solutions or artificial organs.

Despite the fact that Polish entities have almost twenty years of experience in creating and developing robots, a characteristic feature of the industry is a small number of Polish products available on the market (few exceptions include Prodrobot and Luna robots) and low commercialization rate of the developed solutions. Taking into account the growing demand for robotic solutions in medicine, including the expected increase in spending on

health care in the part concerning the purchase of new medical equipment, patients' interest in safe and less invasive medical procedures allowing for faster recovery, and finally the expected reimbursement of procedures performed with the use of robotic equipment, it may be concluded that the development potential of Polish companies and scientific units in the area of medical robotics is high.

The above statement is confirmed by the result of the analysis of the broadly understood business environment, i.e. scientific potential, business environment institutions etc., which shows that the potential of Polish science is an important support for the development of technology in the analyzed sector. Scientific entities carry out independent research and development projects or cooperate with entrepreneurs by jointly developing products. It should be noted, however, that it is necessary to enhance cooperation between the science and business sectors (including keeping the entrepreneurs informed on R&D works carried out in research institutions). It is expected that business support institutions will create opportunities for such cooperation, i.e. through creating a platform for the exchange of knowledge and experience for all entities operating in the sector.

The distinguishing feature of medical robotics, directly influencing the growth potential of the industry is the

high cost of research and development work. The minimum financial outlay needed to construct a prototype of a surgical robot is estimated at about 10 million PLN. It must be noted that the amount assumes the use of the existing industrial robot and instruments used by surgeons, only adapted to work with the robot. After adding the costs associated with the certification of the appliance and admission to surgical operations, the total amount of financial resources necessary for the implementation of such solution turns out to be at least several times higher. A similar situation occurs in the manufacture of medical robot components. This, combined with the high degree of uncertainty in the market and the length of the work carried out, often makes it difficult to find private investors that would fund medical robotics projects.

The second part of the document is dedicated to the presentation of scenarios for the development of selected technological areas important for the industry. The starting point in the search for directions of development of medical robotics in Poland in the perspective of 5 and 10 years was identification of the areas in which Polish entities have experience and strong development potential. This allowed for identification of areas where there is a chance of gaining a competitive advantage in relation to

the solutions currently existing on the foreign markets. The selected areas are:

- information technology (which was considered the main area of medical robotics development in Poland), understood as control algorithms, artificial intelligence (AI), data processing, navigation algorithms and HMI/ HRI interfaces,
- vision systems, understood as optical tools for robots, but also image processing and analysis algorithms,
- sensors, which include both technologies related to the development of sensors and measurement methods.

The analysis of current trends shows that all work carried out over the next 10 years should focus on increasing the independence/ autonomy of medical robots. The development scenarios proposed in the content of this report concern the areas indicated in the further part of the document, which indicate the activities that should be implemented in the next 5 years. On the other hand, the global effect will be observed in 10 years from the launch of possible support programmes. This is primarily due to the scale of the scenarios and the need to obtain certificates, also on foreign markets.

The development scenarios for the three indicated areas are summed up in a business technology roadmap that has been developed, illustrating the course of activities, as well as links and

synergies between the particular stages of implementation of the above-mentioned scenarios.

The third part of the report presents a number of conclusions and recommendations resulting from the works on the BTR. As a result of the analysis of the potential of medical robotics in the context of the NSS, it was concluded that there is no need to create a new separate NSS for medical robotics, but it is worth strengthening this area in the existing specializations. It is recommended to create a sectoral program dedicated to projects for the development of medical robotics.

Moreover, it has been pointed out that an important issue, apart from the development of the technologies themselves, is initiating the so-called support-oriented activities, aimed at supporting entrepreneurs in the process of introducing new solutions on the market. These include, first of all, initiating and stimulating the activity of various forms of cooperation of Polish entities operating in the medical robotics sector (exchange of experience, initiating consortia, assistance in finding partners for project implementation), as well as supporting entrepreneurs in the long-term and cost-intensive process of certification of medical devices.



Słownik pojęć/ wykaz skrótów

Pojęcie lub skrót	Rozwinięcie	Wyjaśnienie
5G		Technologia mobilna piątej generacji
AI	<i>Artificial Intelligence</i>	Sztuczna inteligencja
AOTMiT	Agencja Oceny Technologii Medycznych i Taryfikacji	
AR	<i>Augmented Reality</i>	Rzeczywistość rozszerzona – system łączący świat rzeczywisty z generowanym komputerowo
B+R		Badania i rozwój, prace badawczo-rozwojowe
B+R+I		Badania, rozwój i innowacje
BTR	<i>Business Technology Roadmap</i> , z ang. Mapa Rozwoju Technologii	Opracowanie zawierające opis sytuacji technologiczno-rynkowej wraz z mapą rozwoju technologii i planowanymi projektami B+R w danej dziedzinie
CE		Oznakowanie zamieszczane przez producentów europejskich, będące deklaracją zgodności produktu z zasadniczymi wymaganiami zawartymi w dyrektywach unijnych dotyczących danego produktu
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>	Agencja Żywności i Leków zajmuje się kontrolą żywności, leków, kosmetyków, urządzeń medycznych, materiałów biologicznych etc. w Stanach Zjednoczonych
Fuzja obrazów		Łączenie dwóch lub więcej obrazów, np. tego samego obiektu, wykonanych różnymi technikami (zdjęcie klasyczne i obraz uzyskany w podczerwieni)
Hi-Tech	Z ang. <i>High Technology</i>	Określenie na zaawansowane rozwiązania techniczne i zastosowania najnowszych odkryć naukowych w praktyce
HMI	<i>Human Machine Interface</i> , z ang. interfejs człowiek – maszyna	Interfejs do komunikacji człowieka z maszyną
HRI	<i>Human Robot Interface</i> , z ang. interfejs człowiek – robot	Interfejs do komunikacji człowieka z robotem
	<i>Human Robot Interaction</i> , z ang.	Czynności związane z oddziaływaniem człowieka na robota i robota na człowieka

Pojęcie lub skrót	Rozwinięcie	Wyjaśnienie
	interakcja człowieka z robotem	
Interfejs		Z ang. <i>interface</i> – styk, łącznik, złącze; w informatyce i elektronice urządzenie pozwalające na połączenie ze sobą dwóch (lub więcej) innych urządzeń, które bez niego nie mogłyby ze sobą współpracować
Interfejs użytkownika		Część urządzenia lub oprogramowania odpowiedzialna za komunikowanie się z użytkownikiem
IPR	Skrót z ang. <i>Intellectual Property Rights</i>	Prawa własności intelektualnej, najczęściej rozumiane jako prawo autorskie oraz patenty i znaki towarowe
IoT	Z ang. <i>Internet of things</i> , Internet rzeczy	Szeroko rozumiana koncepcja bazująca na idei łączności między urządzeniami. Oznacza to, że zakłada ona możliwość komunikacji, wymiany, przetwarzania oraz gromadzenia danych przez urządzenia bez ingerencji człowieka – jedynie za pośrednictwem sieci komputerowej
IS	Inteligentna Specjalizacja	Obszar badawczo-rozwojowy lub innowacyjny, zidentyfikowany oddolnie przez przedsiębiorców oraz przedstawicieli nauki, jako priorytetowy dla poprawy konkurencyjności i innowacyjności gospodarki oraz jakości życia społeczeństwa
KE	Komisja Europejska	
KET	<i>Key Enabling Technology</i>	Kluczowe technologie wspomagające – odniesienie do obszarów technologicznych, których rozwój wpływa na rozwój innych, a także ma istotny wpływ na rozwój społeczno-gospodarczy. Robotyka medyczna wpisuje się w obszary wskazane jako KET
KIS	Krajowa Inteligentna Specjalizacja	Obszar wskazany jako Inteligentna Specjalizacja na poziomie krajowym. Obszary KIS zostały wskazane w dokumencie „Krajowa inteligentna specjalizacja”, który został opracowany w 2014 roku przez Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii (byłe Ministerstwo Gospodarki) – we współpracy z Ministerstwem Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Ministerstwem Inwestycji Rozwoju (byłe Ministerstwo Rozwoju Regionalnego). Koncepcja inteligentnej specjalizacji polega na określeniu priorytetów gospodarczych oraz skupieniu inwestycji na specjalizacjach badawczo-rozwojowych i technologicznych zapewniających zwiększenie wartości dodanej gospodarki i jej konkurencyjności na rynkach zagranicznych
NCBR	Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	

Pojęcie lub skrót	Rozwinięcie	Wyjaśnienie
NFZ	Narodowy Fundusz Zdrowia	
PARP	Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości	
PESTEL	Skrót z ang. <i>Political, Economic, Social, Technological, Environmental, Legal</i>	Wieloaspektowa analiza mająca na celu ocenę środowiska makroekonomicznego podmiotów gospodarczych
PO IR	Program Operacyjny Inteligentny Rozwój na lata 2014-2020	
PPO	Proces Przedsiębiorczego Odkrywania	Wieloletni, cykliczny mechanizm diagnozy, identyfikacji, aktywizacji i integracji firm z potencjałem do rozwijania działalności innowacyjnej (z udziałem przedstawicieli środowiska nauki i otoczenia biznesu) w oparciu o wyniki prac badawczo-rozwojowych. Celem procesu jest wypracowanie mechanizmu współpracy finansowej i niefinansowej przedsiębiorców, której efektem ma być ilościowy i jakościowy wzrost nowych lub ulepszonych produktów/ technologii wdrażanych na rynku polskim i eksportowanych na rynki zagraniczne. Proces PPO jest realizowany przez MPiT oraz PARP
RIS	Regionalna Inteligentna Specjalizacja	Obszar wskazany jako inteligentna specjalizacja na poziomie regionalnym. W Polsce województwa określały RIS w dokumentach Regionalne Strategie Innowacji
Robot		Urządzenie techniczne przeznaczone do realizacji niektórych funkcji manipulacyjnych i lokomocyjnych człowieka, posiadające określony poziom energetyczny, informacyjny i inteligencji maszynowej – definicja wg ISO 373:2012: Automatycznie sterowany, wielozadaniowy manipulator programowalny w trzech lub więcej osiach, który może być zamocowany na stałe lub mobilny do użytku w aplikacjach automatyki przemysłowej
Robot medyczny		Robot wspomagający procedurę medyczną
Robot rehabilitacyjny		Reprogramowalna, elastyczna platforma, która umożliwia fizyczną interakcję robota z pacjentem oraz manipulację przez robota elementami ciała pacjenta w celach terapeutycznych
SL	Smart Lab	Jeden z etapów PPO, obejmujący spotkania grup przedsiębiorców, z udziałem przedstawicieli nauki, otoczenia biznesu i administracji, moderowane przez doświadczonych konsultantów – ekspertów

Pojęcie lub skrót	Rozwinięcie	Wyjaśnienie
		branżowych. Celem SL jest inicjowanie i rozwijanie inicjatyw projektowych w obszarach/ dziedzinach zidentyfikowanych w trakcie pierwszego etapu PPO, tzw. Smart Panelu oraz zweryfikowanie potencjału tych obszarów jako ewentualnych nowych specjalizacji
SP	Smart Panel	Jeden z elementów procesu PPO, obejmujący przygotowanie i realizację badań wśród przedsiębiorców oraz analizę danych zastanych dostępnych w instytucjach publicznych. Celem SP jest identyfikacja potencjału społeczno-ekonomicznego przedsiębiorstw prowadzących działalność gospodarczą. Rezultatem SP jest lista zidentyfikowanych obszarów/ dziedzin (specjalizacji) o wysokim potencjale innowacyjnym i wyselekcjonowana grupa przedsiębiorców reprezentujących te obszary/ dziedziny, którzy otrzymają zaproszenie do udziału w dalszych etapach PPO
SWOT	Skrót z ang. <i>Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats</i>	Technika służąca do porządkowania i analizy informacji z podziałem ich na silne strony, słabe strony, możliwości i zagrożenia
System haptyczny		Ogólne wyrażenie określające systemy wyposażone w sprzężenie zwrotne z użytkownikiem, opierające się na zmyśle dotyku przy użyciu zmieniających się sił, wibracji i ruchów
VR	Virtual Reality	Rzeczywistość wirtualna – obraz sztucznej rzeczywistości stworzony przy wykorzystaniu technologii informatycznej

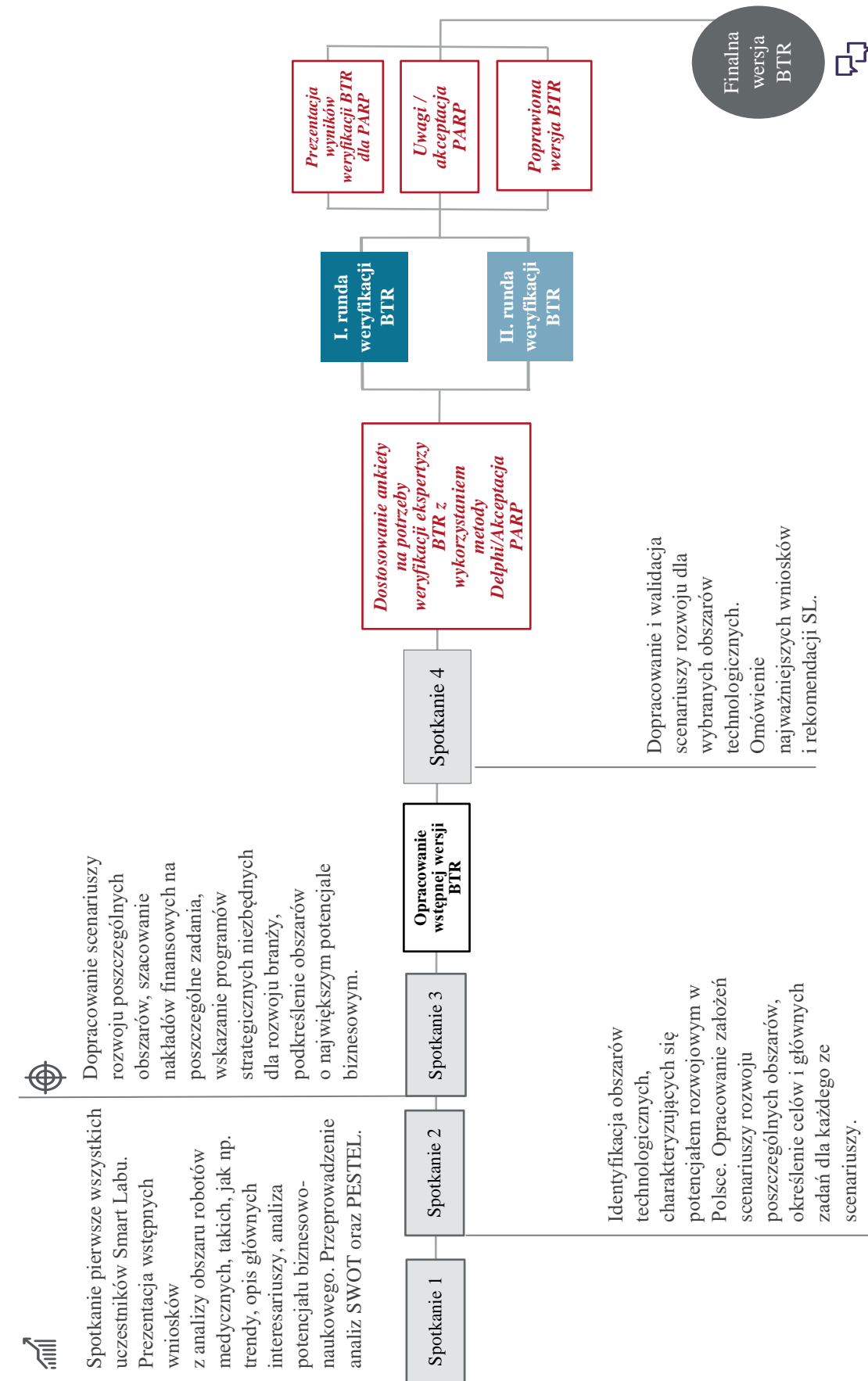


Wprowadzenie metodyczne

Mapa rozwoju wybranych technologii w branży robotów medycznych w Polsce (BTR) powstała w ramach projektu pozakonkursowego Monitoring Krajowej Inteligentnej Specjalizacji, realizowanego wspólnie przez Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii oraz Polską Agencję Rozwoju Przedsiębiorczości. Inteligentne specjalizacje mają przyczynić się do transformacji gospodarki krajowej poprzez jej unowocześnienie, przekształcenie strukturalne oraz tworzenie innowacyjnych rozwiązań społeczno-gospodarczych, jak również do podniesienia jej konkurencyjności na arenie międzynarodowej. Istnienie systemu monitorowania, aktualizacji i ewaluacji inteligentnych specjalizacji w Polsce stanowi warunek ex-ante dla celu tematycznego 1 w ramach perspektywy finansowej na lata 2014-2020 oraz umożliwia weryfikację stopnia osiągnięcia celów wytyczonych dla poszczególnych KIS. Proces monitorowania, aktualizacji i ewaluacji inteligentnych specjalizacji polega na systematycznym obserwowaniu zmian zachodzących w ramach poszczególnych specjalizacji na poziomie krajowym, poprzez analizę

i ocenę trendów rozwojowych oraz identyfikację nisz rynkowych, potrzeb i potencjału rozwojowego przedsiębiorstw. Podstawą tworzenia i monitorowania inteligentnych specjalizacji jest proces przedsiębiorczego odkrywania (PPO), integrujący różnych interesariuszy w celu identyfikowania priorytetów w zakresie badań, rozwoju i innowacji, wokół których koncentrowane są inwestycje prywatne i publiczne. Kluczowe znaczenie przy określaniu tych priorytetów mają przedsiębiorcy oraz przedstawiciele instytucji otoczenia biznesu i jednostek naukowych. Realizacja PPO, przy wykorzystaniu Komitetu Sterującego, Grupy Konsultacyjnej, Obserwatorium Gospodarczego, Grup Roboczych ds. Krajowych Inteligentnych Specjalizacji, Smart Panelu i Smart Labów, przyczynia się do zwiększenia aktywnego zaangażowania przedsiębiorców w określanie kierunków strategicznego wsparcia w polityce innowacyjnej kraju. Niniejsza BTR jest efektem prac wykonanych na spotkaniach Smart Labu dedykowanego robotyce medycznej. Metodykę prac nad BTR przedstawiono na Rysunku nr 1.

Rysunek 1. Schemat prezentujący metodykę prac nad BTR w branży robotów medycznych

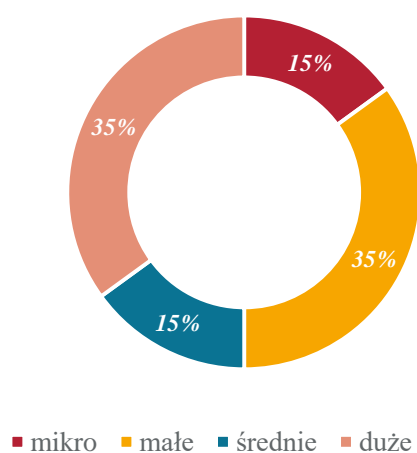


Źródło: opracowanie własne

Niniejsza BTR została przygotowana w ścisłej współpracy przedsiębiorców działających w branży, przedstawicieli świata nauki, zajmujących się tematyką i technologiami w obszarze robotyki medycznej, konsultanta – eksperta branżowego wspieranego przez konsultantów biznesowych Deloitte, we współpracy z instytucjami publicznymi –

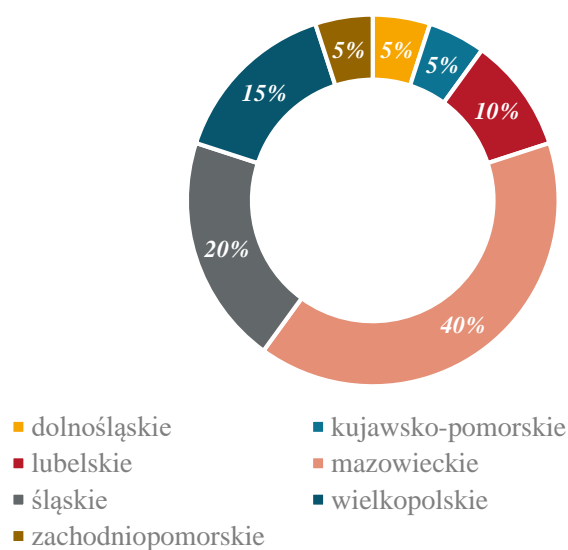
MPiT oraz PARP. W spotkaniach uczestniczyli również przedstawiciele Urzędów Marszałkowskich województw: lubelskiego i mazowieckiego. Dokument został wypracowany w modelu ekspercko-partycypacyjnym, z zastosowaniem szeregu narzędzi analitycznych, scharakteryzowanych poniżej.

Rysunek 2. Wielkość firm z branży robotów medycznych biorących udział w SL



Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 3. Lokalizacja firm z branży robotów medycznych biorących udział w SL



Źródło: Opracowanie własne

Wstęp merytoryczny, zakres oraz tryb prac został zaproponowany i opracowany przez konsultanta – eksperta branżowego dra inż. Krzysztofa Kukielkę, we współpracy z konsultantami biznesowymi Zespołu ds. Sektora Publicznego Deloitte. Materiał stanowił bazę do pracy o charakterze warsztatowym w cyklu spotkań Smart Lab, które odbyły się między 9 stycznia a 19 lutego 2019 r. Podczas spotkań m.in. wypracowano obszary koncentracji technologii w branży robotów medycznych, przeprowadzono analizę SWOT, przedyskutowano dostępne źródła finansowania inwestycji w B+R, wskazano nadchodzące zmiany legislacyjne i ich wpływ na branżę, uzgodniono scenariusze rozwojowe – technologiczne oraz biznesowe, a następnie nakreślono plan prac i kamienie milowe, które należy osiągnąć w celu realizacji poszczególnych scenariuszy. Zaproponowane na spotkaniach podejście warsztatowe opierało się przede wszystkim na technikach Agile, nakierowanych na przyrostowe rozwijanie podejścia wypracowanego i uzgodnionego na pierwszym spotkaniu. Dzięki zastosowanym metodom warsztatowym, już w początkowej fazie SL uczestnicy stworzyli ramowe scenariusze działania, opierające się na wykorzystaniu zidentyfikowanych silnych stron i szans rozwoju branży oraz odpowiadające na

zidentyfikowane zagrożenia.

Iteracyjnej analizie podlegały technologie niezbędne do osiągnięcia zakładanych rezultatów w kolejnych latach, z uwzględnieniem ich aktualnej i docelowej dojrzałości.

Schematy wypracowanych scenariuszy rozwoju zamieszczone są w rozdziale *Program rozwoju dla branży robotów medycznych w zakresie technik informacyjnych, systemów wizyjnych i sensoryki w perspektywie 5 lat.*

Scenariusze prezentują potencjał rozwojowy w analizowanych obszarach. Działalność polskich firm oraz pozostałych podmiotów w ramach zaprezentowanych inicjatyw jest szczególnie pożądana w procesie budowania konkurencyjności polskiego sektora na rynku globalnym.

Informacje te mogą stanowić podstawę podejmowania decyzji w zakresie dedykowania wsparcia, w tym finansowego, koordynowanego przez instytucje publiczne, pochodzącego ze źródeł publicznych.

Pomiędzy spotkaniami SL miała miejsce wymiana uwag i informacji, zarówno drogą e-mailową, jak i za pomocą platformy *SharePoint*.

Dodatkowo wśród uczestników SL przeprowadzone zostało badanie ankietowe, którego celem było zebranie informacji na temat priorytetowych technologii w sektorze, a także realizowanej działalności badawczo-rozwojowej.

Ostatnim etapem prac była ponowna interakcja z uczestnikami Smart Labu,

którzy mieli możliwość zapoznania się z dotychczas opracowanymi wynikami SL, a następnie po dyskusji nad przedstawionymi materiałami, zaproponowania korekt i uzasadnionych zmian.

Istotą Mapy Drogowej Technologii jest próba określenia i zdefiniowania obszarów technologicznych, których przyśpieszony rozwój stwarza szansę uzyskania przewagi konkurencyjnej dla przedsiębiorców funkcjonujących w branży.



Cel i zakres BTR

Istotą Mapy Drogowej Technologii jest próba określenia i zdefiniowania obszarów technologicznych, których przyspieszony rozwój stwarza szansę uzyskania przewagi konkurencyjnej dla przedsiębiorców funkcjonujących w branży. Przyspieszony rozwój może być osiągnięty m. in. poprzez zwiększone inwestycje w przedsięwzięcia B+R. Szczegółowo cele i zakres niniejszego dokumentu przedstawiają się następująco:



Analiza potencjału biznesowo-naukowego branży robotów medycznych.



Ocena głównych trendów biznesowych i technologicznych, zarówno w ujęciu rynku globalnego, jak i w kontekście rynku krajowego.



Opis głównych interesariuszy na świecie, w Europie i w Polsce.



Opracowanie mapy drogowej oraz założeń dla programowania inwestycji środków publicznych w działalność badawczo-rozwojową. Na podstawie

scenariuszy rozwoju, można wyodrębnić konkretne działania, których wsparcie byłoby niezwykle cenne dla przyspieszenia rozwoju sektora, a które także napotykają pewną lukę w finansowaniu.



Analiza możliwych kierunków i rekomendacje dla uczestników rynku, kluczowe w planowaniu ich budżetów na B+R w danym okresie. Scenariusze rozwoju rozplanowane są w perspektywie 5-letniej.



Zidentyfikowanie obszarów współpracy oraz zdefiniowanie tematyki projektów istotnych dla branży robotów medycznych. Wskazano kluczowe obszary, z uwzględnieniem podmiotów szczególnie ważnych dla każdego z nich.



Przeanalizowanie zasadności utworzenia dedykowanej RIS lub KIS dla robotyki medycznej, ewentualnie wprowadzenia zmian w istniejących KIS.



Branża robotów medycznych

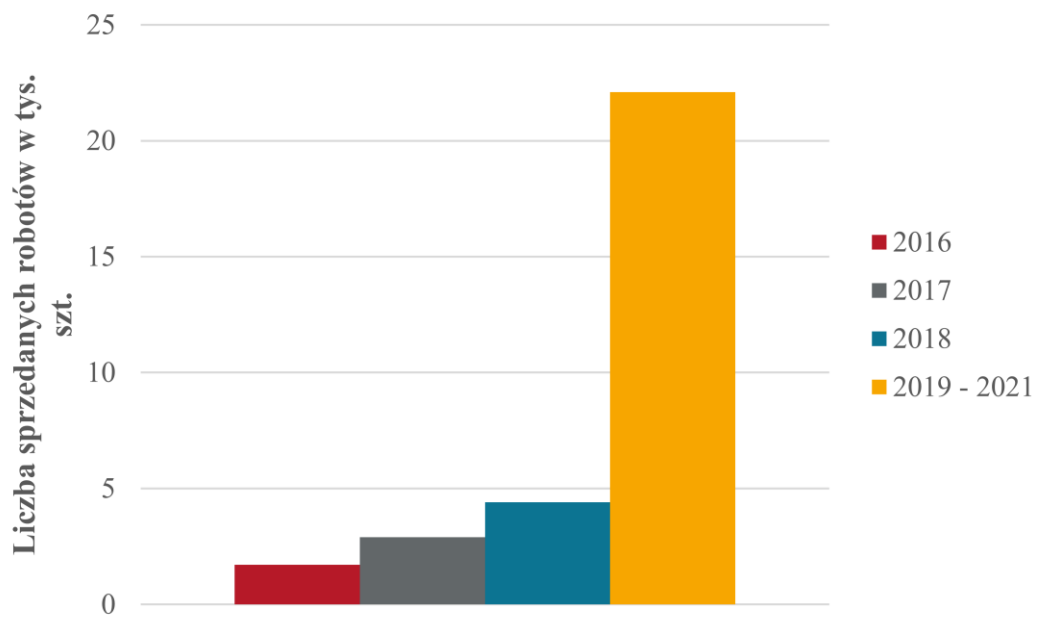
Wprowadzenie

Robotyka medyczna jest dziedziną multidyscyplinarną¹ łączącą w sobie kilka innych dyscyplin naukowych, m.in. mechanikę, elektronikę i informatykę. Jest ona relatywnie młodą specjalizacją – pierwsze roboty pojawiły się dopiero pod koniec lat 50 XX w., zaś ich medyczne zastosowania zostały opracowane pod koniec XX w. Pomimo, że jest to stosunkowo młoda

dziedzina nauki, to rozwija się szybko. Na poniższym wykresie (Rys. 4), przedstawiono dane dotyczące sprzedaży robotów medycznych, pochodzące z ostatniego dostępnego raportu Międzynarodowej Federacji Robotyki². Analizując dane należy stwierdzić, że w najbliższych latach sprzedaż robotów medycznych będzie rosła i to dość dynamicznie.

Wzrost popularności robotów medycznych, a zarazem ich sprzedaży,

Rysunek 4. Wielkość sprzedaży nowych robotów medycznych na świecie w latach 2016 i 2017 oraz prognozy sprzedaży na rok 2018 i okres 2019 – 2021



Źródło: www.ifr.org

¹ Nawrat Z., Robotyka medyczna w Polsce, Medical Robotics Reports, 1/2012

² Dane pochodzą z raportu opublikowanego w 2018 r., zatem dane na lata 2018-2021 są jedynie prognozą

wynika z niewątpliwych korzyści płynących z ich wykorzystania, zarówno dla pacjenta, jak i lekarza. W zależności od przeznaczenia danego rozwiązania robotycznego, zalety jego zastosowania są różne. W przypadku robotów chirurgicznych warto jest zwrócić szczególną uwagę na następujące aspekty^{3,4}:

- umożliwiają realizację operacji, które dotychczas praktycznie nie były możliwe: wykorzystując robota lekarz może operować m.in. klatkę piersiową pacjenta bez jej otwierania i uszkodzenia żeber, precyzyjnie rozdzielić nerwy, naczynia i mięśnie oraz zszyć tkanki nicią o grubości włosa⁵ – pierwsze operacje dokonane w 1998 roku za pomocą robota da Vinci (operacja pojedynczego pomostu wieńcowego czy plastyka zastawki mitralnej – operacja wewnątrz serca)⁶ były dla ówczesnej medycyny szczególnie, porównywalne do lądowania sondy Pathfinder na powierzchni Marsa,
- podnoszą precyzję ruchów, nacięcia, ich powtarzalność, eliminują samoistne drgania rąk chirurga,
- pozwalają na ograniczenie liczby personelu medycznego

asystującego przy zabiegach i operacjach chirurgicznych,

- zmniejszają ból pacjentów, skracają czas hospitalizacji i powrotu do zdrowia, zmniejszają liczbę powikłań pooperacyjnych, pozostawiają niewielkie blizny.

Roboty medyczne to nie tylko chirurgia. Poniżej zaprezentowano podział robotów medycznych ze względu na realizowaną funkcję:

- roboty terapeutyczne (chirurgiczne, rehabilitacyjne) – wykorzystywane do bezpośredniego oddziaływania na pacjenta,
- roboty diagnostyczne – wspierające przeprowadzenie diagnostyki pacjenta, w tym również dokonywanej na odległość, zdalnie (diagnosta i pacjent w dwóch oddalonych od siebie miejscach),
- roboty społeczne i opiekuńcze – roboty mobilne dedykowane do bezpośredniego przebywania wśród ludzi, w tym do opieki, zwłaszcza nad osobami starszymi,
- roboty transportowe – wykorzystywane do transportu przedmiotów, np. lekarstw w szpitalu, zastępując np. pielęgniarki w czynnościach logistycznych,

³ Robot da Vinci w Polsce – zastosowanie i dostępność, zwrotnikraka.pl, listopad 2018

⁴ Roboty w świecie ludzi czy człowiek w świecie robotów?, http://www.pi.gov.pl/PARP/chapter_86197.asp?soid=451547D22F814DA6AF529DD729A5EF13 (dostęp 10.02.2019)

⁵ <https://www.tygodnikprzeklad.pl/chirurgia-jak-gwiezdnych-wojen>, (dostęp 10.02.2019)

⁶ <https://nt.interia.pl/gadzety/news-roboty-w-sluzbie-chirurgii,nId,695147> (dostęp 10.02.2019)

- roboty edukacyjne – służące do nauki zawodu lekarza, uczące czynności medycznych wykonywanych wobec pacjenta, pomocne np. przy nauce zawodu pediatri, gdzie współpraca z dziećmi jest specyficzna i często trudniejsza niż z dorosłym pacjentem,
- roboty ratunkowe – wykorzystywane w akcjach ratunkowych, zapewniające m.in. możliwość dotarcia do trudno dostępnych miejsc, czy transport poszkodowanych,
- roboty wspomagające – sztuczne narządy wewnętrzne (np. sztuczne serce) i zewnętrzne (np. sztuczna dłoń).

Powyższy podział robotów medycznych pokazuje, jak szeroki może być wachlarz, zarówno produktów, jak i ich zastosowań. Obok rosnącej sprzedaży (Rys. 4), wzrasta również zainteresowanie wykorzystaniem robotów w społeczeństwie. Pacjenci coraz chętniej poddają się medycznym zabiegom i operacjom z ich użyciem. Roboty medyczne to również większe bezpieczeństwo pacjenta – ich zastosowanie, dzięki zwiększonej precyzji ruchów, minimalizuje ryzyko popełnienia ludzkiego błędu w sztuce medycznej. Wszystko to sprawia, że roboty medyczne będą coraz częściej wspomagały lekarzy w wykonaniu procedur medycznych, czy też będą szeroko wykorzystywane w procesach

około medycznych (np. transport leków, opieka nad osobami chorymi/ starszymi). Wyzwaniem natomiast będzie rozwój strony popytowej wśród placówek medycznych, szczególnie w Polsce. Z jednej strony technologie wspierają pracę lekarzy i innych pracowników służby zdrowia, pozwalając przeprowadzać operacje i procedury medyczne w sposób precyzyjny i mało inwazyjny. Z drugiej, rozwiązania robotyczne dla medycyny stanowią bardzo wysoki koszt dla placówek, szczególnie finansowanych ze środków publicznych. Zakup robota da Vinci to koszt od 1,5 do 2,5 mln dolarów, do tego należy jeszcze doliczyć m.in. koszt narzędzi wykorzystywanych podczas zabiegów⁷, ewentualnego serwisu etc. Koszty te ograniczają zainteresowanie placówek medycznych nowymi rozwiązaniami robotycznymi, jednak coraz większa świadomość zalet płynących z ich wykorzystania oraz problemy kadrowe sprawiają, że to zapotrzebowanie stale rośnie.

Analiza trendów rozwojowych

Możliwości zastosowania szeroko definiowanych robotów medycznych są ogromne. Jak wskazano w poprzednim rozdziale, urządzenia robotyczne mogą zarówno stanowić wsparcie dla

⁷ <https://www.poradnikzdrowie.pl/sprawdz-sie/niezbednik-pacjenta/robot-da-vinci-jak->

<dziala-jakie-operacje-pozwala-wykonac-aa-kdCn-RiAJ-3qVg.html> (dostęp 11.02.2019)

człowieka, jak i zastępować organy, czy części ciała. Nie ulega wątpliwości, że roboty medyczne znacząco podnoszą jakość świadczeń medycznych dokonywanych przy ich wykorzystaniu. To sprawia, że zainteresowanie robotyką medyczną stale rośnie. Można więc wnioskować, że robotyka medyczna będzie dziedziną prężnie rozwijającą się w najbliższych latach. Co więcej, przewidywany wzrost sprzedaży robotów medycznych pokazany wcześniej, jak również seria przejęć firm prowadzących badania i rozwój produktów w tym zakresie (np. przejęcie szwajcarskiej firmy KB Medical przez amerykańskiego producenta śrub chirurgicznych w 2017 r.), potwierdzają atrakcyjność rynkową dziedziny.

Wobec tych perspektyw, a także mając na uwadze specyfikę branży, jednym z przewidywanych kierunków rozwoju branży robotów medycznych, jest rozwinięcie istniejących produktów, mające na celu zwiększenie liczby obsługiwanych czynności medycznych⁸. W Laboratorium Robotyki Uniwersytetu w Bristolu (BRL) rozwijane są półautomatyczne narzędzia robotyczne. Pracująca tam prof. Sanja Dogramadzi uważa, że takie półautomatyczne narzędzia mogą następnie w szerszym zakresie

wspomagać inne specjalizacje medyczne, jak: ortopedia, chirurgia jamy brzusznej i sercowo-naczyniowa⁹.

Kolejnym potencjalnym krokiem będzie zwiększenie autonomiczności robotów, tzn. przejście od zdalnego sterowania robotem przez operatora (teleoperacji) do samodzielnej (autonomicznej) pracy robota.

Rozwój sztucznej inteligencji i jej obecne szerokie wykorzystanie wpłynie również na rynek związany z opieką medyczną, w tym także na robotykę medyczną (Frost & Sullivan prognozuje, że rynek sztucznej inteligencji dla opieki medycznej wzrośnie o 40% pomiędzy 2014 a 2021 rokiem)¹⁰. Sztuczna inteligencja jest wykorzystywana m.in. w analizie danych, czy sterowaniu autonomicznych pojazdów. Algorytmy oparte na AI wykorzystywane są do interpretowania danych, nauki na ich podstawie, np. zależności zachodzących w interpretowanym systemie oraz wykorzystania tej wiedzy do wykonania określonego zadania. Cechą szczególną tych algorytmów jest uczenie się na podstawie danych. Rozwijanie autonomiczności urządzenia, dzięki zastosowaniu sztucznej inteligencji w robotach medycznych, może być wykorzystane np. do rozpoznania

⁸ Innovations Trends in Global Medical Robots Market Anticipated to See Major Growth in Next Five Years, April 2018, www.medgadget.com, (dostęp 3.01.2019)

⁹ The future of medical robotics, Jeremy Russell, November 2017,

www.itproportal.com/features/the-future-of-medical-robotics, (dostęp 3.01.2019)

¹⁰ Frost & Sullivan, Transforming healthcare through artificial intelligence systems. AI Health and Life Sciences, 2016

otoczenia przez robota, co z kolei pozwala przyspieszyć podejmowanie decyzji. Szybkość w podejmowaniu decyzji, czy też sama możliwość ich podejmowania bez udziału człowieka zwiększa spektrum zastosowania robotów, także w medycynie, rehabilitacji czy sprawowaniu opieki.

Pomimo, że polski rynek robotów medycznych różni się od rynku globalnego, trendy rozwojowe w branży są zbieżne. Z punktu widzenia rozwoju technologicznego, działania polskich podmiotów branży robotów medycznych nie różnią się od konkurencji zagranicznej. W Polsce także prowadzone są prace nad autonomicznością urządzeń, czy też zwiększeniem uniwersalności zastosowania rozwiązań robotycznych. Celem jest, by jedno urządzenie mogło mieć zastosowanie w co najmniej kilku procedurach medycznych.

Otoczenie prawne i ochrona własności intelektualnej

Produkty z branży robotów medycznych są uznawane na rynku za urządzenia medyczne. W związku z tym, wymagania dotyczące ich budowy i użytkowania są określone przez różne normy, np. normy IEC 60601 (dotyczące bezpieczeństwa i wydajności medycznego sprzętu elektrycznego).

Dodatkowo dopuszczenie produktów do sprzedaży wiąże się z koniecznością pozyskania certyfikatów, to znaczy formalnego poświadczenia spełniania przez produkty wymagań określonych w normach. Warto też wspomnieć, że nad modyfikacją wspomnianej normy prowadzone są obecnie prace w ramach komitetu technicznego TC 62 Electrical equipment in medical practice¹¹. Na rynku polskim, podobnie jak na rynku globalnym, wymagania dotyczące budowy robotów medycznych oraz ich użytkowania są określone przez różne normy. Jedną z nich jest np. norma PN-EN 60601 – Medyczne urządzenia elektryczne. Spełnienie wymagań określonych w normach jest niezbędne do uzyskania certyfikatu. Na rynku polskim, podobnie jak europejskim, związane jest to z możliwością zamieszczenia na produkcie znaku CE.

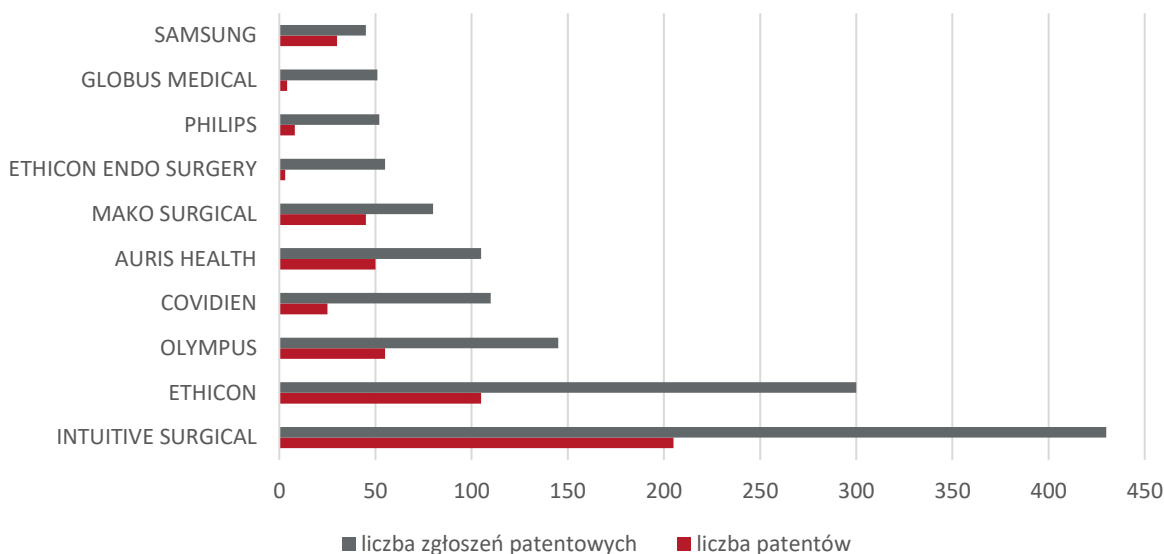
Ochrona własności intelektualnej w branży robotów medycznych opiera się głównie na patentach. Jest to charakterystyczne zarówno dla rynku globalnego, jak i rodzimych podmiotów. Jednak ochronie wypracowanych rozwiązań nie podlegają całe roboty medyczne lecz ich komponenty lub opracowane technologie. Przykładem firm stosujących powszechnie ochronę patentową są amerykańskie firmy Intuitive Surgical i Computer Motion, a na polskim rynku Fundacja Rozwoju Kardiochirurgii im. prof. Zbigniewa

¹¹https://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:7:4151863635560:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:1245,25, (dostęp 4.02.2019)

Religi w Zabrze (FRK). Na początku XX wieku ww. firmy amerykańskie rozpoczęły między sobą tzw. wojnę patentową. Spór o naruszenie patentów doprowadził ostatecznie do połączenia podmiotów i wycofania robota

chirurgicznego firmy Computer Motion z rynku¹². Na Rysunku 5 przedstawiono liczbę zgłoszeń patentowych i udzielonych patentów w Stanach Zjednoczonych w latach 2009 – 2019 z branży robotów medycznych.

Rysunek 5. Liczba zgłoszeń patentowych i udzielonych patentów w Stanach Zjednoczonych w latach 2009 – 2019 z branży robotów medycznych



Źródło: Mini patent landscape reports Robotic Surgery, Parola Analytics, 2019

Warto zwrócić uwagę, że ochrona patentowa części rozwiązań funkcjonujących na rynku wygasła lub kończy się w niedługim czasie. Prace z pierwszymi robotami medycznymi rozpoczęły się pod koniec XX wieku, a maksymalny okres ochrony patentowej wynosi 20 lat. To sprawia, że dla patentów pozyskanych np. przy opracowaniu robota da Vinci skończył się lub niebawem kończy się okres ochrony. Fakt ten może być szansą dla innych firm chcących rozwijać się w branży robotów medycznych

(możliwość bazowania w dalszych pracach B+R na dotychczasowych rozwiązaniach bez konieczności ubiegania się o stosowne zgody właściciela chronionego uprzednio rozwiązania).

Drugą, często wybieraną opcją ochrony własności intelektualnej jest odpowiednio opracowana i wdrożona strategia obrony wypracowanego know-how firmy. Jest to związane z koniecznością przedstawienia założeń rozwiązania, które ma podlegać

¹² <http://surgrob.blogspot.com/2010/03/vintage-report-on-intuitive-vs-computer.html>, (dostęp 4.02.2019)

ochronie patentowej na etapie zgłoszenia patentowego. Wobec tego, część firm w obawie przed ujawnieniem strategicznych planów rozwoju, a także kierunków poszukiwań badawczych, rezygnuje z tej formy ochrony prawnej.



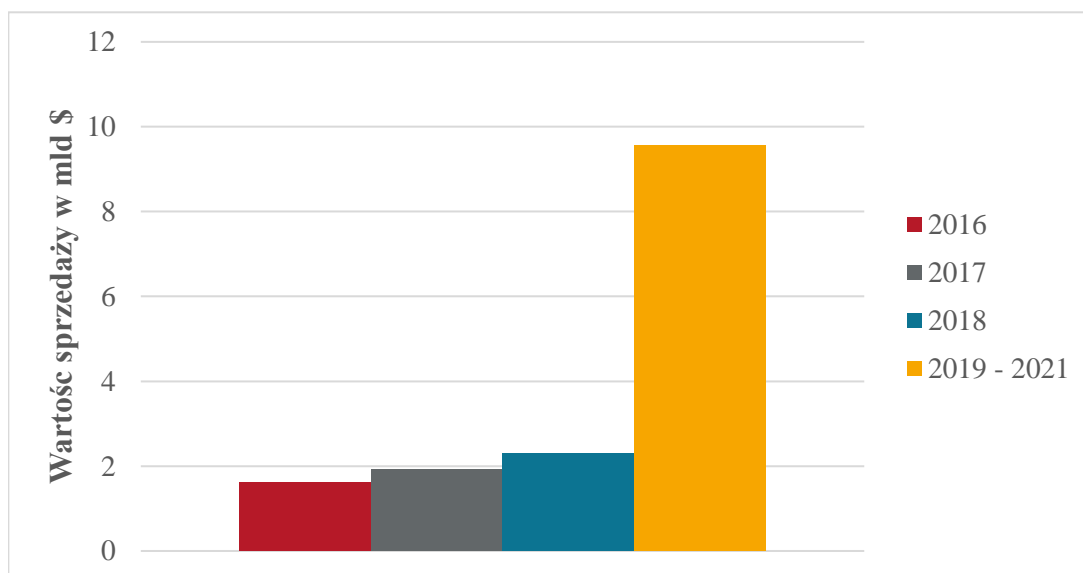
Charakterystyka rynku globalnego

Podstawowa analiza wielkości i dynamiki rynku

Zamieszczony w poprzednim rozdziale Rysunek 4 ilustruje wielkość sprzedaży robotów medycznych w latach 2016 i 2017 oraz prognozę sprzedaży na kolejne lata¹³. Zaprezentowane dane wskazują na wzrost sprzedaży robotów medycznych o ponad 70% w roku 2017

(2900 szt.) w porównaniu do roku 2016 (1700 szt.). Prognozowany jest również dalszy wzrost sprzedaży na poziomie około 30% w każdym kolejnym roku. Wartość sprzedaży robotów medycznych wyniosła 1,9 mld dolarów w roku 2017 (Rys. 6)¹⁴, co stanowi wzrost wartości sprzedaży na poziomie 18% w porównaniu do roku 2016 (1,6 mld dolarów). Przedstawiona predykcja na kolejne lata świadczy

Rysunek 6. Wartość sprzedaży nowych robotów medycznych na świecie w latach 2016 i 2017 oraz prognoza na rok 2018 i okres 2019 – 2021



Źródło: www.ifr.org

¹³ Executive Summary World Robotics 2018 Service Robots, https://ifr.org/downloads/press2018/Executive_Summary_WR_Service_Robots_2018.pdf https://ifr.org/downloads/press2018/Executive_Summary_WR_Service_Robots_2018.pdf (dostęp: 2.01.2019)

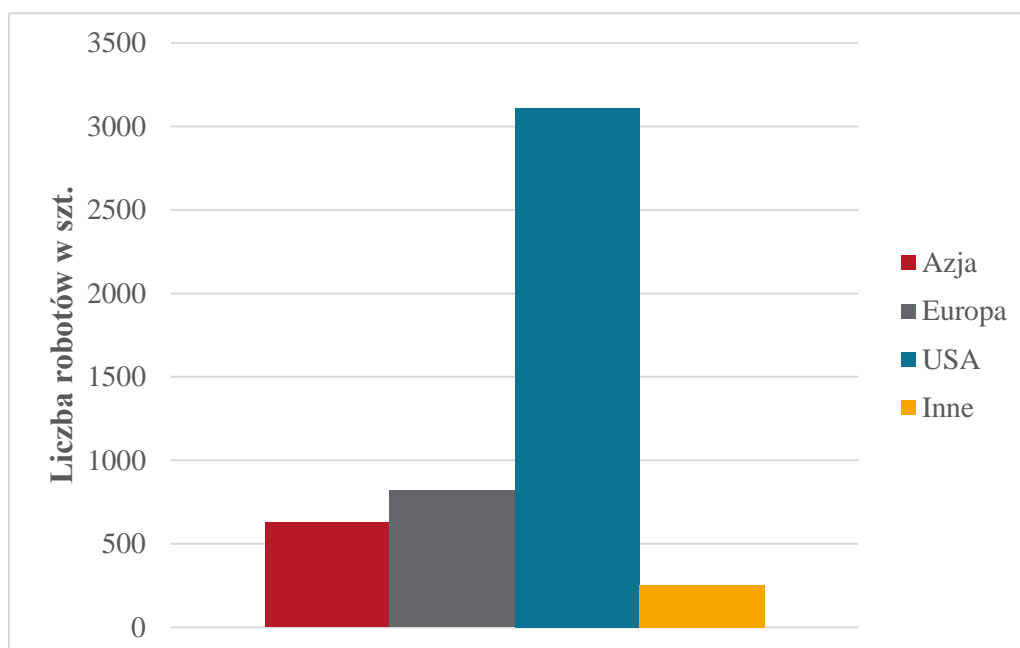
¹⁴ Opracowanie własne na podstawie danych dostępnych na stronie internetowej International Federation of Robotics (www.ifr.org)

o wzroście wartości sprzedaży nawet o 100% każdego kolejnego roku (do 9,6 mld dolarów w roku 2021). Dodatkowo z danych zamieszczonych w raporcie Medical Robots Market, przygotowanym przez Markets and Markets wynika, że wartość rynku robotów medycznych w roku 2023 będzie wynosiła 16,74 mld dolarów¹⁵. Warto też porównać liczbę zainstalowanych robotów na świecie w zależności od lokalizacji. Z danych opublikowanych przez firmę Intuitive Surgical (producent robota chirurgicznego da Vinci) dotyczących

liczby zainstalowanych robotów tej firmy na świecie (Rys. 7)¹⁶, wynika, że najwięcej robotów jest w Stanach Zjednoczonych ponad 60% wszystkich robotów.

Biorąc pod uwagę rozwój rynku amerykańskiego i liczbę firm opracowujących rozwiązania robotyczne, można postawić tezę, że podobne proporcje będą miały zastosowanie także do innych rodzajów robotów medycznych.

Rysunek 7. Liczba robotów da Vinci zainstalowanych na świecie w 2018 roku



Źródło: <https://isrg.intuitive.com/>

¹⁵ Raport Markets and Markets, lipiec 2018, <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/medical-robotic-systems.asp>
<https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/medical-robotic-systems.asp>

[ases/medical-robotic-systems.asp](https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/medical-robotic-systems.asp) (dostęp 30.12.2018)

¹⁶ Opracowanie własne na podstawie <https://isrg.intuitive.com/>

Analiza barier rynkowych

Najistotniejszą barierą rozwoju robotyki medycznej jest niewątpliwie wysoki stopień skomplikowania produktów oraz ich wysoka cena – czynnik pierwszy bezpośrednio wpływa na drugi. W przypadku robotów terapeutycznych, są to często dość specjalistyczne rozwiązania, przeznaczone do precyzyjnie określonych zastosowań, co powoduje z definicji wpisaną niszowość tych urządzeń. Szansę na większą skalowalność produktów mają roboty rehabilitacyjne, opiekuńcze, ratunkowe, czy transportowe. Ponadto wśród zidentyfikowanych barier rozwoju robotyki medycznej można wymienić:

- wysokie koszty prowadzenia prac rozwojowych – roboty medyczne zaliczają się do technologii Hi-Tech, co powoduje, że ich rozwój technologiczny wymaga znacznych nakładów finansowych,
- multidyscyplinarność zespołów – do realizacji prac rozwojowych trzeba angażować zespoły o różnej wiedzy i umiejętnościach: brak pokrycia wszystkich niezbędnych kompetencji uniemożliwia lub znacząco utrudnia właściwą realizację projektu, zaś sama potrzeba multidyscyplinarności podnosi koszt realizacji projektów w tym obszarze,
- certyfikacja robotów medycznych – jest długotrwałym i żmudnym

procesem, wymagającym przygotowania rozległej dokumentacji. Wysoki koszt uzyskania certyfikatu i późnej jego utrzymania, wymagają dodatkowych nakładów finansowych (dość znacznych – uzyskanie certyfikatu dla nieskomplikowanych urządzeń medycznych to koszt kilku tysięcy euro, natomiast certyfikaty dla robotów medycznych mogą sięgać nawet kilkuset tysięcy euro w Europie, zaś w Stanach Zjednoczonych to koszt nawet kilkudziesięciu milionów dolarów),

- nieufność społeczeństwa do technologii – dominują stereotypy związane z brakiem zaufania do nowych technologii, tym bardziej jeśli chodzi o urządzenia ingerujące w organizm ludzki.

Kluczowi gracze rynkowi i ich produkty

Podmiotem, który jako pierwszy zaistniał na rynku robotyki medycznej jest Intuitive Surgical – firma ze Stanów Zjednoczonych, producent najbardziej znanego robota chirurgicznego da Vinci Surgical System (Rys. 8). Robot został wprowadzony na rynek w 1999 roku i od tego czasu przeprowadzono ok. 4 milionów operacji z jego użyciem¹⁷. Robot ten jest tzw. teleoperatorem. Składa się z platformy z ramionami robota, które mają zamocowane narzędzia chirurgiczne oraz kamerę do przekazywania trójwymiarowego obrazu z wnętrza ciała operowanego człowieka. Operację przeprowadza lekarz chirurg przy wykorzystaniu konsoli chirurgicznej, za pomocą której steruje się robotem.

Pozostałymi kluczowymi graczami na globalnym rynku robotyki medycznej są następujące podmioty¹⁸:

- Accuray – amerykańska firma oferująca system CyberKnife (Rys. 9) – pierwszy i jedyny dedykowany system radiochirurgiczny stosowany w leczeniu guzów. Po zlokalizowaniu guza przez lekarza następuje zaprogramowanie robota, który później sam

Rysunek 8. Robot chirurgiczny da Vinci



Źródło: www.intuitive.com

Rysunek 9. Robot chirurgiczny CyberKnife



Źródło: www.wikipedia.pl

(autonomicznie) wykonuje zabieg polegający na wyemitowaniu określonej wiązki promieniowania do zlokalizowanego guza. Warto tu wspomnieć, że system śledzi ruchy narządów (np. płuc) i potrafi dokonać precyzyjnego zabiegu z uwzględnieniem tego ruchu,

¹⁷ System da Vinci, czyli droga przez mękę technologii robotowej, wydanie internetowe: www.rynekzdrowia.pl/Uslugi-medyczne/System-da-Vinci-czyli-droga-przez-meke-technologie-robotowej,181308,8.html (dostęp: 2.01.2019)

¹⁸ Top Healthcare Companies in Robotics, The Medical Futurist, <https://medicalfuturist.com/top-healthcare-companies-in-robotics>, (dostęp: 03.01.2019)

- Hansen Media – firma pochodząca ze Stanów Zjednoczonych, oferuje dwa roboty dedykowane różnym zabiegom: Sensei Robotic Catheter System dla elektrofizjologii oraz Magellan Robotic System do leczenia chorób naczyniowych,
- Medrobotics – kolejna firma ze Stanów Zjednoczonych. Opracowała system robotyczny Medrobotics Flex[®], który pozwala na wizualizację wspomaganą robotem (wprowadzenie endoskopu) i dostęp do miejsca operacji takiego jak: jama ustna, gardło, krtań,
- Medtech – firma francuska, oferująca robota ROSA, czyli zintegrowana platforma z wieloma aplikacjami, zapewniająca precyzyjną, niezawodną pomoc podczas operacji czaszki i kręgosłupa,
- Titan Medical – firma kanadyjska, która opracowała robota SPORT surgical – system do operacji chirurgicznych; firma chce rozszerzyć stosowanie robotów medycznych w nowych obszarach, tj.: ogólnych procedurach brzusznych, ginekologicznych, urologicznych oraz jelita grubego,
- TransEnterix – firma ze Stanów Zjednoczonych, która opracowała robota Senhance Robotic Surgical – system dedykowany zabiegom chirurgicznym (laparoskopowym), umożliwiającą chirurgom zastosowanie innowacyjnej technologii jaką jest dotykowe

sprzężenie zwrotne, które pozwala np. „czuć sztywność” operowanej tkanki oraz na kontrolę kamery robota za pomocą wzroku (eye-tracking). Firma opracowała również urządzenie SPIDER i system SurgiBot, jednoportową, ulepszoną robotycznie laparoskopową platformę chirurgiczną.

Analizując obecną sytuację na rynku globalnym, należy zwrócić uwagę na działania firmy Johnson&Johnson¹⁹. Firma jest zaangażowana kapitałowo we wspólne przedsięwzięcie z Google, tj. Verb Surgical, opracowujący chirurgiczną inteligentną platformę cyfrową, łączącą robotykę z zaawansowanym oprzyrządowaniem, ulepszoną wizualizacją, komunikacją i analizą danych. W lutym 2019 r. ogłoszono, że Johnson&Johnson kupiła amerykańską firmę Auris, która od 2007 roku rozwija Monarch Platform – robotyczny mikroskop wprowadzany do płuc pacjenta, pozwalający na wczesną i skuteczną diagnozę raka płuc. Rozwiązanie pomyślnie przeszło przez procedury sprawdzające FDA i jest na etapie komercjalizacji.

Odmianą robotów chirurgicznych są **roboty nawigacyjne**, które są wsparciem dla chirurgów podczas dokonywanych operacji i zabiegów medycznych. Taki robot stabilizuje narzędzie dla chirurga – obserwując położenie ciała pacjenta, jego

¹⁹ Is J&J Becoming a Surgical Robotics Powerhouse? <https://www.mddionline.com/jj->

becoming-surgical-robotics-powerhouse; (dostęp 14.02.2019)

ewentualne ruchy, utrzymuje właściwą trajektorię ruchu narzędzia, którym operuje już sam chirurg. Stosowane są one m.in. przy łączeniu kręgow

szych kręgosłupa. Przykładem takiego robota jest ExcelsiusGPS amerykańskiej firmy Globus Medical (Rys. 10).

Rysunek 10. Robot nawigacyjny ExcelsiusGPS

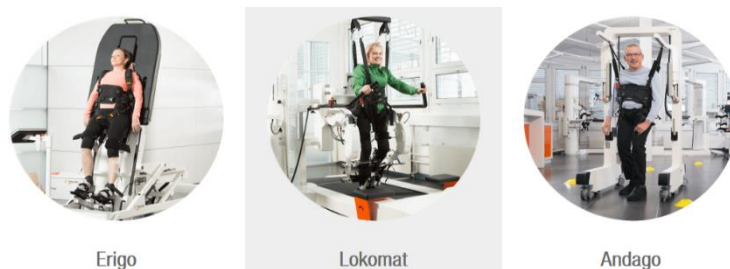


Źródło: <http://globusmedical.com/ExcelsiusGPS/>

Kolejną grupą robotów medycznych są **roboty rehabilitacyjne**. Najczęściej wykorzystywane są przy rehabilitacji kończyn górnych lub dolnych. Robotami rehabilitacyjnymi są również tzw. egzoszkielety wspierające poruszanie się osób z paraliżem kończyn. W tej grupie można wyróżnić kilka podmiotów oferujących gotowe produkty na rynku²⁰:

- Ekso Bionics – firma ze Stanów Zjednoczonych oferuje egzoszkielety, które są wykorzystywane w ponad 130 centrach rehabilitacyjnych na całym świecie,
- Rewalk Robotics – kolejna amerykańska firma oferująca egzoszkielec ReWalk,
- Cyberdyne – japońska firma oferująca kombinezon HAL, który

Rysunek 11. Roboty rehabilitacyjne firmy Hocoma



Źródło: www.hocoma.com

- pomagają ludziom w poruszaniu się czy też przenoszeniu ciężkich ładunków,
- Hocoma – szwajcarska firma produkująca zautomatyzowane i oparte na czujnikach urządzenia do funkcjonalnej terapii ruchowej. Produkty firmy (Rys. 11) obejmują urządzenia medyczne używane do automatycznego treningu: bieżni neurologicznej i egzoszkieletu w celu rehabilitacji kończyn

²⁰ Top Healthcare Companies in Robotics, The Medical Futurist,

<https://medicalfuturist.com/top-healthcare-companies-in-robotics>, (dostęp: 03.01.2019)

górnym po udarze lub urazowym uszkodzeniu mózgu,

- Reha Technology – szwajcarska firma produkująca G-EO System – robotyczne rozwiązanie do rehabilitacji, które realistycznie symuluje wchodzenie po schodach, a także Armotion – służące do rehabilitacji przedramienia i łokcia. Oprócz wyżej wymienionych robotów medycznych można jeszcze wyróżnić następujące typy urządzeń, które zaliczają się do kategorii tego rodzaju produktów:

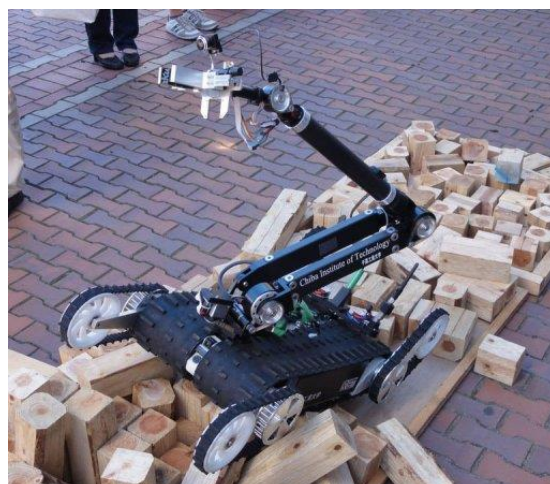
- roboty opiekuńcze – dedykowane do opieki nad osobami starszymi, czy też małoletnimi. Do podmiotów rozwijających tego typu roboty należy zaliczyć Instytut Fraunhofera w Niemczech. Instytut opracował robota Care-O-Bot. W chwili obecnej dostępna jest IV wersja tego urządzenia (Rys. 12),
- roboty ratunkowe – wykorzystywane w akcjach ratowniczych (Rys. 13). Są to roboty mobilne zdolne do poruszania się po trudnym terenie, posiadające narzędzia pozwalające na penetrację trudno dostępnych miejsc lub generujące znaczną siłę, użyteczne m.in. w sytuacjach, kiedy należy dotrzeć do ludzi uwięzionych, np. pod gruzami zawalonego budynku,
- roboty treningowe – wykorzystywane do nauczania zawodu lekarza. Do grupy tej należy robot pediatryczny HALL, amerykańskiej firmy Gaumard

Rysunek 12. Robot mobilny Care-O-Bot IV



Źródło: www.care-o-bot.de/en

Rysunek 13. Robot ratunkowy QUINCE



Źródło: phys.org

Rysunek 14. Pediatryczny robot treningowy HALL



Źródło: www.gaumard.com

(Rys. 14). Potrafi on wyrażać emocje za pomocą mimiki, ruszać się i mówić,

- sztuczne narządy – zastępujące ludzkie narządy, najczęściej są to sztuczne dłonie. Przykładem jest *bebionic hand* niemieckiej firmy Ottobock (Rys. 15).

Rysunek 15. Sztuczna dłoń bebionic hand



Źródło: www.ottobockus.com

Analiza cyklu życia produktów

Cykl życia produktu można rozpatrywać w dwóch różnych perspektywach. Pierwsza to perspektywa producenta, druga – użytkownika produktu. Z punktu widzenia producenta, cykl życia produktu rozpoczyna się od jego opracowania (prace koncepcyjne, badawcze i rozwojowe), kulminacja następuje w momencie wprowadzenia produktu na rynek, cykl kończy się wycofaniem produktu z rynku i wprowadzeniem jego nowszej wersji, bądź kolejnego produktu. Czas opracowania nowego rozwiązania w robotyce medycznej można oszacować średnio na około 4 – 5 lat. Prowadzenie badań średnio trwa około 2 – 3 lata, zaś certyfikacja, niezbędna do wprowadzenia produktu na rynek, zajmuje ok. 1 – 2 lata. W przypadku robotów chirurgicznych czas certyfikacji może być znacznie dłuższy ze względu na ingerencję robota w ciało człowieka, co wymaga

przeprowadzenia badań klinicznych, pozyskania zgód na przeprowadzenie tych badań itp.

Dany produkt pozostaje w sprzedaży do momentu pojawienia się kolejnego, ulepszanego rozwiązania. Pojawianie się nowych technologii stosowanych w robotach medycznych, wymusza przyspieszony rozwój produktów i powoduje dostępność ich kolejnych wersji. W przypadku dynamicznego rozwoju technologii starsze wersje robotów medycznych będą wymieniane wcześniej, niż mogłoby to wynikać z ich zużycia, dzięki czemu pacjenci mogą mieć zapewniony najlepszy standard opieki. Na przykładzie robota da Vinci można zaobserwować częstotliwość pojawiania się na rynku kolejnych generacji urządzenia. Po zaprezentowaniu robota w 1999 roku kolejne modyfikacje/ wersje robota pojawiały się średnio co 3 lata (w 2003 r., 2006 r., 2009 r.)²¹. Zwykle w tym samym czasie w użyciu są 2–3

²¹ D. R. Yates, C. Vaessen, M. Roupret, From Leonardo to da Vinci: the history of robot-

assisted surgery in urology, BJU International, 2011

generacje danego urządzenia. Na tej podstawie można szacować, że dostępność danego produktu na rynku może wynosić ok. 5 lat.

Z perspektywy użytkownika cykl życia produktu związany jest z jednej strony z jego „żywołnością”, z drugiej strony ze starzeniem się wykorzystanych do jego budowy technologii. Cykl życia produktów z obszaru robotyki medycznej może być różny i zależeć od konkretnego robota, czy jego zastosowania. Roboty medyczne mogą być użytkowane nawet 10 lat.

W przypadku urządzeń zaawansowanych technologicznie i realizujących odpowiedzialne zadania cykl życia produktów może być krótszy, zwłaszcza z uwagi na dynamiczny rozwój technologii.

W robotach chirurgicznych na cykl życia produktu wpływ mają dodatkowo wykorzystywane narzędzia, które stanowią integralną część robota. Narzędzia chirurgiczne mają bezpośredni wpływ na człowieka, zatem nawet w małym stopniu zużyte instrumenty nie mogą być użytkowane. Dlatego narzędzia będą wymieniane kilka razy częściej niż całe urządzenie, gdyż ich cykl życia jest znacznie krótszy. Brak możliwości wymiany narzędzia chirurgicznego stosowanego w robocie oznaczałoby znaczne skrócenie cyklu życia produktu.

Innym przypadkiem mogą być roboty opiekuńcze czy transportowe. Z uwagi na brak bezpośredniego oddziaływania

na człowieka i jego organizm, na cykl życia tych robotów wpływ ma przydatność komponentów wykorzystanych do ich budowy (napędy, elektronika sterująca itp.). Z tego powodu cykl życia tego rodzaju robotów może być nawet dłuższy niż 10 lat.



Charakterystyka rynku krajowego

Podstawowa analiza wielkości i dynamiki rynku

Polski rynek robotów medycznych nie jest jednorodny, ani jednoznaczny. Z jednej strony mamy już prawie dwudziestoletnie doświadczenie w tworzeniu i rozwijaniu robotów chirurgicznych (prace nad robotem Robin Heart rozpoczęły się na początku XXI w.). Z drugiej jednak, cechą charakterystyczną jest mała liczba polskich produktów dostępnych na rynku – komercyjnie dostępne są jedynie roboty rehabilitacyjne, takie, jak: Prodrobot czy Luna. Większość prac nad rozwiązaniami z dziedziny robotyki medycznej jest na etapie badań czy prac rozwojowych, niewystarczająca pozostaje liczba skutecznych komercjalizacji w tym obszarze. Analizując jednak realizowane projekty B+R można stwierdzić, że badania prowadzone w tym obszarze przez firmy i instytucje naukowe dotyczą w zasadzie wszystkich grup produktów, występujących również na rynku

globalnym. W dalszej części dokumentu wymieniono przedsiębiorstwa i jednostki naukowe oraz obszary, w których prowadziły lub prowadzą prace B+R.

Pomimo niewielkiej liczby polskich produktów dostępnych na rynku, potencjał polskiej branży robotów medycznych jest znaczący. Należy jeszcze wziąć pod uwagę aktualne i prognozowane zapotrzebowanie na roboty medyczne w Polsce i zdolność polskich producentów do odpowiedzi na to zapotrzebowanie. Według danych statystycznych na koniec 2017 r. w Polsce było w sumie 951 szpitali ogólnych oraz 191 szpitali dziennych (inaczej jednego dnia)²². Wydatki na służbę zdrowia w Polsce (4% PKB) należą do najmniejszych w Europie, w tym nawet w Europie Środkowo-Wschodniej. Oczekuje się jednak wzrostu tych wydatków i w znacznej części będzie on przeznaczony na zakup nowej aparatury medycznej, w tym robotów medycznych²³.

²² Zdrowie i ochrona zdrowia w 2017 r., Główny Urząd Statystyczny, Urząd Statystyczny w Krakowie, Warszawa, Kraków 2018

²³ K. KroczeK, Z. Nawrat, Sytuacja na rynku urzędzeń medycznych w Polsce i wybranych państwach UE, Medical Robotics Reports – 6/2017

Dotychczasowy brak refundacji przez NFZ procedur medycznych realizowanych przez roboty medyczne hamował zainteresowanie tego rodzaju urządzeniami w Polsce. Jest to jeden z głównych czynników, który spowalnia rozwój rynku robotów medycznych w Polsce. W 2019 r. oczekuje się zmiany tego stanu. W 2017 r. AOTMiT wydała pozytywną opinię dotyczącą stosowania robota da Vinci w leczeniu chirurgicznym. W konsekwencji tego oczekuje się, że wspomniana wyżej opinia przyczyni się do refundacji przez NFZ leczenia z wykorzystaniem tego urządzenia. Wpłynęło to także na większe zainteresowanie szpitali jego zakupem. Pod koniec 2018 r. działały w Polsce już cztery tego typu roboty, a piąty został zamówiony przez kolejny szpital²⁴.

Mała liczba aktualnie wdrożonych robotów w opiece medycznej, przy dużej liczbie szpitali oraz prognozowanym wzroście wydatków państwa na ochronę zdrowia oraz oczekiwane rozpoczęcie refundowania leczenia z wykorzystaniem robota, powinny korzystnie wpłynąć na zwiększenie zainteresowania i zapotrzebowanie na roboty medyczne w Polsce. Analizując rynek robotów medycznych w Europie można zauważyć, że średnia liczba ludności przypadająca na jednego robota

daVinci w Europie wynosi około 1,2 mln ludzi (np. we Francji jest to około 0,8 mln, a w Czechach 1,5 mln osób). Do osiągnięcia w Polsce takiego wskaźnika, jak np. u naszych południowych sąsiadów, powinno w polskich placówkach łącznie pracować 25 robotów da Vinci, co wymagałoby inwestycji na poziomie 2 mld PLN. Można również spojrzeć na wielkość rynku robotów medycznych od strony wydatków państwa na ochronę zdrowia. W 2016 r. w Polsce była to kwota ponad 82 mld PLN i rośnie ona około 4% rocznie²⁵. W kwocie tej wydatki przeznaczone na urządzenia i wyroby medyczne wynosiły ponad 190 mln PLN (zakup i utrzymanie urządzeń), na sam zakup nowych urządzeń i wyrobów medycznych przeznaczono ponad 50 mln PLN. Nie są to kwoty pozwalające na dynamiczny rozwój robotyki medycznej w Polsce.

Biorąc jednak pod uwagę spodziewane dopuszczenie refundacji procedur medycznych wykonywanych z wykorzystaniem robota da Vinci oraz związane z tym zwiększone zainteresowanie jego zakupem przez szpitale, można spodziewać się wzrostu rynku robotów medycznych w Polsce.

²⁴ Robot da Vinci w Polsce – zastosowanie i dostępność, www.zwrotnikraka.pl, listopad 2018, <https://www.zwrotnikraka.pl/robot-da->

vinci-w-polsce-zastosowanie, (dostęp 25.01.2019)
²⁵ *ibid*

Analiza barier rynkowych

Pierwszą zidentyfikowaną barierą jest kosztochłonność prowadzonych prac nad rozwojem nowych produktów, co jest kluczowym wyzwaniem. Biorąc pod uwagę koszty prowadzenia badań, to minimalny nakład środków finansowych potrzebnych na realizację projektu, w wyniku którego ma powstać prototyp robota chirurgicznego, wynosi około 10 mln PLN²⁶. Podana kwota nie obejmuje kosztów opracowania elementów już istniejących na rynku, a niezbędnych do budowy prototypu, tj. manipulatora wykorzystywanego do zastosowań przemysłowych oraz narzędzi chirurgicznych. W toku prac badawczo-rozwojowych elementy są łączone, narzędzia są dostosowywane do pracy z robotem, a także opracowywane jest oprogramowanie sterujące. Prace związane z certyfikacją robota i dopuszczeniem do operacji chirurgicznych, mogą podnieść łączną wysokość środków finansowych, koniecznych do realizacji projektu, nawet kilkukrotnie. Podobna sytuacja będzie miała miejsce przy wytwarzaniu podzespołów do robotów. Niektóre z nich mogą również wymagać certyfikacji, zwłaszcza do wykorzystania w medycynie, co znacząco wpływa na koszty realizacji takich projektów.

Kolejną barierą jest również duże ryzyko prowadzenia tego typu projektów. Rynek zbytu jest niepewny, a czas od rozpoczęcia projektu do jego wdrożenia jest długi. W przypadku wspomnianej już firmy KB Medical ze Szwajcarii okres od prototypu do komercjalizacji jej produktu wynosił około 6 lat (w 2012 r. firma rozpoczęła proces komercjalizacji opracowanego robota chirurgicznego, natomiast w 2018 r. firma, która przejęła KB Medical wprowadziła tego robota do sprzedaży). Inwestorzy prywatni czy instytucje finansujące, chętniej inwestują w przedsięwzięcia, z których zwrot uzyskiwany jest w ciągu 3–5 lat od inwestycji.

Pewną trudność stanowi również poziom dofinansowania realizowanych projektów, pochodzący ze środków publicznych. Aktualna skala refundacji poniesionych kosztów projektu badawczo-rozwojowego została określona maksymalnie na poziomie około 70% kosztów kwalifikowanych dla badań przemysłowych (dla firm z sektora mikro, małych i średnich przedsiębiorstw) i około 50% dla prac rozwojowych (również dla firm z ww. sektora). Przy dużych kosztach prac związanych z rozwojem robotów medycznych, wysokość wymaganego wkładu własnego stanowi barierę dla polskich przedsiębiorców. Zławszcza, że na rodzimym rynku niewiele jest

z jednym z przedsiębiorstw z województwa mazowieckiego

²⁶ Szacunki autora raportu na podstawie wyceny jednego z projektów, który Instytut Automatyki i Robotyki PW przygotowuje

dużych przedsiębiorstw z odpowiednim zasobem kapitałowym zainteresowanych inwestowaniem w robotykę medyczną.

Brak dedykowanego programu finansowania badań dla tego sektora jest również utrudnieniem w jego rozwoju. Projekty medyczne, droższe, bardziej skomplikowane i dłużej realizowane, konkurują w naborze wniosków o dofinansowanie z innymi inicjatywami, których realizacja często nie jest obciążona tak wysokim ryzykiem, choć również dotyczy działań badawczo-rozwojowych.

Istniejące programy wsparcia nie uwzględniają specyfiki branży robotów medycznych, bo tu kwestią kluczową jest elastyczne podejście instytucji finansującej m.in. w ocenie osiągnięcia poszczególnych kamieni milowych i rezultatów etapów projektu.

Dodatkowo często wskazuje się samą uciążliwość prowadzenia i rozliczania projektów jako czynnik hamujący rozwój. Przygotowanie wniosku przez przedsiębiorcę wymaga już na początku określenia zakresu prac oraz dość precyzyjnego wskazania zapotrzebowania na zakup urządzeń i materiałów niezbędnych do realizacji projektu. Z uwagi na dynamiczny rozwój w obszarach technologicznych powiązanych z robotyką medyczną, istnieje duże prawdopodobieństwo pojawienia się nowych, lepszych rozwiązań, a wtedy realizacja projektu w założonym zakresie może być

niemożliwa. Z jednej strony, pojawienie się nowych rozwiązań może wypierać te starsze z rynku, przez co realizacja projektu w założonej formie przestaje być zasadna. Z drugiej strony, nowe rozwiązania pojawiające się na rynku równolegle, mogą przyspieszyć realizację projektu, pod warunkiem, że zaakceptowana zostanie zmiana w projekcie w stosunku do początkowych założeń. Występowanie o akceptację każdej zmiany generuje obciążenia administracyjne w projekcie, często także opóźnia jego realizację. Oczekiwanie na decyzję instytucji finansującej może w praktyce przesądzić o sukcesie bądź niepowodzeniu projektu, realizowanego w dynamicznie zmieniającym się środowisku.

Barierę rynkową dla polskiej branży robotów medycznych stanowi również brak refundacji w ramach NFZ (lub częściowa refundacja) zabiegów realizowanych przy wykorzystaniu robotów medycznych. Wpływa to negatywnie na decyzje o inwestowaniu w roboty medyczne w placówkach publicznych. Inaczej jest w przypadku placówek prywatnych, gdzie na decyzje o zakupie urządzenia wpływa w głównej mierze zainteresowanie pacjentów zabiegami realizowanymi przy użyciu robota. Nie bez znaczenia pozostaje także kwestia nieufności społeczeństwa do technologii, szczególnie w przypadku

skomplikowanych zabiegów chirurgicznych.

Firmy z branży robotów medycznych, ze względu na ryzyka opisane powyżej

Kluczowi gracze rynkowi i ich produkty

Wśród kluczowych podmiotów rozwijających roboty medyczne w Polsce na pierwszym miejscu należy wymienić Fundację Rozwoju Kardiochirurgii, w której opracowano robota chirurgicznego Robin Heart (Rys. 16). Prace nad nim zostały rozpoczęte w 2000 roku. Do chwili obecnej powstało kilka jego wersji. Najnowszą jest robot toru wizyjnego (do pozycjonowania endoskopu w trakcie zabiegów chirurgicznych) – lekki, walizkowy Robin Heart PortVisionAble²⁷. Poza robotami chirurgicznymi FRK prowadzi również prace dotyczące sztucznych narządów, czego przykładem jest sztuczna komora wspomagająca pracę serca POLVAD.

Poza FRK, tematyką robotów medycznych zajmują się jeszcze inne firmy:

- ACCREA Engineering Poland – opracowująca głównie roboty opiekuńcze i rehabilitacyjne,
- AssisTech – opracowująca roboty wspomagające,

mają dużo mniejszą szansę pozyskania kapitału na rynku komercyjnym, niż np. producenci robotów przemysłowych.

Rysunek 16. Robot chirurgiczny Robin Heart



Źródło: asimo.pl

- EgzoTech, która opracowała robota do neurorehabilitacji Luna EMG,
- Meden-Inmed – producent robotów rehabilitacyjnych Eleveo, Pio, współpracuje również z FRK przy wdrażaniu robota Robin Heart PortVisionAble,
- Quizit – projektująca roboty do wydawania leków, której jednym z flagowych produktów jest system UnitDoseOne – pierwsza polska w pełni zautomatyzowana apteka szpitalna,
- Technomex – pracująca nad technologiami związanymi z robotami rehabilitacyjnymi,
- vBionic – opracowująca roboty wspomagające (w firmie opracowano sztuczną bioniczną dłoń – Rys. 17).

²⁷ Z. Nawrat, Robotyka medyczna w Polsce, Medical Robotics Reports - 1/2012

Rysunek 17. Bioniczna dłoń firmy vBionic



Źródło: www.facebook.com/vbionic

Jednocześnie należy podkreślić, że większość wymienionych przedsiębiorstw nie oferuje własnych produktów na rynku (są one jeszcze w fazie prac badawczych i rozwojowych). Jedynie firmy EgzoTech oraz Meden-Inmed wprowadziły na rynek swoje roboty rehabilitacyjne.

Wśród produktów ww. podmiotów warto bliżej zaprezentować dwa rozwiązania. Sztuczną, bioniczną dłoń firmy vBionic oraz system UnitDoseOne do wydawania leków (Rys. 18). Sztuczna dłoń opracowana przez zespół inżynierski vBionic to m.in. rozwinięcie otwartego japońskiego projektu HACKberry oraz autorskie rozwiązania sterowania dłonią czy poruszania każdym palcem niezależnie²⁸. W jednej z aktualnie rozwijanych wersji, na przedramieniu, w miejscu, w którym znajdują się sploty nerwowe i mięśniowe,

²⁸ Bioniczna ręka. Polski projekt może być przełomem, Business Insider Polska, <https://businessinsider.com.pl/technologie/bioni>

umieszcza się opaskę z czujnikami bezprzewodowo łączącymi się z dłonią. Urządzenie bada napięcie mięśni i w ten sposób steruje palcami. Firma jednak pracuje nad kolejnymi rozwiązaniami, doskonaląc funkcjonalność sztucznej dłoni.

Wspomniany system UnitDoseOne pozwala na wydawanie konkretnych dawek leków konkretnym pacjentom, a także na zarządzanie zapotrzebowaniem na leki oraz zapobiega dostawaniu się leków w niepowołane ręce.

Rysunek 18. System wydający leki UnitDoseOne



Źródło: unitdoseone.com

Omawiając rozwój robotyki medycznej należy podkreślić rolę jednostek naukowych, które prowadzą niezależne projekty B+R lub współpracują m.in. z ww. podmiotami, wspólnie rozwijając także część z opisanych produktów i systemów. Do jednostek naukowych działających w branży robotów medycznych należą m.in:

- Instytut Techniki i Aparatury Medycznej (ITAM) w Zabrze – w ITAM opracowano trzy prototypy

czna-reka-vbionic-polski-startup-szuka-inwestora/0cvqwld, (dostęp 4.01.2019)

- robotów rehabilitacyjnych: ARM-100 (do rehabilitacji kończyn górnych), LEG-100 (do rehabilitacji kończyn dolnych) oraz Dynamizer (do rehabilitacji stawu kolanowego). W Instytucie opracowano również robota IRDiagnostics, do diagnozowania ran oparzeniowych przy pomocy termowizji. Robot powstał we współpracy z zespołem specjalistów Centrum Inżynierii Biomedycznej Politechniki Śląskiej,
- Politechnika Łódzka, Wydział Mechaniczny – wydział współpracuje z FRK, czego efektem były roboty Robin Heart 0, 1 i Vision; na wydziale opracowano samodzielnie model robota Robin Heart 3. Ponadto opracowano tam system wymiennych końcówek narzędziowych do telemanipulatorów chirurgicznych, manipulator pomiarowy do wspomagania operacji ortopedycznych wymiany stawu biodrowego NaviFast 6D oraz robota do badań kolonoskopowych jelita grubego i cienkiego,
 - Politechnika Poznańska, Instytut Automatyki i Robotyki – instytut realizował następujące projekty: ASYSTENT – wielopoziomowy system sterowania manipulatorem do zastosowań w laparoskopii, model robota rehabilitacyjnego (autonomiczna orteza) stawu skokowego, REHAB – kompaktowy przenośny system rehabilitacyjny dla stawu kolanowego, Otos-Robotic – zrobotyzowany system do wspomagania operacji otolaryngologicznych,
 - Politechnika Rzeszowska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Informatyki i Automatyki oraz Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Katedra Mechatroniki i Automatyki – prowadzono wspólne prace nad wieloczołowym robotem ROCH-1 przeznaczonym do wspomagania chirurgii małoinwazyjnej,
 - Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa – wydział współpracował z FRK przy projektach związanych z opracowaniem robota Robin Heart; były również prowadzone prace związane m.in. z robotami chirurgicznymi (sferyczny manipulator równoległy do zastosowań w robocie – telemanipulatorze²⁹),
 - Politechnika Warszawska, Wydział Mechatroniki – realizacja egzozszkieletu w ramach projektu Eco-mobilność,
 - Politechnika Wrocławska, Katedra Cybernetyki i Robotyki na Wydziale Elektroniki – w katedrze realizowano następujące projekty: cybernetyczna ręka K7, robot terapeutyczny (Koala, Frogit) przeznaczony do terapii autyzmu; robot do telediagnostyki medycznej (projekt europejski ReMeDi realizowany wraz z firmą ACCREA),

²⁹ Z. Nawrat, Robotyka medyczna w Polsce, Medical Robotics Reports - 1/2012

- Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP – w instytucie opracowano dwa prototypy robotów rehabilitacyjnych: RENU-1 – system do wspomagania rehabilitacji ruchowej kończyny górnej oraz RENU-2 – system do wspomagania rehabilitacji ruchowej kończyny dolnej.

Obecnie polska firma GP Bionics razem z zespołem z Wydziału Mechatroniki Politechniki Warszawskiej rozpoczynają prace nad autonomicznym robotem chirurgicznym do operacji czaszki. Opracowywane rozwiązania nie mają na celu wykluczenia lekarza z przeprowadzenia procedury medycznej, a jedynie wsparcie go w procesach wymagających niezwyklej precyzji i siły, np. podczas wykonywania operacji cięcia kości czaszki.

Pozostali interesariusze:

- Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju – jest decydem środków dedykowanych na rozwój i innowacje w Polsce, pełni rolę Instytucji Zarządzającej Programem Operacyjnym Innowacyjny Rozwój,
- Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii – jest m. in. odpowiedzialne za monitorowanie Krajowej Inteligentnej Specjalizacji oraz koordynację procesu przedsiębiorczego odkrywania na poziomie krajowym,
- Ministerstwo Zdrowia – odpowiada za regulację rynku usług medycznych, m.in.

określenie listy zabiegów refundowanych,

- Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego – odpowiada za naukę w Polsce, w tym system finansowania uczelni, jednostek naukowych i badawczych,
- Narodowe Centrum Badań i Rozwoju – agencja wykonawcza MNiSW, która m.in. finansuje badania przemysłowe i prace rozwojowe,
- Narodowe Centrum Nauki – agencja wykonawcza MNiSW, która m.in. finansuje badania podstawowe,
- Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości – agencja wykonawcza, podlegająca MPiT, która bierze aktywny udział w tworzeniu i efektywnym wdrażaniu polityki państwa w zakresie przedsiębiorczości i innowacyjności, jest zaangażowana w realizację krajowych i międzynarodowych przedsięwzięć finansowanych ze środków funduszy strukturalnych, budżetu państwa oraz programów wieloletnich Komisji Europejskiej,
- Szpitale i przychodnie – jednostki wykorzystujące urządzenia medyczne,
- Pacjenci – osoby korzystające z opieki zdrowotnej.

Powiązania kooperacyjne

i wydarzenia branżowe

Współpraca różnych jednostek (naukowych, przedsiębiorców i instytucji otoczenia biznesu) odbywa się m.in. na poziomie klastrów branżowych. Wśród klastrów,

w ramach których działają firmy związane z robotyką medyczną wymienić można m.in.: klaster MedSilesia – Śląska Sieć Wyrobów Medycznych, Polski Innowacyjny Klaster Medyczny oraz Lubelska Medycyna – Klaster Usług Medycznych i Prozdrowotnych. Warto tu zwrócić uwagę na opracowaną przez klaster MedSilesia w 2017 r.

propozycję projektu flagowego *Polski Robot Medyczny*. Dokonano w nim przeglądu stanu polskiej robotyki medycznej, wskazując główne powody, dla których powinna być to dziedzina rozwijana w Polsce. Podkreślono, że robotyka medyczna powinna stanowić nowy standard opieki zdrowotnej.

W Polsce aktywne jest także Międzynarodowe Stowarzyszenie na Rzecz Robotyki Medycznej. Zrzesza ono niemal wszystkie główne podmioty zaangażowane w rozwój robotyki medycznej w Polsce. Podmioty należące do tego stowarzyszenia często realizują wspólne projekty.

Istniejące powiązania kooperacyjne nie są wystarczająco silne. Firmy z branży nie zawsze znają inne podmioty działające w obszarze robotyki medycznej w kraju, czy też rozwiązania opracowywane w Polsce. Zauważalny jest jednak wzrost wymiany wiedzy i doświadczeń pomiędzy różnymi podmiotami działającymi w branży, który owocuje nowymi formami

współpracy. Warte uwagi są przykłady współpracy pomiędzy FRK i ITAM, FRK i Politechniką Poznańską, Technomex i ITAM itp.

Najbardziej znanym wydarzeniem branżowym dotyczącym robotyki medycznej jest Międzynarodowa Konferencja Roboty Medycznej, organizowana co roku przez ww. Międzynarodowe Stowarzyszenie na rzecz Robotyki Medycznej i FRK. Konferencja ta ze względu na rangę pełni obecnie rolę kluczowego integratora środowiska związanego z robotyką medyczną.

Ponadto wydarzenia, które zasługują na uwagę to Międzynarodowe Targi Medycyny Fizykalnej i Rehabilitacji oraz SALMED – Międzynarodowe Targi Sprzętu i Wyposażenia Medycznego³⁰. Nie są to wydarzenia dedykowane *stricte* robotyce medycznej, wydaje się, że branża nie osiągnęła wystarczającej dojrzałości, aby uzasadniona była organizacja targów jedynie dla robotów medycznych.

Dodatkowo powstają różne platformy łączące ze sobą świat nauki i biznesu. W przypadku rozwiązań medycznych ciekawą inicjatywą jest np. MEDmeetsTECH³¹. Jest to cykl interdyscyplinarnych wydarzeń, gromadzących lekarzy, naukowców, przedsiębiorców i start-up'y.

³⁰ <https://www.targimedyczne.pl/targi-i-wystawy>, (dostęp 29.03.2019)

³¹ www.medmeetstech.com, (dostęp 23.02.2019)

Analiza cyklu życia produktów

Cykl życia produktów w Polsce zasadniczo nie różni się od tego na rynku globalnym. Dodatkowo na cykl życia produktów można spojrzeć jeszcze z perspektywy księgowej, tzn. amortyzacji. Chcąc określić stawkę amortyzacji dla robotów medycznych należy rozważyć dwie grupy produktów: roboty przemysłowe oraz sprzęt stosowany do hydro- i mechanoterapii (do tej grupy są przypisane urządzenia medyczne). Dla robotów przemysłowych stawka amortyzacyjna wynosi 18%, a dla sprzętu do hydro- i mechano-terapii 25%. W praktyce oznacza to, że przy stawce amortyzacji 25% robot medyczny po 4 latach w całości się zużyje i będzie wart 0 PLN pod względem księgowym. To może oznaczać, że cykl życia robota medycznego wynosi 4 lata (dla 18% – około 5,5 roku). Oszacowany w rozdziale „Charakterystyka rynku globalnego” cykl życia robotów chirurgicznych na 6 lat (okres pojawienia się dwóch kolejnych wersji robota) jest zbliżony z tym wynikającym z amortyzacji środków trwałych. Patrząc jednak na czynnik finansowy, można stwierdzić, że czas wykorzystania robotów medycznych w Polsce będzie nieco dłuższy. Dla robotów chirurgicznych można przyjąć tu okres około 8 lat. Potwierdza to fakt, że pierwszy w Polsce robot chirurgiczny da Vinci jest

wykorzystywany do dzisiaj (zakup w 2010 r.).

Analiza SWOT

Analiza SWOT jest narzędziem służącym do porządkowania i analizy informacji. Jej celem jest wskazanie silnych i słabych stron branży w Polsce oraz tego jak na nią wpływa otoczenie, czyli szans i zagrożenia.

Prace B+R związane z robotyką medyczną są prowadzone w Polsce już prawie 20 lat, a nasza kadra posiada cenne doświadczenie i kompetencje aby realizować projekty B+R w tym obszarze. Jednak o tę doświadczoną kadrę polscy producenci muszą rywalizować z podmiotami zagranicznymi, które mają większe możliwości oferowania znacznie bardziej atrakcyjnego wynagrodzenia. Biorąc pod uwagę złożoność zagadnień w takich projektach, brak jednej osoby reprezentującej daną specjalizację powoduje opóźnienie lub nawet wstrzymuje realizację projektu. Złożoność zagadnień związana z projektami robotycznymi oraz ich multidyscyplinarność sprawia, że rozwój robotyki silnie oddziałuje na poszczególne technologie i produkty, które są wykorzystywane do wytworzenia robota medycznego, co przyczynia się również do rozwoju tych dziedzin. Główną cechą procedur medycznych realizowanych przez roboty jest ich niska inwazyjność

w ciało pacjenta, która wynika z ich precyzji i znacznie zwiększonej funkcjonalności w stosunku do dotychczas stosowanych narzędzi, np. laparoskopów. Pacjent po takim zabiegu szybciej wraca do pełni zdrowia, krócej przebywa w szpitalu, a w konsekwencji szybciej wraca do „normalnego” życia. W przypadku osób pracujących oznacza to, że koszty ponoszone przez państwo związane z wyłączeniem pacjenta z pracy zawodowej są mniejsze. Dla samego pacjenta oznacza to również większe bezpieczeństwo, ponieważ po drugiej stronie robota jest lekarz i to on dokonuje zabiegu, a robot – jako narzędzie eliminuje ewentualne niedoskonałości lekarza, np. drżenie rąk. Określenia wymaga jeszcze prawna odpowiedzialność za skutki ewentualnych błędnych zabiegów z użyciem robotów medycznych. Warto też zwrócić uwagę na wysokie koszty realizacji takich projektów. Wpływa na to m.in. wspomniana już multidyscyplinarność. Przy wysokich kosztach realizacji przedsiębiorcy chętnie sięgają po instrumenty ochrony własności intelektualnej, szczególnie występując o ochronę patentową na swoje rozwiązania. Jednak aby miała ona sens, powinna dotyczyć rynku globalnego, a to generuje dodatkowe koszty.

Polski rynek procedur medycznych jest jeszcze młody. Do tej pory procedury wykonywane przez roboty medyczne nie były refundowane. Zapowiedzi ich

refundacji spowodowały wzrost liczby robotów chirurgicznych w Polsce.

Patrząc na wyniki dokonanej analizy, można stwierdzić, że przy wsparciu publicznym, np. w formie dedykowanego programu dla branży robotów medycznych, polskie podmioty będą mogły konkurować na arenie globalnej, tworząc konkurencyjne (cenowo lub jakościowo) rozwiązania robotyczne w medycynie.

Poniżej zostały wskazane szczegółowe wyniki przeprowadzonej w trakcie SL analizy SWOT, które pozwoliły na poznanie specyfiki tej wyjątkowej branży.

Tabela 1. Analiza SWOT branży robotów medycznych

Silne strony	<ul style="list-style-type: none"> - doświadczona kadra, z dużą wiedzą i doświadczeniem, niezbędnymi w rozwoju technologii; - dobra współpraca między jednostkami naukowymi, a przedsiębiorcami w ramach realizacji wspólnych projektów; - zwiększone bezpieczeństwo pacjenta (realizacja procedur w trybie teleoperacji); - istnienie Polskiego Systemu Certyfikacji – wydolnego systemu, charakteryzującego się relatywnie nieskomplikowanymi procedurami; ponadto wyniki certyfikacji przeprowadzonej w polskich warunkach są uznawane w innych krajach; - multidyscyplinarność branży – rozwój robotyki medycznej wymaga zaangażowania specjalistów wielu różnych dziedzin, często z pozoru nie związanych bezpośrednio z robotyką i automatyką. Oznacza to, że branża wpływa na rozwój technologii wykorzystywanych do budowy robotów medycznych, jak również rozwój tych technologii wywiera wpływa na rozwój technologii robotycznej w medycynie; - robotyka medyczna wpisuje się w Key Enabling Technologies – KET; 	<ul style="list-style-type: none"> - transfer wiedzy do innych dziedzin – zbudowanie na bazie robota medycznego innego, lepszego, niż aktualnie dostępne, np. robota rolniczego; - świadczenie usług, wykonywanych przy użyciu robotów, zagranicznym pacjentom w polskich placówkach medycznych – np. z wykorzystaniem robotów rehabilitacyjnych; - możliwość wprowadzenia dedykowanego finansowania dla robotyki medycznej; - korzyści ekonomiczne wynikające z wykorzystania robotów medycznych – realne korzyści dla pacjenta oraz systemu ubezpieczeń społecznych w związku ze skróceniem czasu rekonwalescencji oraz zmniejszeniem skali powikłań; - niższe koszty pracy związane z wykorzystaniem robotów medycznych usprawniających pracę ludzką; - wygasające patenty innych producentów – pierwsze roboty medyczne pojawiły się już ponad 20 lat temu, w związku z tym zakończyła się lub kończy się niedługo ochrona patentowa wykorzystanych w nich rozwiązań; - dostępność nowych produktów, technologii potrzebnych do rozwoju robotyki medycznej; - dostęp do wspólnego rynku w ramach Unii Europejskiej; 	Szanse
Słabe strony	<ul style="list-style-type: none"> - rywalizacja o kadry między polskimi i zagranicznymi firmami, z czego wynika też wysoki koszt zatrudnienia niezbędnych specjalistów; - młody rynek w Polsce, niska świadomość zapotrzebowania na roboty medyczne; - brak refundacji procedur medycznych przez NFZ; - mała liczba wdrożeń po stronie naukowej, brak komercjalizacji projektów naukowych; - złożoność potrzebnych kompetencji zespołu w realizacji projektów – utrata osoby z zespołu może skutkować wstrzymaniem projektu; - stopień specjalizacji produktów – roboty medyczne dedykowane są jednej procedurze medycznej; - wysokie koszty opracowania rozwiązań robotycznych; - długi czas i wysokie koszty certyfikacji (urzędzeń i przedsiębiorstw); - brak wystarczająco zaawansowanej infrastruktury badawczej w polskich jednostkach naukowych; 	<ul style="list-style-type: none"> - bariera psychologiczna i stereotypy związane z poddaniem się zabiegom prowadzonym przez roboty; - regulacje prawne – brak określenia prawnego czym jest robot i kto ponosi odpowiedzialność za jego ewentualne błędy/ lekarz czy producent robota - mała liczba polskich firm gotowych m.in. do wniesienia wkładu własnego w projektach współfinansowanych ze środków UE: - biurokracja związana z finansowaniem publicznym projektów B+R (sztywność procedur oraz terminów vs wysoka nieprzewidywalność projektów związanych z robotyką medyczną); - ustawa Nauka 2.0 – niepewność kierunku rozwoju uczelni oraz brak wskazania robotyki jako dyscypliny naukowej; 	Wyzwania

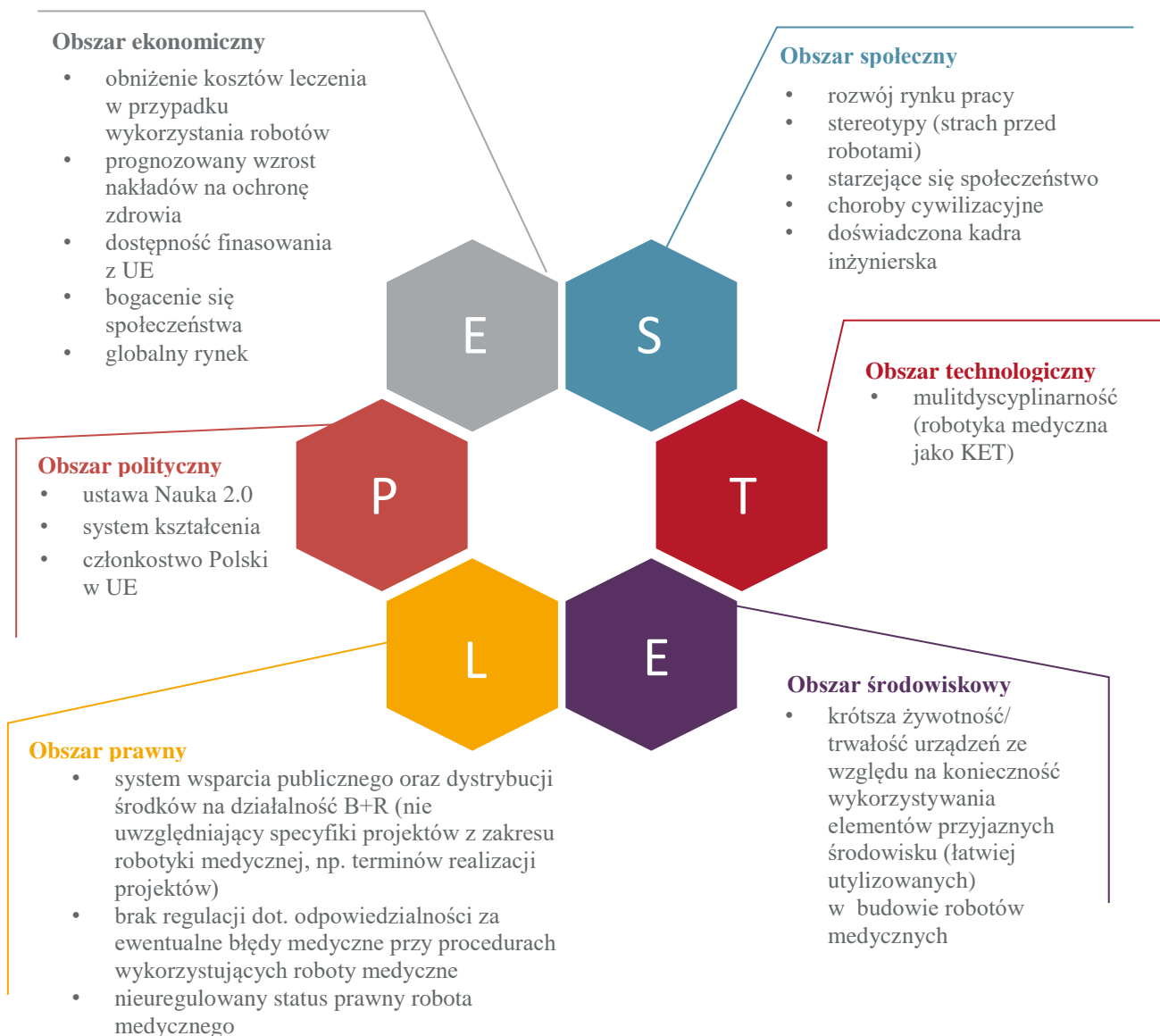
Źródło: opracowanie własne

Analiza PESTEL

Analiza PESTEL ma na celu ocenę otoczenia makroekonomicznego przedsiębiorstwa. Jest ona pomocna przy podejmowaniu wielu strategicznych decyzji dotyczących przedsiębiorstwa. Pomaga analizować zmiany polityczne, ekonomiczne, kulturalno-społeczne, technologiczne,

środowiskowe oraz prawne. Dzięki temu pozwala dostrzec szeroki kontekst zmian, które wpływają na funkcjonowanie podmiotów w branży. Najważniejsze czynniki oddziałujące na robotykę medyczną w Polsce przedstawia poniższe zestawienie:

Rysunek 19. Analiza PESTEL branży robotów medycznych



Źródło: opracowanie własne

Podsumowując powyższą analizę można stwierdzić, że większość czynników otoczenia robotyki medycznej wpływa na nią pozytywnie. Wymienione czynniki ekonomiczne pokazują, że wykorzystanie robotów medycznych obniża koszty leczenia, co w przypadku bogacącego się społeczeństwa zwiększa możliwość skorzystania z procedur medycznych dokonywanych przy pomocy robotów przez większe grono osób. Zapotrzebowanie na tego typu usługi będzie zatem rosło, co będzie miało proste przełożenie na wzrost popytu na same rozwiązania robotyczne w tym obszarze. Kolejne argumenty świadczące o potencjale rozwojowym branży to takie zjawiska społeczne, jak starzejące się społeczeństwo i nasilenie występowania chorób cywilizacyjnych, wpływające na wzrost grona pacjentów zainteresowanych procedurami medycznymi z użyciem robotów, jednocześnie tworzące przestrzeń do rozwoju robotów opiekuńczych i społecznych.

Rozwój technologiczny branży oraz praca nad innowacyjnymi technologiami możliwe są dzięki dostępowi do doświadczonej, multidyscyplinarnej kadry inżynierskiej. Jedyne niepewność w szkolnictwie wyższym związana z wprowadzaniem tzw. Ustawy Nauka 2.0³², na nowo definiującej status nauki

i polskich uczelni oraz zidentyfikowane czynniki środowiskowe mogą w pewien sposób obniżyć atrakcyjność działań w tym obszarze. Mając na uwadze czynniki środowiskowe mówimy o zapotrzebowaniu robotów na energię elektryczną oraz konieczność stosowania do budowy robotów materiałów przyjaznych środowisku, które nie zawsze są odporne na zużycie. Może to skutkować obniżeniem trwałości elementów wykonanych z ww. materiałów i w rezultacie także całego urządzenia (krótszy cykl życia produktu).

Bilansując pozytywne aspekty i trudności, przed jakimi stoją podmioty działające w branży, można uznać, że uwarunkowania zewnętrzne sprzyjają dynamicznemu rozwojowi branży robotów medycznych w Polsce.

Przegląd dostępnych źródeł wsparcia niekomercyjnego

Finansowanie publiczne działalności badawczo – rozwojowej firm działających w branży robotów medycznych stanowi istotny czynnik budowania przewag konkurencyjnych na rynku globalnym. Wynika to przede wszystkim ze zidentyfikowanych barier rynkowych oraz specyfiki działalności. Firmy mają ograniczony dostęp do alternatywnych form finansowania

³² Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1668), ustawa z dnia 20 lipca 2018 r.

planowanych przedsięwzięć, m.in. w postaci: środków własnych, środków pochodzących od inwestorów prywatnych, czy wreszcie kredytów/ pożyczek udzielanych przez sektor prywatny.

Wsparcie niekomercyjne udzielane jest bezpośrednio przez KE (która zgodnie z Komunikatem KE „Europa 2020. Strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu” oraz założeniami projektu przewodniego „Unia Innowacji” na rzecz poprawy warunków ramowych i dostępu do finansowania badań i innowacji dofinansowuje działalność badawczą i rozwojową europejskich przedsiębiorstw), jak i przez polskie instytucje krajowe, czy regionalne. Poniżej wymieniono instytucje oferujące wsparcie publiczne wraz z przedstawieniem przykładowych, wybranych form wsparcia projektów badawczo-rozwojowych (katalog ten nie wyczerpuje wszystkich możliwych instrumentów wsparcia ze środków publicznych):

1. Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju – Program Operacyjny Inteligentny Rozwój:
 - Wsparcie inwestycji w infrastrukturę B+R przedsiębiorstw (Działanie 2.1 POIR)
2. Narodowe Centrum Badań i Rozwoju – Program Operacyjny Inteligentny Rozwój:
 - Szybka Ścieżka (Poddziałanie 1.1.1 POIR)

- Programy Sektorowe (Działanie 1.2 POIR)
 - Prace B+R finansowane z udziałem funduszy kapitałowych (Działania 1.3 POIR)
 - Badania naukowe i prace rozwojowe (Działanie 4.1)
3. Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości – Program Operacyjny Inteligentny Rozwój:
 - Bon na innowacje (Poddziałanie 2.3.2 POIR)
 - Ochrona własności przemysłowej (Poddziałanie 2.3.4 POIR)
 - Badania na rynek (Poddziałanie 3.2.1 POIR)
 4. Bank Gospodarstwa Krajowego – Program Operacyjny Inteligentny Rozwój:
 - Kredyt na innowacje technologiczne (Poddziałanie 3.2.2 POIR)
 5. PFR Ventures – dystrybuujący środki pochodzące z funduszy unijnych, przeznaczone na wsparcie start-up’ów poprzez inkubację, seed capital, venture capital itp. Przykładowymi działaniami są:
 - „Inwestycje w innowacyjne start-upy – Starter” (poddziałanie 3.1.1 POIR)
 - „Inwestycje grupowe aniołów biznesu w MŚP – BizNest” (poddziałanie 3.1.2 POIR)
 - „KOFFI – Konkurencyjny Ogólnopolski Fundusz Funduszy Innowacyjnych” (poddziałanie 3.1.4 POIR)
 - „Otwarte innowacje – wspieranie transferu technologii” (działanie 2.2 POIR)
 - „Publiczno-prywatne wsparcie prowadzenia prac badawczo-rozwojowych z udziałem funduszy kapitałowych – BRIDGE VC” (poddziałanie 1.3.2 POIR)

6. Urzędy Marszałkowskie – Regionalne Programy Operacyjne:
 - Działalność B+R przedsiębiorstw
 - Działalność B+R jednostek naukowych
 - Innowacje MŚP

Informacje dostępne na stronach internetowych poszczególnych UM wskazują, że jedynie Województwo Mazowieckie nie planuje w 2019 r. naborów, którymi mogłyby być zainteresowane firmy rozwijające roboty medyczne, pozostałe województwa nadal dysponują dostępnymi środkami i zaplanowały ich dystrybucję w procedurach konkursowych. Rozkład RIS wskazuje, że największe szanse na uzyskanie wsparcia mają podmioty funkcjonujące w województwach: dolnośląskim, kujawsko-pomorskim, lubelskim, łódzkim, podkarpackim, śląskim, wielkopolskim i zachodniopomorskim³³. Z analizy dostępnych źródeł wsparcia wynika, że aktualnie przedsiębiorcom oferuje się dość szeroki wachlarz możliwości uzyskania dofinansowania niekomercyjnego na projekty B+R. Istnieje relatywnie dużo różnych źródeł wsparcia niekomercyjnego pozwalających na uzyskanie dofinansowania planowanych projektów. Jednak fakt istnienia znacznej liczby programów, poziomów

dystrybucji środków oraz instytucji przyznających środki finansowe może powodować trudności we właściwym zidentyfikowaniu najbardziej adekwatnego programu. Ma to szczególne znaczenie w przypadku projektów z zakresu robotyki medycznej, ponieważ są to inicjatywy o złożonych zakresach, multidyscyplinarne. Dotychczas robotyce medycznej nie dedykowano odrębnego programu sektorowego. Dodatkowo, w przypadku środków dystrybuowanych na poziomie regionalnym, warunki udziału w poszczególnych konkursach często nie przystają do potrzeb firm specjalizujących się w szeroko pojętej robotyce medycznej. Wynika to przede wszystkim z ograniczeń kwotowych dotyczących wysokości kosztów kwalifikowanych, a tym samym dofinansowania, które są zbyt niskie w stosunku do wielkości inicjatywy, a tym samym poziomu projektowych wydatków w robotyce medycznej. Powyższe sugeruje zasadność utworzenia dedykowanego programu sektorowego dla robotyki medycznej, który odpowiadałby na jej najważniejsze potrzeby, i który uwzględniałby specyfikę prowadzenia branżowych projektów.

³³ Województwa, w których siedziby mają uczestnicy SL, a jednocześnie robotyka

medyczna wpisuje się w RIS, a regiony nadal dysponują środkami w ramach RPO



Potencjał rozwojowy branży robotów medycznych w perspektywie 10 lat

Biorąc pod uwagę aktualne trendy światowe można postawić tezę, iż prace prowadzone w perspektywie najbliższych 10 lat powinny skupiać się na zwiększeniu samodzielności/autonomiczności robotów medycznych. Praca robota medycznego niezależnie od człowieka – bez wsparcia, czy też sterowania przez człowieka – jest jak najbardziej pożądana i tak naprawdę tego oczekuje się od robota (wynika to nawet z jego definicji). Możliwe jest to zarówno w przypadku robotów chirurgicznych, jak i robotów rehabilitacyjnych oraz wszelkich robotów mobilnych (opiekuńczych, ratunkowych, transportowych itp.) Dodatkowo za zwiększaniem autonomiczności robotów medycznych przemawia fakt, że opracowane rozwiązania mogą być z powodzeniem stosowane w innych robotach – do zwiększenia autonomiczności robotów społecznych, czy też mobilnych robotów transportowych wykorzystywanych w przemysłowych liniach produkcyjnych.

Autonomiczność robota medycznego i robota przemysłowego różni się na etapie docelowego zastosowania w konkretnym produkcie, jednak algorytmy sterujące ich poruszaniem, zachowaniem we wspólnej przestrzeni z ludźmi etc. są takie same lub bardzo zbliżone. Przykładowo rozwój algorytmów nawigacji robotów medycznych może z powodzeniem być zastosowany do rozwoju algorytmów nawigacji dla innych robotów mobilnych.

Poszukując perspektywicznych kierunków rozwoju robotyki medycznej w Polsce należy spojrzeć na roboty medyczne ogólnie, zastanowić się z jakich elementów składowych są zbudowane oraz określić, w których obszarach mamy doświadczenie i potencjał (np. naukowy), które składają się na szansę uzyskania przewagi konkurencyjnej w stosunku do rozwiązań istniejących na innych rynkach. W zasadzie na każdy robot, niezależnie od zastosowania, składa się jego konstrukcja mechaniczna, układ

sterowania, układ sensoryczny, narzędzia robota oraz interfejs użytkownika. W przypadku konstrukcji robota szczególnie ważną rolę odgrywają materiały, które zostały wykorzystane do jego budowy. Sensory zbierają informacje o otoczeniu robota, a za pomocą narzędzi (efektorów) robot oddziałuje na to otoczenie. Interfejs użytkownika służy natomiast do komunikacji człowieka z robotem, przy

czym wyróżniamy tu interfejsy HMI lub HRI. Układ sterowania kontroluje całość funkcji robota. Może się opierać o jeden sterownik lub posiadać kilka sterowników odpowiedzialnych za różne funkcje – w tym jeden główny. Poniżej wyszczególniono obszary technologiczne, które wiążą się z poszczególnymi elementami składowymi robota medycznego.

Tabela 2. Obszary technologiczne powiązane z robotami medycznymi

Robot medyczny	
Konstrukcja	Materiały
Odbieranie otoczenia	Sensory Systemy wizyjne
Oddziaływanie na otoczenie	Efektory robotów: - wizyjne - mechaniczne
Komunikacja z otoczeniem	Interfejsy HRI/ HMI
Sterowanie	Nawigacja robotów Sterowanie/ pozycjonowanie Sztuczna inteligencja Przetwarzanie danych, w tym tzw. Big Data

Źródło: opracowanie własne

Spośród wymienionych obszarów, rozwój szeroko rozumianego IT jest najbardziej dynamiczny i jest najlepiej postrzegany także zagranicą. Polscy studenci wygrywają międzynarodowe konkursy programistyczne^{34, 35}, a programiści są wysoce cenionymi specjalistami w środowisku

międzynarodowym³⁶. Dlatego rozwój obszarów powiązanych z technikami informacyjnymi, gdzie mogą powstać komponenty do robotów medycznych wpływające na ich rozwój w skali globalnej, można uznać za najbardziej obiecujący. Za rozwojem robotyki medycznej w tym obszarze przemawia

³⁴ <https://www.money.pl/gospodarka/studenci-z-uw-wygrali-po-raz-kolejny-6278078507845249a.html?amp=1>, (dostęp 4.02.2019)

³⁵ <https://natemat.pl/25101,polak-wygral-google-code-jam-jakub-pachocki-pokonal->

kilkadziesiąt-tysięcy-konkurentow-w-nagrodę-odwiedzi-kwatere-firmy, (dostęp 4.02.2019)

³⁶ <https://www.rp.pl/Rynek-pracy/306139865-Miedzynarodowe-koncerny-nakrecaja-rynek-pracy-dla-polskich-programistow-i-specjalistow-IT.html>, (dostęp 04.02.2019)

również dostępność różnych typów robotów, które zostały opracowane w polskich przedsiębiorstwach oraz jednostkach naukowych. Mogą one stanowić bazę do dalszych prac rozwojowych nad opracowanymi rozwiązaniami.

Z uwagi na ogromne doświadczenie i know-how polskich podmiotów w dziedzinach związanych z szerokokorozumianymi technikami informacyjnymi, obszary technologiczne powiązane z nimi zostały wskazane jako te, które przy odpowiednim wsparciu, mają duży potencjał, by stać się polskimi specjalizacjami³⁷. Zaliczamy do nich:

- **technologie IT** – algorytmy sterowania, sztuczną inteligencję, przetwarzanie danych, algorytmy nawigacji oraz interfejsy HMI/HRI,
- **systemy wizyjne** – narzędzia optyczne dla robotów, ale również algorytmy przetwarzania i analizy obrazu (włączono tu także algorytmy, gdyż są one specyficzne dla systemów wizyjnych i trudno je rozwijać w oderwaniu od części sprzętowej),
- **sensorykę** – zarówno czujniki, jak i metody pomiarowe.

Mając na uwadze wskazane wcześniej trendy w robotyce medycznej – oczekiwane zwiększenie autonomiczności robotów,

wykorzystania sztucznej inteligencji czy też rozszerzenia wykorzystania istniejących robotów na nowe procedury medyczne (np. operowanie innych schorzeń) – nie sposób nie zauważyć, że wiążą się one w głównej mierze z rozwojem algorytmów i oprogramowania, wykorzystywanych do sterowania i kontroli robotów medycznych. Dlatego to w rozwoju technik informacyjnych dla robotyki medycznej realnie można upatrywać polskiej specjalizacji. Natomiast obszary systemów wizyjnych oraz sensoryki są z obszarem IT powiązane – oprogramowanie jest jednym z elementów zarówno systemów wizyjnych, jak i sensorycznych. W BTR zostaną omówione jako oddzielne obszary, ze względu na ściśle powiązanie algorytmów z konkretnymi urządzeniami: w systemach wizyjnych z kamerami, a w sensoryce z czujnikami.

Zaproponowane w kolejnej części raportu scenariusze rozwoju dotyczą wybranych obszarów w perspektywie 5 lat. Natomiast wydaje się, że efekt globalny będzie można zaobserwować właśnie w perspektywie 10 lat od uruchomienia programów wsparcia. Realizacja działań zaproponowanych w scenariuszach, pozwoli na opracowanie gotowych produktów lub komponentów do robotów dostępnych na rynku polskim. W kolejnych latach

³⁷ Wybór dokonany wspólnie z uczestnikami spotkań Smart Lab

będzie można podjąć kroki mające na celu wdrożenie wypracowanych rozwiązań na rynki globalne. Wynika to w dużej mierze z konieczności uzyskania dodatkowych certyfikatów dla urzędów, honorowanych w poszczególnych krajach, co wydłuża czas dostarczenia produktów na rynki zagraniczne.



Program rozwoju dla branży robotów medycznych w zakresie technik informacyjnych, systemów wizyjnych i sensoryki w perspektywie 5 lat

Scenariusze rozwoju

Z przedstawionej wcześniej analizy rynku robotów medycznych w Polsce wynika kilka oczywistych faktów, które są mocnymi stronami branży. Zaliczamy do nich m.in. wieloletnie doświadczenie polskich jednostek w pracy nad robotami medycznymi, opracowanie kilku, czy nawet kilkunastu robotów medycznych (chirurgicznych, rehabilitacyjnych oraz tzw. społecznych/ opiekuńczych). Z drugiej strony liczba robotów, które są gotowymi produktami dostępnymi na rynku, jest niewielka. Dlatego mając na względzie trendy światowe mówiące o perspektywiczności branży oraz trudności w prowadzeniu projektów B+R w tym obszarze, przeznaczenie środków publicznych na ten cel wydaje

się zasadne. W rozważaniach o rozwoju branży w perspektywie 10-letniej wyróżniono trzy obszary, których potencjał rozwojowy w Polsce jest szczególnie duży, a jednocześnie osiągalny przy określonych nakładach. Poniżej zaproponowano scenariusze ich rozwoju. Budżet potrzebny do skutecznego wsparcia robotyki medycznej w przedstawionym zakresie został oszacowany na 1403,50 mln PLN, w tym środki publiczne – 816,45 mln PLN i środki prywatne – 587,05 mln PLN.

Scenariusz rozwoju obszaru: Techniki informacyjne

Techniki informacyjne zostały uznane za główny obszar, w którym może rozwijać się robotyka medyczna w Polsce. Co prawda działania jedynie w ramach tego obszaru nie sprawią, że powstanie kompletny robot medyczny, ale są niezbędne do jego prawidłowego działania. Jak pokazano powyżej (Tabela 2), oprogramowanie i różne algorytmy w nim wykorzystywane odpowiadają za takie czynności robota jak: sterowanie pracą robota i poszczególnych jego podzespołów, analizę informacji pozyskanej z zewnątrz, komunikację z personelem i użytkownikiem. Są to główne funkcjonalności, których rozwój sprawi, że robot będzie pracował jeszcze lepiej i dokładniej.

Zadania dla tego obszaru podzielono na trzy etapy. Poniżej przedstawiono działania, które powinny być zrealizowane w tych etapach.

Etap przygotowawczy przede wszystkim ma na celu opracowanie standardu dla osób zajmujących się tworzeniem oprogramowania dla robotów medycznych. Przygotowanie standardu pozwoli zapoznać się z wytycznymi dotyczącymi tworzonego oprogramowania dla robotów medycznych. Pozyskanie ugruntowanej wiedzy i kompetencji w tym zakresie będzie w szczególności pomocne dla programistów niezajmujących się do tej pory urządzeniami medycznymi,

zwłaszcza w perspektywie przyszłej certyfikacji urządzeń. Pomoże to uniknąć niepotrzebnego nakładu pracy związanego z weryfikacją oprogramowania oraz przyczyni się do rozwijania projektów dedykowanych robotom medycznym przez zespoły niezajmujące się do tej pory tą tematyką. Kolejnym celem tego etapu jest opracowanie koncepcji komunikacji i wymiany danych pomiędzy powstałymi systemami oraz metod ich prototypowania. Pozwoli to w przyszłości na łatwiejszą integrację różnych systemów. Ostatnie działanie dotyczy opracowania zasad współpracy człowiek – robot. Roboty medyczne będą działać we wspólnej przestrzeni z różnymi osobami: dziećmi, osoby starsze, personel medyczny czy pacjenci szpitalni. Określenie sposobów zachowania robotów medycznych dedykowanych do przebywania z ludźmi (np. roboty opiekuńcze) jest fazą wyjściową do opracowania systemów nawigacji tych robotów. Budżet pojedynczego projektu realizowanego w tym etapie wynosi około 0,5 mln PLN. W ramach pierwszego i drugiego działania etapu pierwszego przewiduje się dwa projekty – po jednym w każdym działaniu. Projekty te będą realizowane przez instytucje otoczenia biznesu we współpracy z jednostkami naukowymi i przedsiębiorcami. W przypadku trzeciego działania projektów może być

kilka, nie więcej niż 5 (przy takim samym budżecie pojedynczego projektu, jak dla dwóch pierwszych działań).

Kolejny etap dotyczy opracowania algorytmów (np. nawigacji) oraz interfejsów komunikacji z użytkownikiem/ operatorem, tzw. HMI. Jako przykład mogą posłużyć roboty rehabilitacyjne. Systematyczne wykonywanie ćwiczeń decyduje o skuteczności procesu rehabilitacji. W celu jej poprawy warto jest opracować interfejsy, które będą angażowały pacjenta w proces rehabilitacji, wykorzystywały np. techniki z gier komputerowych. Dodatkowo kontrola tego procesu przez oprogramowanie, uczenie się stanu pacjenta (przez robota) i dostosowywanie ćwiczeń do jego aktualnych możliwości fizycznych, reagowanie na zmiany tych możliwości oraz zbieranie danych o postępie ćwiczeń i raportowanie o tym postępie do lekarza prowadzącego, pozwoli efektywniej prowadzić rehabilitację danego pacjenta. Z drugiej strony kluczowe jest również opracowanie interfejsów przyjaznych obsłudze, wspierających w poprawnej konfiguracji sprzętu oraz dokonywaniu właściwych ustawień dla poszczególnych pacjentów.

Kolejne działania w tym etapie związane są z opracowaniem nawigacji robotów, czy też ich pozycjonowania. Istotne jest odpowiednie sterowanie

robotem, tak, aby wykonał swoje zadanie poprawnie, po odpowiedniej trajektorii. Do tego potrzebne są odpowiednie algorytmy sterowania/ pozycjonowania, a w przypadku robotów mobilnych – nawigacji. Dodatkowo dostosowanie sposobu poruszania robota względem zidentyfikowanej grupy ludzi, przy wykorzystaniu opracowanych wcześniej zasad współpracy robota z człowiekiem spowoduje, że robot będzie akceptowany, jego zachowanie nie będzie budziło lęku wśród ludzi. Uwzględnić tu należy również rozwijane obecnie techniki wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości, których wykorzystanie pozwoli na opracowanie algorytmów na rzecz wspomaganie planowania i przeprowadzania operacji. Tak opracowane algorytmy będą wykorzystane w dalszej kolejności do opracowania systemu wirtualnej sali operacyjnej służącej do szkolenia operatorów robotów medycznych.

Mówiąc o rozwoju algorytmów oraz o polskich sukcesach w rozwijaniu druku 3D, warto rozważyć wsparcie tego obszaru poprzez rozwój algorytmów dedykowanych dla drukarek 3D, które będą dedykowane dla robotyki medycznej. Druk 3D pozwala tworzyć elementy o kształtach i wymiarach nieosiągalnych lub trudno osiągalnych dla tradycyjnych metod wytwarzania. Dlatego rozwój algorytmów sterowania dla druku 3D jest ważny. Wykorzystanie

opracowanych algorytmów w kolejnych generacjach drukarek 3D pozwoli na ich zastosowanie na poszczególnych etapach realizacji scenariuszy rozwoju.

Średni budżet pojedynczego projektu realizowanego w tym etapie wynosi 8 mln PLN. W ramach czterech działań w tym etapie przewiduje się w sumie około 30 projektów. Projekty te będą realizowane przez przedsiębiorców lub konsorcja przedsiębiorców z jednostkami naukowymi.

Trzeci etap to integracja opracowanych algorytmów z robotami, ich testowanie oraz wsparcie certyfikacji robotów wykorzystujących opracowane systemy. Dla projektów realizowanych w tym etapie (przewiduje się w sumie 14 projektów) średni budżet pojedynczego projektu wynosi około 10 mln PLN. Projekty te będą realizowane głównie przez przedsiębiorców lub konsorcja przedsiębiorców z jednostkami naukowymi.

Etap 1 – Przygotowawczy

Całkowity budżet etapu 1 wynosi 3,5 mln PLN. Etap 1 zakończy się opracowaniem standardu kompetencji dla osób tworzących oprogramowanie dla robotów medycznych wynikających

z norm i przepisów regulujących ten obszar. Ponadto zostaną określone standardy komunikacji dla robotów medycznych oraz zasady współpracy człowieka z robotem.

<i>Działania, które zostaną przeprowadzone:</i>	<i>Czas trwania działania</i>	<i>Szacowany budżet</i>
<p>Kompetencje – niezbędne jest określenie standardu kompetencji dla osób zajmujących się tworzeniem oprogramowania dedykowanego robotom medycznym. Wymagania związane z normami dotyczącymi sprzętu medycznego określają również wymagania odnośnie oprogramowania zastosowanego w tych urządzeniach.</p> <p><i>Projekty dedykowane instytucjom otoczenia biznesu</i></p> <p>Osiągnięty punkt kontrolny: opracowanie certyfikacji (standardu kompetencji) dla programistów</p> <p>Działanie następane: prace związane z opracowaniem oprogramowania: interfejsów, systemu nawigacji</p>	1 rok	0,5 mln PLN (w tym środki publiczne: 90%)
<p>Systemy – opracowanie koncepcji systemów informatycznych dla robotów medycznych. Koncepcja ma zawierać wymagania co do sposobu komunikacji pomiędzy systemami – wybór protokołu komunikacji, wymiany danych. Ułatwi to w przyszłości integrację różnych części oprogramowania w jeden system, zaoszczędzi czas potrzebny na ujednoczenie wymagań na etapie integracji. Ułatwi</p>	1 rok	0,5 mln PLN (w tym środki publiczne: 50%)

również opracowywanie części sprzętowej, na której oprogramowanie miałyby być uruchamiane.

Projekty dedykowane konsorcjum złożonemu z jednostek naukowych i przedsiębiorców

Osiągnięty punkt kontrolny: koncepcja systemów informatycznych dla robotów medycznych

Działanie następane: prace związane z opracowaniem oprogramowania: interfejsów, systemu nawigacji

Określenie zasad współpracy robot – człowiek – roboty jako urządzenia wchodzące w interakcje z człowiekiem muszą w odpowiedni sposób poruszać się wśród ludzi, aby nie wzbudzać w nich negatywnych emocji („zachowanie” robota niezgodne z oczekiwaniami człowieka może budzić w nim lęk wobec robota i niechęć do współpracy z nim). Dlatego należy przeprowadzić badania dotyczące opracowania zasad współpracy robota z człowiekiem. Dotyczy to różnych grup ludzi: osoby starsze, dzieci, pacjenci szpitalni czy personel medyczny. Opracowanie tych zasad pozwoli na lepsze dostosowanie zachowania robota do środowiska w jakim się znajduje i zwiększy akceptację robotów wśród ludzi.

1 rok

2,5 mln PLN
(w tym środki publiczne: 50%)

Projekty dedykowane jednostkom naukowym lub konsorcjom jednostek naukowych z przedsiębiorcami

Osiągnięty punkt kontrolny: opracowanie definiujące wytyczne dla oprogramowania

Działanie następane: prace związane z opracowaniem oprogramowania: interfejsów, systemu nawigacji

Etap 2 – Rozwój algorytmów

Całkowity budżet etapu 2 wynosi 240 mln PLN. Etap zakończy się opracowaniem interfejsów dla użytkowników robotów: personelu medycznego, w tym operatorów urządzeń oraz pacjentów – kontakt użytkownika z robotem wymaga odpowiedniego interfejsu do komunikacji. Opracowane zostaną również algorytmy związane z nawigacją robotów, m.in. w środowisku szpitalnym, jak i domowym, które będzie dostosowane do zadań realizowanych przez roboty. Rozwijane będą algorytmy sterowania dedykowane drukarkom 3D.

Na tym etapie zostaną wykorzystane wytyczne dotyczące oprogramowania i systemów oraz zasady współpracy robota z człowiekiem, opracowane na etapie 1.

<i>Działania, które zostaną przeprowadzone:</i>	<i>Czas trwania działania</i>	<i>Szacowany budżet</i>
<p><u>Opracowanie interfejsów dla personelu medycznego</u> – personel medyczny/ operator to pierwsze osoby mające kontakt z robotami, odpowiadają za ich konfigurację oraz parametryzację procesu, który obsługuje robot, np. dostosowanie ćwiczeń rehabilitacyjnych do konkretnego pacjenta. W ramach etapu zostaną opracowane interfejsy użytkownika dedykowane operatorowi, wspierające proces szkolenia w zakresie obsługi robota oraz pracę operatora poprzez zautomatyzowanie procedury konfiguracji. Można tu zastosować współcześnie wykorzystywane techniki, takie jak: rozpoznawanie głosu, rzeczywistość wirtualna, rzeczywistość rozszerzona.</p> <p><i>Projekty dedykowane przedsiębiorcom lub konsorcjom przedsiębiorców z jednostkami naukowymi</i></p> <p>Osiągnięty punkt kontrolny: interfejsy użytkownika dla operatora</p> <p>Działanie następane: prace związane z integracją systemów</p>	2 lata	56 mln PLN (w tym środki publiczne: 70%)
<p><u>Opracowanie interfejsów dla pacjenta</u> – celem tego działania jest opracowanie interfejsów użytkownika dla pacjenta. Interfejsy te powinny zachęcać pacjenta do czynnego kontaktu z robotem, zwłaszcza w przypadku robotów rehabilitacyjnych czy opiekuńczych, np. rehabilitacja jako wyzwanie/ gra – wykorzystanie technik growych czy elementów gier komputerowych jako zachęta do aktywnych ćwiczeń. Dodatkowo wykorzystanie algorytmów „uczenia się” pacjenta przez robota (zbierania danych) oraz śledzenia rzeczywistych postępów w rekonwalescencji/ rehabilitacji w stosunku do celów określonych przez terapeutę.</p> <p><i>Projekty dedykowane przedsiębiorcom lub konsorcjom przedsiębiorców z jednostkami naukowymi</i></p> <p>Osiągnięty punkt kontrolny: interfejsy użytkownika dla pacjenta</p> <p>Działanie następane: prace związane z integracją systemów</p>	2 lata	80 mln PLN (w tym środki publiczne: 70%)
<p><u>Opracowanie algorytmów nawigacji/ pozycjonowania</u> – nawigacja/ pozycjonowanie robotów pozwala realizować przemieszczenie robota we właściwy sposób, np. minimalizując drogę lub zużycie energii. Celem tego działania jest opracowanie algorytmów nawigacji/ pozycjonowania robotów, które pozwolą dostosowywać zasady przemieszczenia robota w zależności od środowiska, w którym robot się znajduje, wykorzystując opracowane we wcześniejszym zadaniu zasady współpracy robota z człowiekiem. Zakres realizowanych projektów obejmie również opracowanie algorytmów pozycjonowania narzędzi robota, np. narzędzi chirurgicznych. Wykorzystane zostaną m.in. metody sztucznej inteligencji i analiza danych Big Data, które pozwolą na poprawę dokładności pozycjonowania. Dodatkowo przewiduje się tu wykorzystanie technik wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości dla rozwoju algorytmów dedykowanych wsparciu planowania i przeprowadzania operacji.</p>	2 lata	80 mln PLN (w tym środki publiczne: 70%)

Projekty dedykowane przedsiębiorcom lub konsorcjom przedsiębiorców z jednostkami naukowymi

Osiągnięty punkt kontrolny: algorytmy nawigacji i pozycjonowania

Działanie następane: integracja algorytmów nawigacji z robotami

Rozwój algorytmów sterowania dla druku 3D – opracowanie algorytmów sterowania dla drukarek 3D, które pozwolą na bezpośrednie wytwarzanie elementów dla robotów medycznych, uwzględniające m.in. nowe materiały dedykowane robotom medycznym.

2 lata

24 mln PLN
(w tym środki publiczne: 70%)

Projekty dedykowane przedsiębiorcom lub konsorcjom przedsiębiorców z jednostkami naukowymi

Osiągnięty punkt kontrolny: algorytmy sterowania drukarkami 3D dostosowane do robotyki medycznej, w tym do wytwarzania elementów z nowych materiałów dostosowanych do zastosowań medycznych

Działanie następane: wykorzystanie drukarek 3D opartych na nowych algorytmach do budowy komponentów dedykowanych robotyce medycznej

Etap 3 – Integracja algorytmów i certyfikacja

Całkowity budżet etapu 3 wynosi 240 mln PLN. Etap zakończy się opracowaniem gotowych i przetestowanych systemów wspierających obsługę robotów

medycznych przez personel medyczny. Powstaną aktywne systemy, które wchodzą w interakcję z użytkownikiem.

<i>Działania, które zostaną przeprowadzone:</i>	<i>Czas trwania działania</i>	<i>Szacowany budżet</i>
<p>Tworzenie systemów dla pacjenta – celem działania jest scalenie opracowanych systemów w system o określonej funkcjonalności oraz integracja systemów z istniejącymi robotami medycznymi. Całość prac ma prowadzić do zwiększenia autonomii robotów w realizacji zadań – robot pracuje niezależnie od człowieka. Dla robotów rehabilitacyjnych jest to opracowanie systemu, który uczy się pacjenta, dostosowuje intensywność ćwiczeń do aktualnych możliwości pacjenta. System taki może też monitorować postęp ćwiczeń, analizować dane historyczne i na tej podstawie informować lekarza prowadzącego/ fizjoterapeutę o postępach w ćwiczeniach czy o zaistniałych odstępstwach od założonego postępu terapii.</p> <p><i>Projekty dedykowane przedsiębiorcom</i></p> <p><i>Osiągnięty punkt kontrolny: system wspierający rehabilitację</i></p> <p><i>Działanie następane: wsparcie certyfikacji</i></p>	2 lata	40 mln PLN (w tym środki publiczne: 60%)

Tworzenie systemów dla personelu medycznego – scalenie algorytmów opracowanych dla wsparcia personelu medycznego w system autonomicznie przeprowadzający konfigurację robota, pobierający dane dla kolejnych pacjentów ze zdalnej bazy danych. Opracowanie symulatora do przeprowadzania szkoleń personelu.

2 lata

20 mln PLN

(w tym środki publiczne: 60%)

Projekty dedykowane przedsiębiorcom

Osiągnięty punkt kontrolny: aktywny system wspierający personel medyczny w przygotowywaniu i przeprowadzeniu procesu pracy z pacjentem

Działanie następne: wsparcie certyfikacji

Integracja i testowanie algorytmów nawigacji z robotami (opiekuńcze, transportowe, ratunkowe) – integracja opracowanych algorytmów nawigacji dla rzeczywistych robotów medycznych oraz testowanie poprawności ich działania w warunkach rzeczywistych. Określenie, na ile roboty zwiększyły swoją autonomię i jak ich zachowanie jest odbierane przez ludzi.

2 lata

40 mln PLN

(w tym środki publiczne: 70%)

Projekty dedykowane przedsiębiorcom lub konsorcjom przedsiębiorców z jednostkami naukowymi

Osiągnięty punkt kontrolny: nawigacja autonomiczna robotów

Działanie następne: prace związane z integracją systemów

Opracowanie systemu wirtualnej sali operacyjnej – integracja algorytmów wspomaganie i prowadzenia operacji w systemie wirtualnej sali operacyjnej. Z uwagi na rozwój robotyki medycznej istnieje potrzeba testowania nowych rozwiązań oraz prowadzenia szkoleń z wykorzystania tych robotów. Do tego przydatny będzie system wirtualnej sali operacyjnej oparty na technikach wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości.

2 lata

40 mln PLN

(w tym środki publiczne: 70%)

Projekty dedykowane przedsiębiorcom lub konsorcjom przedsiębiorców z jednostkami naukowymi

Osiągnięty punkt kontrolny: wirtualna sala operacyjna

Działanie następne: testowanie nowych rozwiązań i prowadzenie szkoleń w wirtualnej sali operacyjnej

Wsparcie procesu certyfikacji urzędów wykorzystujących opracowane systemy – działania mające na celu wsparcie przedsiębiorców w pozyskaniu certyfikacji opracowanych urządzeń medycznych.

2 lata

100 mln PLN

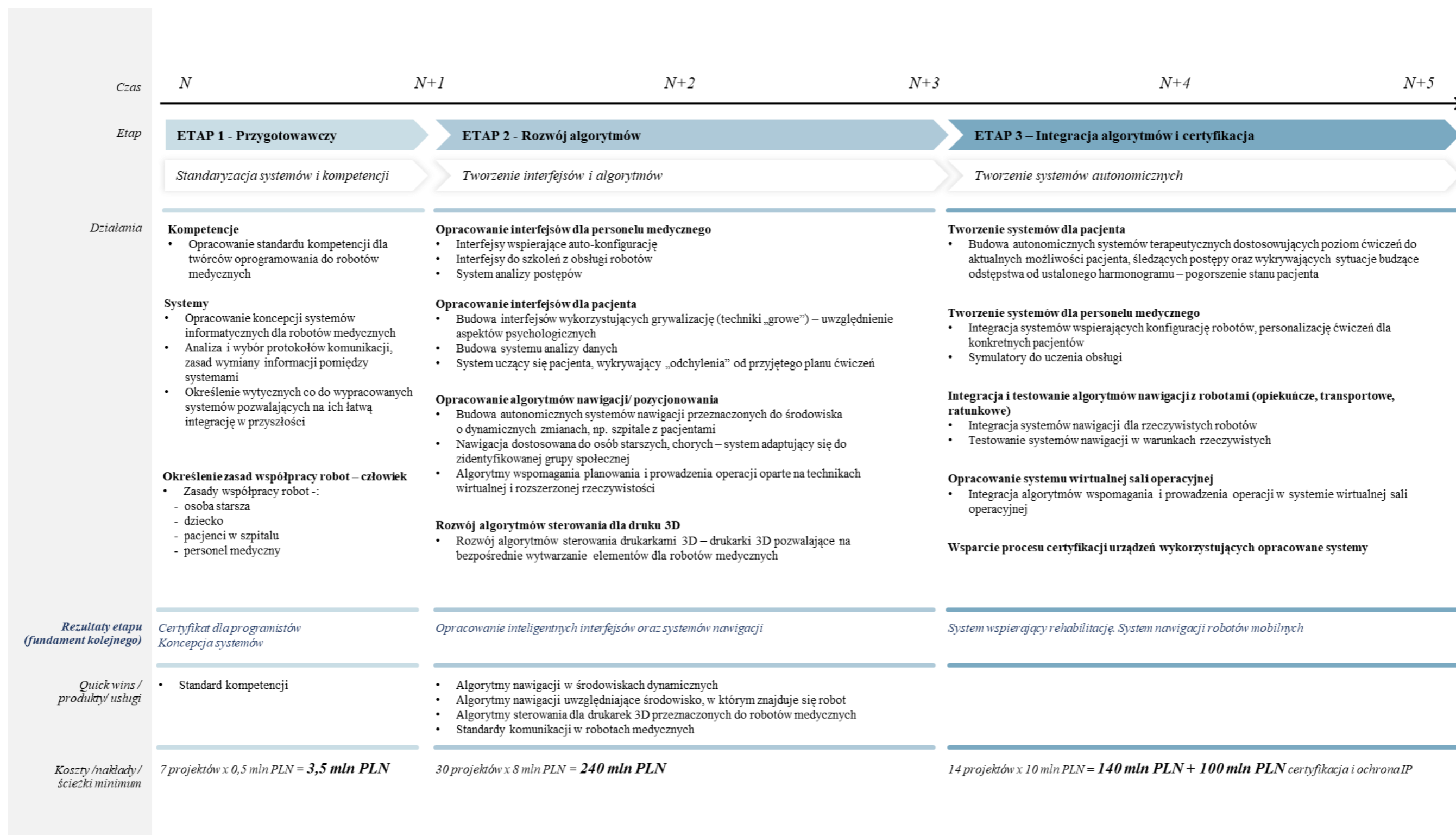
(w tym środki publiczne: 30%)

Projekty dedykowane przedsiębiorcom

Osiągnięty punkt kontrolny: pozyskanie przez przedsiębiorców certyfikatów dla nowych wyrobów dla robotyki medycznej

Działanie następne: sprzedaż komponentów do robotów medycznych i robotów medycznych

Rysunek 20. Schemat scenariusza rozwoju obszaru „Techniki informacyjne”



Źródło: opracowanie własne

Scenariusz rozwoju obszaru: Systemy wizyjne

W scenariuszu dla systemów wizyjnych pierwszy etap posiada tylko jedno działanie polegające na opracowaniu koncepcji narzędzi wizyjnych potrzebnych w robotach medycznych. Jednostkowy koszt projektu w tym etapie szacowany jest na 2 mln PLN. Przewiduje się realizację 10 projektów.

Drugi etap dotyczy opracowania algorytmów do analizy i fuzji obrazów oraz systemu do nawigacji w przestrzeni operacyjnej. System do nawigacji w przestrzeni operacyjnej wspiera pozycjonowanie narzędzia medycznego (np. noża chirurgicznego) zamocowanego na robocie lub trzymanego przez lekarza. Dzięki temu trajektoria narzędzia jest dokładniejsza, a wykonywany zabieg precyzyjniejszy. Dlatego ważne jest rozwijanie tych systemów. W etapie tym przewidziano również rozwijanie narzędzi wizyjnych, których koncepcje powstały w pierwszym etapie. Będą tu również

prace nad algorytmami do fuzji obrazów oraz analizy obrazów do wsparcia diagnostyki lekarskiej. Średni koszt pojedynczego projektu realizowanego w etapie drugim to 20 mln PLN. Przewiduje się tu realizację około 20 projektów. Projekty te będą realizowane przez przedsiębiorców lub konsorcja przedsiębiorców z jednostkami naukowymi.

Ostatni etap przewiduje integrację opracowanych algorytmów i systemów w rzeczywistych robotach medycznych. Wymagana jest realizacja 10 projektów o średnim budżecie wynoszącym 10 mln PLN. Projekty te powinny być realizowane przez przedsiębiorców lub konsorcja przedsiębiorców z jednostkami naukowymi. Przewidziano tu również wsparcie certyfikacji urządzeń wykorzystujących opracowane algorytmy i systemy, której koszty wyniosą 100 mln PLN.

Etap 1 – Przygotowawczy

Całkowity budżet etapu 1 wynosi 10 mln PLN. Etap 1 zakończy się

opracowaniem koncepcji nowych narzędzi wizyjnych.

<i>Działania, które zostaną przeprowadzone:</i>	<i>Czas trwania działania</i>	<i>Szacowany budżet</i>
<u>Narzędzia do obrazowania dla robotów medycznych</u> – niezbędne jest opracowanie koncepcji narzędzi potrzebnych dla robotów medycznych opartych na widzeniu maszynowym.	1 rok	10 mln PLN (w tym środki publiczne: 70%)

Projekty dedykowane jednostkom naukowym lub konsorcjum jednostek naukowych i przedsiębiorców

Osiągnięty punkt kontrolny: koncepcje narzędzi wizyjnych dla robotów medycznych

Działanie następane: wsparcie rozwijania narzędzi wizyjnych wspierających operacje chirurgiczne, budowa systemu wizyjnej nawigacji w przestrzeni operacyjnej

Etap 2 – Rozwój algorytmów

Całkowity budżet etapu 2 wynosi 400 mln PLN. W etapie tym będą rozwijane algorytmy związane z obróbką i analizą obrazu. Zakończy się natomiast opracowaniem systemu nawigacji i opracowaniem algorytmów fuzji i analizy obrazów dla robotów medycznych. Prace nad rozwojem algorytmów wymagają połączenia specjalistycznego sprzętu (kamera,

oświetlenie, jednostki obliczeniowe) z opracowanymi algorytmami, aby w całości powstał dedykowany system wizyjny do konkretnego zastosowania w robotach medycznych. W wyniku prac powstaną prototypy systemów wykorzystujących widzenie maszynowe dedykowane określonym robotom medycznym.

Działania, które zostaną przeprowadzone:

Czas trwania działania

Szacowany budżet

Budowa systemu wizyjnej nawigacji w przestrzeni operacyjnej – podczas pracy robota w przestrzeni operacyjnej ważne jest właściwe pozycjonowanie narzędzia robota w stosunku do pacjenta. Z uwagi na możliwe poruszanie się pacjenta (oddychanie, odruchy bezwarunkowe itp.) ważne jest monitorowanie położenia narzędzia (znaczników na narzędziu) względem położenia pacjenta (znaczników na jego ciele). Do tego służą systemy nawigacji w przestrzeni operacyjnej. Ich rozwój i udoskonalanie zapewnia większą jakość przeprowadzanych operacji przy wykorzystaniu robotów.

2 lata

100 mln PLN
(w tym środki publiczne: 70%)

Projekty dedykowane przedsiębiorcom lub konsorcjom przedsiębiorców z jednostkami naukowymi

Osiągnięty punkt kontrolny: prototyp systemu do nawigacji w przestrzeni operacyjnej

Działanie następane: integracja i testowanie systemu nawigacji w przestrzeni operacyjnej

Wsparcie rozwijania narzędzi wizyjnych wspierających operacje chirurgiczne – narzędzia wizyjne dają lepszy obraz dla lekarza, np. w polu operacyjnym. W przypadku narzędzi do robotów chirurgicznych, rozwój tych narzędzi daje lepszą wiedzę lekarzowi o przeprowadzanej operacji wewnątrz ciała pacjenta, co przekłada się na jej właściwe wykonanie i w konsekwencji na mniejsze skutki

2 lata

100 mln PLN
(w tym środki publiczne: 70%)

ingerencji w ciało pacjenta. Przewiduje się opracowanie narzędzi wizyjnych i przeprowadzenie testów w warunkach laboratoryjnych.

Projekty dedykowane przedsiębiorcom lub konsorcjom przedsiębiorców z jednostkami naukowymi

Osiągnięty punkt kontrolny: prototypy narzędzi wizyjnych

Działanie następne: wykorzystanie i testy narzędzi wizyjnych

Algorytmy do fuzji obrazów z różnych źródeł (RTG, tomograf, rezonans itp.) – dzisiejsza technika umożliwia łączenie/ fuzję obrazów pochodzących z różnych źródeł. W przypadku medycyny źródłami tymi mogą być np. obrazy pochodzące z badań rentgenowskich, rezonansu magnetycznego czy tomografii komputerowej. Przewiduje się opracowania algorytmów do fuzji takich obrazów, co pozwoli na lepsze poznanie badanego obszaru ciała człowieka i umożliwi dokładniejsze pozycjonowanie robota.

2 lata

100 mln PLN
(w tym środki publiczne: 70%)

Projekty dedykowane przedsiębiorcom lub konsorcjom przedsiębiorców z jednostkami naukowymi

Osiągnięty punkt kontrolny: algorytmy fuzji obrazów z różnych źródeł

Działanie następne: integracja algorytmów fuzji obrazów

Algorytmy analizy obrazów – wykorzystanie m.in. sztucznej inteligencji do analizy obrazów, w tym obrazów otoczenia robota, czy obrazów medycznych, pozwalające w lepszy sposób dokonywać analizy otoczenia robota, co wpłynie na precyzję jego działania (lepsze pozycjonowanie w przestrzeni, wykonanie zadań nawigacji). Analiza obrazów może być również wykorzystana w opracowywanych narzędziach oraz w diagnostyce stanu pacjenta i lepszego planowania wykorzystania robotów w jego leczeniu.

2 lata

100 mln PLN
(w tym środki publiczne: 70%)

Projekty dedykowane przedsiębiorcom lub konsorcjom przedsiębiorców z jednostkami naukowymi

Osiągnięty punkt kontrolny: algorytmy analizy obrazów

Działanie następne: integracja algorytmów analizy fuzji obrazów, wykorzystanie i testy narzędzi wizyjnych

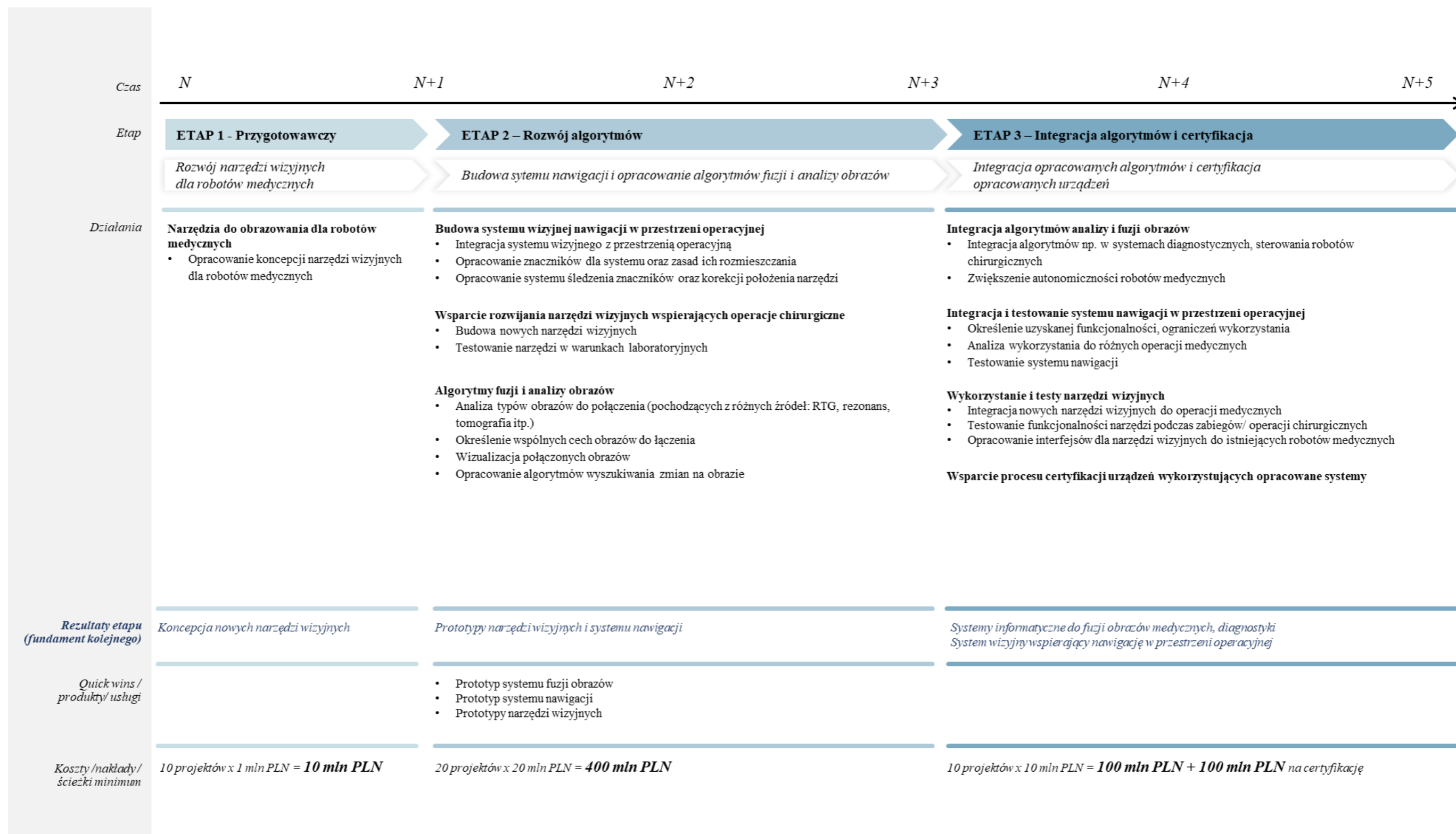
Etap 3 – Integracja algorytmów i certyfikacja

Całkowity budżet etapu 3 wynosi 200 mln PLN, z czego 100 mln PLN jest przewidzianych na certyfikację opracowanych rozwiązań. Celem etapu jest integracja opracowanych algorytmów i certyfikacja opracowanych urządzeń,

wykorzystujących te algorytmy. Etap zakończy się opracowaniem następujących systemów: system do fuzji obrazów medycznych, system diagnostyki oraz system wizyjny wspierający nawigację w przestrzeni operacyjnej.

Działania, które zostaną przeprowadzone:	Czas trwania działania	Szacowany budżet
<p><u>Integracja algorytmów analizy i fuzji obrazów</u> – celem działania jest integracja opracowanych algorytmów analizy i fuzji obrazów do systemów nawigacji i sterowania robotów medycznych w celu zwiększenia ich autonomiczności.</p>	2 lata	30 mln PLN (w tym środki publiczne: 40%)
<p><i>Projekty dedykowane przedsiębiorcom</i></p> <p>Osiągnięty punkt kontrolny: zwiększenie autonomiczności robotów medycznych przy wykorzystaniu informacji pozyskanych z systemów wizyjnych</p> <p>Działanie następne: wsparcie certyfikacji</p>		
<p><u>Integracja i testowanie systemu nawigacji w przestrzeni operacyjnej</u> – integracja systemu nawigacji w przestrzeni operacyjnej z istniejącymi robotami. Przeprowadzenie testów na sali operacyjnej, określenie osiągniętej funkcjonalności systemu i dokładności stabilizacji toru narzędzia. Analiza możliwości wykorzystania w różnych typach operacji medycznych.</p>	2 lata	40 mln PLN (w tym środki publiczne: 40%)
<p><i>Projekty dedykowane przedsiębiorcom</i></p> <p>Osiągnięty punkt kontrolny: system nawigacji w przestrzeni operacyjnej</p> <p>Działanie następne: wsparcie certyfikacji</p>		
<p><u>Wykorzystanie i testy narzędzi wizyjnych</u> – integracja narzędzi wizyjnych do istniejących robotów i przeprowadzenie testów funkcjonalności opracowanych narzędzi podczas operacji medycznych. Opracowanie interfejsów dla narzędzi wizyjnych umożliwiających ich wykorzystanie z istniejącymi robotami medycznymi.</p>	2 lata	30 mln PLN (w tym środki publiczne: 40%)
<p><i>Projekt dedykowane przedsiębiorcom lub konsorcjom przedsiębiorców z jednostkami naukowymi</i></p> <p>Osiągnięty punkt kontrolny: opracowane narzędzia wizyjne</p> <p>Działanie następne: prace związane z integracją systemów</p>		
<p><u>Wsparcie procesu certyfikacji urzędów wykorzystujących opracowane systemy</u> – działania mające na celu wsparcie przedsiębiorców w pozyskaniu certyfikacji opracowanych rozwiązań dla robotów medycznych.</p>	2 lata	100 mln PLN (w tym środki publiczne: 30%)
<p><i>Projekty dedykowane przedsiębiorcom</i></p> <p>Osiągnięty punkt kontrolny: pozyskanie przez przedsiębiorców certyfikatów dla nowych wyrobów dla robotów medycznych</p> <p>Działanie następne: sprzedaż komponentów do robotów medycznych i robotów medycznych</p>		

Rysunek 21. Schemat scenariusza rozwoju obszaru „Systemy wizyjne”



Źródło: opracowanie własne

Scenariusz rozwoju obszaru: Sensory

W scenariuszu dla obszaru sensorów w pierwszym etapie przewidziano program dotyczący badania metod pomiarowych do pomiaru wielkości fizycznych potrzebnych w robotach medycznych. Badania te wynikają z rozwoju techniki. Zwiększają się możliwości obliczeniowe współczesnych procesorów, miniaturyzacja elektroniki pozwala wbudowywać układy pomiarowe w czujniki. Innymi słowy, istnieją lepsze metody pomiarowe, niż dotychczas stosowane w robotyce medycznej. Należy więc przeprowadzić badania, które pozwolą dobrać, ewentualnie dostosować, nowsze, skuteczniejsze metody pomiarowe na potrzeby robotów medycznych. Dodatkowo przewidziano tu opracowanie projektów nowych czujników oraz wyboru wykorzystywanych standardów komunikacji dla opracowywanych czujników i systemów pomiarowych. Łącznie w pierwszym etapie będzie realizowanych 10 projektów, a średnia wartość każdego to 1 mln PLN. W tym etapie projekty dedykowane są konsorcjom jednostek naukowych i przedsiębiorców.

Drugi etap to budowa nowych czujników. Przewidziano tu dwa typy działań: wsparcie prac badawczych nad wykorzystaniem dobranych metod do pomiaru wielkości fizycznych dla

robotów medycznych i walidacja tych metod pomiarowych oraz budowa i testowanie czujników wykorzystujących dobrane metody pomiarowe. Pojedynczy projekt w tym etapie to koszt 5 mln PLN. Przewiduje się 20 projektów realizowanych przez jednostki naukowe lub przedsiębiorców, ewentualnie konsorcja przedsiębiorców z jednostkami naukowymi.

Trzeci etap związany jest z rozwijaniem systemów wykorzystujących sensory, zarówno te opracowane w ramach poprzednich działań przewidzianych w scenariuszu, jak i tych już istniejących. Polega to na ich wykorzystaniu we wszystkich typach robotów medycznych: chirurgicznych, rehabilitacyjnych, ratunkowych czy transportowych. Dodatkowo należy rozwijać systemy ze sprzężeniem zwrotnym od siły dla robotów rehabilitacyjnych oraz chirurgicznych (system haptyczny). Na tym etapie przewidziano również wsparcie związane z certyfikacją urządzeń. Koszt pojedynczego projektu realizowanego w tym etapie to 5 mln PLN. W sumie przewidziano realizację 20 projektów dedykowanych przedsiębiorcom.

Etap 1 – Przygotowawczy

Całkowity budżet etapu 1 wynosi 10 mln PLN. Etap 1 zakończy się projektami czujników potrzebnych do rozwoju robotów medycznych. Ponadto

w ramach opracowanych projektów czujników zostaną wybrane standardy komunikacji, aby określić sposoby wymiany danych w systemie pomiarowym.

<i>Działania, które zostaną przeprowadzone:</i>	Czas trwania działania	Szacowany budżet
<p><u>Rozwój czujników dla robotów medycznych</u> – celem działania jest opracowanie koncepcji/ projektów czujników potrzebnych w robotach medycznych. Prowadzone prace mają określić metody pomiarowe, które są przydatne w czujnikach dla robotów medycznych. Do zakresu projektów należy również opracowanie standardu komunikacji dla systemów sensorycznych oraz wykorzystania do komunikacji nowych technologii komunikacji takich jak 5G czy IoT.</p> <p><i>Projekty dedykowane konsorcjum naukowemu złożonemu z jednostek naukowych i przedsiębiorców</i></p> <p><i>Osiągnięty punkt kontrolny: opracowanie definiujące potrzeby robotów medycznych w zakresie czujników oraz projekty czujników</i></p> <p><i>Działanie następne: budowa i testowanie nowych czujników, prace nad wykorzystaniem (walidacja) dobranych metod pomiarowych</i></p>	1 rok	10 mln PLN <i>(w tym środki publiczne: 70%)</i>

Etap 2 – Budowa nowych czujników

Całkowity budżet etapu 2 wynosi 100 mln PLN. Etap zakończy się dobraniem metod pomiaru potrzebnych wielkości w robotach medycznych, m.in. pomiar siły, momentów czy odległości. Dodatkowo powstaną prototypy

czujników wykorzystujących te metody. Istotne jest również wykorzystanie w opracowywanych czujnikach wbudowanych układów do przetwarzania danych pomiarowych - tzw. inteligentnych czujników.

<i>Działania, które zostaną przeprowadzone:</i>	Czas trwania działania	Szacowany budżet
<p><u>Wsparcie prac badawczych nad wykorzystaniem dobranych metod pomiarowych do pomiaru wielkości fizycznych dla robotów medycznych</u> – badania dotyczące możliwości wykorzystania metod do pomiarów wielkości fizycznych dla robotów medycznych oraz walidacja dobranych metod pomiarowych.</p>	2 lata	25 mln PLN <i>(w tym środki publiczne: 80%)</i>

Projekty dedykowane jednostkom naukowym lub konsorcjum jednostek naukowych z przedsiębiorcami

Osiągnięty punkt kontrolny: walidacja dobranych metod pomiarowych

Działanie następne: prace związane z integracją systemów

Budowa i testowanie czujników wykorzystujących dobrane metody pomiarowe – celem tego działania jest rozwój istniejących oraz budowa nowych czujników. Następnie przeprowadzenie prac optymalizujących te czujniki pod względem ich wielkości, dokładności pomiarów czy zużycia energii oraz opracowanie inteligentnych czujników, które będą wykorzystywały układy przetwarzania danych wbudowane w czujniki.

2 lata

75 mln PLN
(w tym środki publiczne: 70%)

Projekty dedykowane przedsiębiorcom lub konsorcjom przedsiębiorców z jednostkami naukowymi

Osiągnięty punkt kontrolny: interfejsy użytkownika dla pacjenta

Działanie następne: prace związane z integracją systemów

Etap 3 – Integracja czujników i certyfikacja

Całkowity budżet etapu 3 wynosi 200 mln PLN. Celem etapu jest integracja opracowanych czujników z robotami medycznymi. Dodatkowo zostaną opracowane systemy ze sprzężeniem

zwrotnym od siły dedykowane robotom chirurgicznym (system haptyczny) i robotom rehabilitacyjnym. W etapie tym przewidziano również wsparcie certyfikacji opracowanych rozwiązań.

Działania, które zostaną przeprowadzone:

Czas trwania działania

Szacowany budżet

Integracja czujników z robotami medycznymi – celem działania jest integracja opracowanych czujników z robotami medycznymi i ich wykorzystanie w istniejących robotach w celu usprawnienia ich działania.

2 lata

40 mln PLN
(w tym środki publiczne: 40%)

Projekty dedykowane przedsiębiorcom

Osiągnięty punkt kontrolny: integracja opracowanych czujników z robotami medycznymi

Działanie następne: wsparcie certyfikacji

Opracowanie systemów haptycznych do robotów chirurgicznych – wykorzystanie opracowanych czujników siły (lub istniejących) do przygotowania systemu pozwalającego na sterowanie robotem chirurgicznym ze sprzężeniem od siły oddziałującej na robota.

2 lata

20 mln PLN
(w tym środki publiczne: 70%)

Projekty dedykowane przedsiębiorcom

Osiągnięty punkt kontrolny: system haptyczny dla robotów chirurgicznych.

Działanie następne: wsparcie certyfikacji

Opracowanie systemów sprzężenia od siły dla robotów rehabilitacyjnych – podobnie jak w poprzednim działaniu, wykorzystanie czujników powstałych w ramach wcześniejszych działań oraz tych istniejących – do pomiaru siły w celu realizacji systemu aktywnej rehabilitacji, umożliwiając robotowi reagowanie na aktualne możliwości pacjenta i dostosowanie do nich przebiegu realizowanych ćwiczeń rehabilitacyjnych.

2 lata

40 mln PLN
(w tym środki
publiczne:
70%)

Projekt dedykowane przedsiębiorcom

Osiągnięty punkt kontrolny: system do aktywnej rehabilitacji

Działanie następne: wsparcie certyfikacji

Wsparcie procesu certyfikacji czujników i systemów – działania mające na celu wsparcie przedsiębiorców w pozyskaniu certyfikacji opracowanych w tym etapie rozwiązań.

2 lata

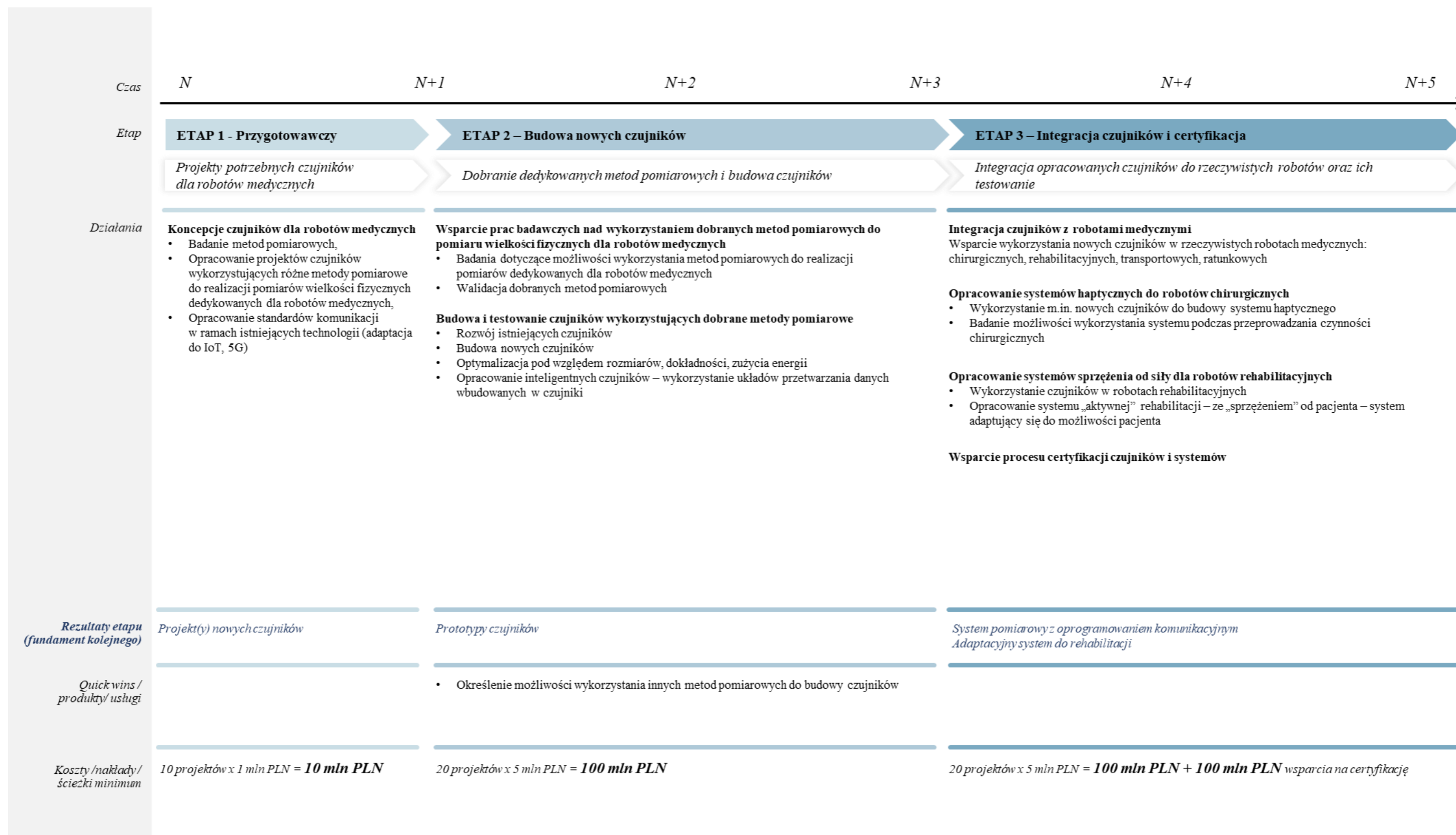
100 mln PLN
(w tym środki
publiczne:
30%)

Projekty dedykowane przedsiębiorcom

Osiągnięty punkt kontrolny: pozyskanie przez przedsiębiorców certyfikatów dla opracowanych rozwiązań

Działanie następne: sprzedaż robotów i systemów ze sprzężeniem od siły

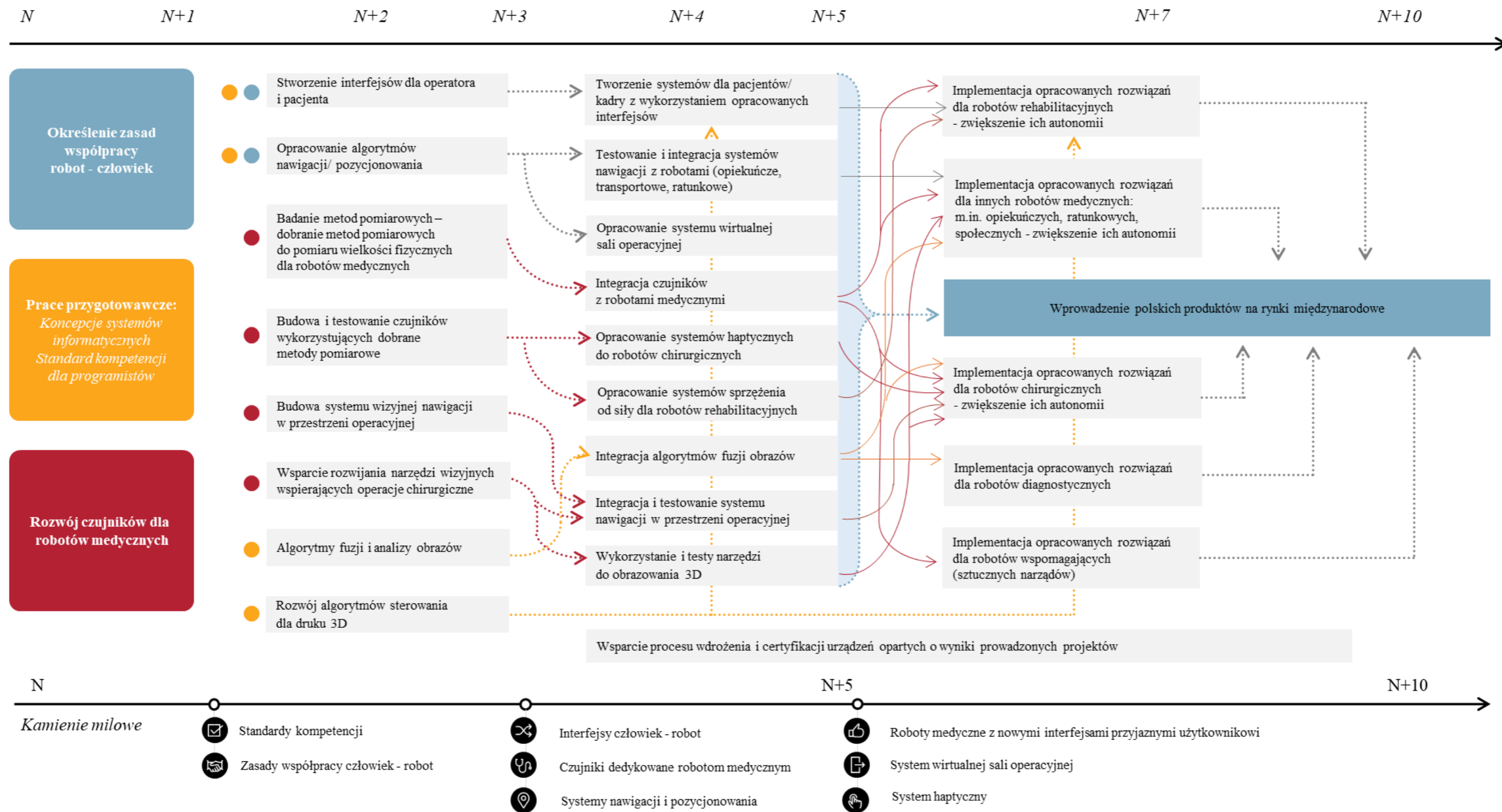
Rysunek 22. Schemat scenariusza rozwoju obszaru „Sensory”



Źródło: opracowanie własne

Mapa drogowa

Rysunek 23. Mapa drogowa rozwoju sektora robotów medycznych w zakresie technik informacyjnych, systemów wizyjnych i sensoryki



Źródło: opracowanie własne

Powyżej zaprezentowane zostały scenariusze rozwoju robotyki medycznej, związane z trzema obszarami technologicznymi, które mogą stanowić nisze rynkowe dla Polski. Mapa drogowa (Rys. 23) ilustruje przebieg działań, a także powiązania i synergie pomiędzy poszczególnymi działaniami w ramach etapów realizacji scenariuszy.

Realizacja etapu pierwszego pozwoli na określenie zasad współpracy między człowiekiem, a robotem oraz standardu kompetencji dla twórców oprogramowania dla robotów medycznych. Dodatkowo zostanie określony kierunek rozwoju dla czujników dedykowanych robotom medycznym. Opracowanie standardu kompetencji dla programistów jest punktem wyjściowym wszystkich kolejnych prac związanych z opracowywaniem oprogramowania.

Zasady współpracy człowiek – robot będą wykorzystane do tych rozwiązań, gdzie zachodzi bezpośrednia interakcja człowieka z robotem. Będą to interfejsy dla operatora i pacjenta oraz systemy nawigacji dla szeroko rozumianych robotów mobilnych. Algorytmy analizy i fuzji obrazów, które powstaną w kolejnym etapie, będą wsparciem pracy robotów chirurgicznych czy opiekuńczych oraz wykorzystane w diagnostyce przeprowadzanej przez roboty diagnostyczne. Wypracowany kierunek rozwoju czujników będzie wykorzystany zarówno w budowie

systemów wizyjnych, jak i innych czujników dedykowanych dla robotów medycznych.

Kolejny etap to wykorzystanie opracowanych systemów lub czujników do konkretnych zastosowań w robotach medycznych: nawigacja i system haptyczny dla robotów chirurgicznych, nawigacja dla robotów transportowych, ratunkowych i opiekuńczych. Natomiast opracowane czujniki mogą być wykorzystywane praktycznie we wszystkich robotach medycznych. Etap ten zakończy się niezależnymi systemami lub urządzeniami, które mogą stanowić już samodzielne produkty. Na tym etapie niezbędne jest również wsparcie wdrożenia tych rozwiązań do produkcji oraz ich certyfikacja. Działania związane z tym wsparciem powinny być również dostępne w dłuższej perspektywie.

Prace prowadzone w okresie wykraczającym poza 5-letnie ramy czasowe wskazane w programie rozwoju są związane z implementacją opracowanych rozwiązań i rozwojem robotów medycznych w kierunku większej autonomiczności. Drugim kierunkiem działań jest wsparcie wprowadzenia opracowanych rozwiązań na rynki międzynarodowe.

Omówione działania dotyczą głównie badań i rozwoju. Jednak nie tylko prace B+R mogą przyczynić się do rozwoju tej branży w Polsce. Patrząc na jej specyfikę oraz aktualne trendy

rozwojowe na świecie, a także kondycję polskich firm w tym sektorze, należy również wspierać rozwój branży w formie inicjowania i pobudzania takich form współpracy jak klastry, czy też organizowanie konferencji dla branży, na których dokonywałyby się wymiana wiedzy i doświadczenia. Technologie związane z robotyką medyczną rozwijają się w bardzo szybkim tempie, stąd też kluczowa jest wymiana i aktualizacja wiedzy nt. rozwiązań konkurencyjnych. W tym miejscu warto zwrócić szczególną uwagę na problematykę certyfikacji wyrobów medycznych. Certyfikacja wyrobów medycznych, jakimi są roboty medyczne, jest procesem kosztownym, czasochłonnym i skomplikowanym. Dlatego wsparcie przedsiębiorstw w tym zakresie jest wskazane. Interwencja podmiotów publicznych może polegać na dofinansowaniu części kosztów certyfikacji, czy działaniach skoncentrowanych na uproszczeniu i wyjaśnieniu procedur.



Ocena potencjału branży robotów medycznych w kontekście KIS

Aktualnie branża robotów medycznych jest reprezentowana w kilku Krajowych Inteligentnych Specjalizacjach³⁸:

- KIS 1. Zdrowe społeczeństwo,
- KIS 9. Sensory (w tym biosensory) i inteligentne sieci sensorowe,
- KIS 10. Inteligentne sieci i technologie informacyjno-komunikacyjne oraz geoinformacyjne,
- KIS 12. Automatyzacja i robotyka procesów technologicznych,
- KIS 13. Fotonika.

Istnieje zatem relatywnie duża liczba KIS, w które wpisują się przedsięwzięcia powiązane z robotyką medyczną. Analizując zapisy zawarte w ramach opisu poszczególnych KIS stwierdzono, że generalnie oddają one dobrze również problematykę związaną z robotami medycznymi. Obszary technologiczne przedstawione w Tabeli 2 związane z robotyką medyczną wpisują się w ww. Krajowe Inteligentne Specjalizacje, co umożliwia realizację projektów z zakresu robotyki medycznej w ramach istniejących KIS. Dodatkowo

aktualnie obserwuje się koncentrację KIS – w ostatnim ich wykazie (wersja 5, obowiązująca od 1 stycznia 2019 r.) zmniejszono liczbę KIS z 20 do 15.

W związku z powyższym, rekomenduje się jedynie dokonanie zmian opisu istniejących KIS, tak, aby zagadnienia związane z robotyką medyczną zostały w nich mocniej zaakcentowane. Sugerowanym rozwiązaniem jest podkreślenie istotności rozwoju technologii z punktu widzenia branży robotów medycznych w KIS dot. zdrowego społeczeństwa oraz w KIS dot. automatyzacji i robotyki procesów technologicznych.

Dla KIS 1. Zdrowe społeczeństwo rekomenduje się uzupełnienie opisu w dziale I, w części V o roboty medyczne. Proponowany zapis przyjmuje następujące brzmienie:

V. URZĄDZENIA I WYROBY MEDYCZNE

1. Rozwój, projektowanie, wdrażanie i produkcja innowacyjnych urządzeń, instrumentów oraz wyrobów medycznych, włączając dentystyczne

³⁸ <https://www.smart.gov.pl> (dostęp 8.02.2019)

oraz roboty medyczne, służących do prowadzenia lub wspomagania terapii lub diagnostyki medycznej, mających na celu: realizację nowych form terapii lub diagnostyki, poprawę skuteczności terapii lub diagnostyki, ograniczenie skutków ubocznych terapii, obniżenie kosztów terapii lub diagnostyki zmniejszenia skutków ograniczeń funkcjonalnych.

(...)

Obszar obejmuje urządzenia diagnostyczne, terapeutyczne, rehabilitacyjne i kompensacyjne *oraz roboty medyczne*.

Dla KIS 12. Automatyzacja i robotyka procesów technologicznych rekomenduje się zmianę nazwy KIS na **Automatyka i robotyka** oraz dodanie komentarza/ wprowadzenia do KIS 12., który wskaże obszary wchodzące w tę KIS:

Współcześnie automatyzacja i robotyzacja obejmuje już nie tylko procesy produkcyjne, lecz towarzyszy również człowiekowi w codziennym życiu. Możemy, obok robotów przemysłowych, wyróżnić roboty społeczne, roboty dedykowane do prac w kosmosie, czy wreszcie roboty medyczne. Do tych ostatnich zaliczają się roboty chirurgiczne, rehabilitacyjne, opiekuńcze, transportowe czy też ratunkowe.

Ponadto rekomenduje się uzupełnienie opisu w części V. Po zmianach przyjmie on następujące brzmienie:

V. MASZyny I URZĄDZENIA AUTOMATYZUJĄCE I ROBOTYZUJĄCE PROCESY

1. Bezzałogowe systemy i roboty pracujące w warunkach specjalnych.

2. Mobilne roboty i egzoszkielety.

3. Roboty medyczne.

4. Manipulatory i chwytaki.

Żaden z szesnastu regionów nie wskazał robotyki medycznej jako Regionalnej Inteligentnej Specjalizacji (RIS). Najbliżej branży są specjalizacje powiązane ze zdrowiem i medycyną oraz z technikami informatycznymi. Analiza poszczególnych RIS wykazała, że sześć regionów wybrało specjalizacje powiązane ze zdrowiem i medycyną. Są to województwa: kujawsko-pomorskie, lubelskie, lubuskie, łódzkie, podlaskie i śląskie. Natomiast dziewięć województw ma specjalizacje powiązane z technikami informatycznymi: dolnośląskie, kujawsko-pomorskie, lubelskie, małopolskie, podkarpackie, śląskie, świętokrzyskie, wielkopolskie i zachodniopomorskie³⁹. W tych województwach podmioty działające w branży mają największe szanse na skorzystanie ze środków unijnych dystrybuowanych na poziomie regionalnym. Mając jednak na

³⁹ <http://brante.pl/ris/>, (dostęp 8.02.2019)

względnie specyfikę branży robotów medycznych, wysoki koszt projektów oraz ryzyko ich realizacji rekomenduje się zwiększone finansowanie innowacyjnych przedsięwzięć z poziomu krajowego. Programy krajowe dopuszczają wyższe wartości wspieranych projektów, niż programy regionalne.

Rekomenduje się jednak uwzględnienie w opisie Regionalnych Inteligentnych Specjalizacji zapisów dotyczących robotyki medycznej, szczególnie w regionach, w których jest największa koncentracja podmiotów działających w branży. W trakcie prac SL zidentyfikowano, że takimi województwami z pewnością są lubelskie i śląskie. Wskazówką mogą być zapisy rekomendowane dla KIS. Pozwoli to uniknąć wyeliminowania ewentualnego wsparcia firm z branży robotów medycznych, które uznają wsparcie w swoim regionie jako wystarczające dla swojego rozwoju.



Wnioski i rekomendacje

Obserwując dynamiczny rozwój robotyki medycznej na świecie i mając jednocześnie na uwadze ogromny potencjał polskich podmiotów do budowania przewag konkurencyjnych w skali światowej, a także bariery rynkowe, z którymi borykają się przedsiębiorstwa działające w tej branży, należy stwierdzić, że mechanizmy wsparcia dla podmiotów zajmujących się tą tematyką w Polsce są wysoce pożądane. Pokazuje to również opracowana przez klaster MedSilesia propozycja projektu flagowego Polski Robot Medyczny. W tym dokumencie został przedstawiony potencjał związany z branżą robotów medycznych oraz jej rozwojem w Polsce. Warto powtórzyć za autorami propozycji projektu, że *„Polska może wziąć udział w wyścigu technologicznym na rynku robotów medycznych. Efekty realizacji Programu przyczynią się do znaczącego wzrostu pozycji międzynarodowej Polski w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych, wykreowania dynamicznych, młodych zespołów badawczych oraz transferu*

know-how i nowych technologii z polskich instytucji naukowych (publicznych organizacji badawczych) do gospodarki”⁴⁰.

Przedstawiony przegląd stanu polskiej robotyki medycznej jest dowodem dobrej pozycji naukowej i innowacyjności polskich zespołów badawczych i może stanowić podstawę budowania naszej silnej pozycji w Europie.

Wsparcie rozwoju robotyki medycznej w Polsce należy rozważyć w kilku płaszczyznach:

- 1. System wsparcia rozwoju robotyki medycznej, w tym prac z zakresu B+R realizowanych w Polsce, które doprowadzą do powstania polskich rozwiązań dedykowanych robotyce medycznej.**
 - a. O ile nie identyfikuje się potrzeby tworzenia oddzielnej KIS dla robotyki medycznej, to warto jest dokonać przeglądu istniejących KIS i wprowadzić modyfikacje wskazane w rozdziale *Ocena potencjału branży robotów*

⁴⁰ Projekt flagowy Polski robot medyczny, materiał zgłaszany przez Krajowy Klaster

medycznych w kontekście KIS.

Aktualnie projekty z branży wpisują się w istniejące specjalizacje, ale zasadne jest wyszczególnienie projektów na rzecz opracowania nowych rozwiązań mających zastosowanie w robotach medycznych.

- b. Zasadniczą rekomendacją w obszarze B+R jest przygotowanie programu sektorowego dla robotyki medycznej. Wynika to ze specyfiki samej branży, jej multidyscyplinarności oraz z faktu, że jest to dziedzina odróżniająca się specyfiką prowadzonych projektów B+R na tle innych sektorów. W ramach istniejących programów projekty z zakresu robotyki medycznej konkurują z innowacyjnymi projektami na rzecz zupełnie innych sektorów gospodarki, co dodatkowo może być trudnością w ocenie zaproponowanego przedsięwzięcia, w tym jego innowacyjności. Dedykowany program sprawi, że projekty będą dotyczyły tego samego obszaru i łatwiej będzie dokonać ich oceny. Zapewni to także określone środki na rozwój dziedziny charakteryzującej się ogromnym potencjałem, zarówno technologicznym, jak i gospodarczym, której produkty bezpośrednio służą społeczeństwu.
- c. Wdrażając program sektorowy warto zadbać o odpowiedni dobór ekspertów oceniających wnioski –

niezbędna jest aktualna wiedza na temat technologii i trendów w sektorze. Dodatkowo, rekomendowane jest przypisanie projektom z tego zakresu odpowiednich etykiet (ze względu na szeroki wachlarz opracowywanych rozwiązań), tak, aby w łatwiejszy sposób łączyć je z dedykowanymi ekspertami oceniającymi wnioski projektowe.

- d. Argumentem za utworzeniem dedykowanego robotyce medycznej programu sektorowego jest również możliwość zainteresowania tą tematyką podmiotów niedziałających aktualnie w tym obszarze, a zajmujących się pokrewnymi zagadnieniami. W przypadku programów ogólnych, kierowanych do szerokiego grona zainteresowanych, firmy nie rozważają lub nie dostrzegają możliwości rozwijania swoich kompetencji w innych obszarach. Natomiast w przypadku dedykowanego programu mogą, szukając chociażby dodatkowych możliwości aplikowania o środki finansowe, zainteresować się takim programem i nowym dla nich obszarem. Przyczyni się to pośrednio do zwiększenia liczby podmiotów działających w branży robotów medycznych.
- e. W ramach programów opracowywanych dla robotyki medycznej rekomenduje się również realizację dwóch rodzajów

ścieżek w programach: jednej dla producentów poszczególnych komponentów, np. sensorów, systemów wizyjnych czy oprogramowania, a drugiej dla podmiotów integrujących te podzespoły w pewną funkcjonalną całość, np. w gotowego robota lub moduł wchodzący w jego skład.

- f. Rekomenduje się, aby w proponowanym programie sektorowym dla robotyki medycznej umożliwić udział jednostek naukowych w realizacji projektu w roli członka konsorcjum. Podobnie jak w ogłoszonym 28 lutego 2019 r. konkursie „Szybkiej ścieżki”, proponuje się umożliwienie finansowania kosztów ponoszonych przez jednostki naukowe w 100%.
- g. W ramach analizy PESTEL wskazano robotykę medyczną jako KET – technologię wpływającą na inne branże. Rekomenduje się wsparcie działań w ramach programów opracowanych dla robotyki medycznej związanych z poszukiwaniem dla opracowanych rozwiązań zastosowania w innych branżach.
- h. W dedykowanym programie dla robotyki medycznej warto zwrócić uwagę na katalog kosztów kwalifikowanych. Powinien on dopuszczać zakup rozwiązań technologicznych (np. komponentów) posiadających wymagane certyfikaty związane z zastosowaniem medycznym. Aktualnie producenci często narażają się na niezrozumienie ze strony instytucji rozliczających projekty finansowane ze środków publicznych, a racjonalnie (po uwzględnieniu certyfikacji) poniesione koszty bywają kwestionowane. Wyodrębnienie w katalogu kosztów kwalifikowanych certyfikowanych komponentów, powinno zwrócić uwagę recenzentów projektów, a następnie osób rozliczających, czy też przeprowadzających kontrole poprawności realizacji dofinansowanego przedsięwzięcia, na istotną rozbieżność w cenach produktów, których technologiczne parametry mogą być bardzo podobne.
- i. Istotnym ograniczeniem przy prowadzeniu przez przedsiębiorców zaawansowanych prac B+R w oparciu o fundusze publiczne jest konieczność wniesienia wkładu własnego. Przy dużym ryzyku realizacji takich projektów powoduje to rezygnację potencjalnych zainteresowanych z aplikowania o środki publiczne. Warto jest więc rozważyć możliwości złagodzenia tej bariery, przy poszanowaniu zasad udzielania wsparcia, wdrażając rozwiązania obniżające ryzyko ponoszonego wkładu własnego (np. ubezpieczenia).

2. Drugi obszar działań to wsparcie instytucjonalne polegające na zapewnieniu otwartego środowiska powiązanego z robotyką medyczną.

- a. Rekomenduje się działania mające na celu uaktywnienie klastrów lub stowarzyszeń zrzeszających podmioty zajmujące się robotyką medyczną. Ułatwi to budowanie konsorcjów na potrzeby realizowanych projektów. Umożliwi również wymianę informacji na temat inicjatyw podejmowanych na rzecz robotyki medycznej w kraju i na świecie oraz trendów, jakie panują w tej branży. Przykładem takich działań są konferencje, seminaria czy też targi branżowe, które klastry i stowarzyszenia mogłyby organizować. Warto też zadbać o obecność w tego typu organizacjach i organizowanych wydarzeniach przedstawicieli środowiska lekarskiego, Ministerstwa Zdrowia, Narodowego Funduszu Zdrowia oraz osób zarządzających szpitalami.
- b. Rekomenduje się również działania mające na celu poszerzenie listy procedur medycznych, realizowanych przez roboty medyczne lub przy ich wsparciu, które są refundowane przez Narodowy Fundusz Zdrowia. Jest to uzasadnione z jednej strony korzyściami z zastosowania robotów, w tym obniżeniem

kosztów leczenia, a z drugiej niedoborami w Polsce personelu medycznego i jego emigracją do krajów Europy Zachodniej. Działania takie powinny być realizowane przez instytucje otoczenia biznesu, jako podmioty zrzeszające większą liczbę przedsiębiorców i stanowiące wspólny głos w sprawie.

3. Kolejna rekomendacja dotyczy działań związanych z otoczeniem prawnym. Należy dążyć do

jasnego określenia odpowiedzialności prawnej za błędy wynikłe podczas zabiegów i operacji prowadzonych przez roboty lub przy ich wykorzystaniu. W mniejszym lub większym stopniu, wszystkie roboty medyczne oddziałują bezpośrednio na ludzi. Największe oddziaływanie ma miejsce przy operacjach chirurgicznych realizowanych przy wsparciu robotów. Z tego powodu istotne jest, aby odpowiedzialność za wynikłe skutki błędnego działania systemu robota była możliwie dokładnie określona. Wpłynie to na zmniejszenie niechęci lekarzy do wykorzystywania robotów, a pośrednio także na poczucie bezpieczeństwa pacjenta.

4. Obok wysokich kosztów prowadzenia projektów badawczych w obszarze robotyki medycznej, drugim elementem znacząco podnoszącym koszt wdrożenia opracowanych

rozwiązań jest certyfikacja urządzeń medycznych. W tym zakresie **rekomenduje się przeprowadzenie analizy wymagań dotyczących certyfikacji robotów medycznych.** Do robotów medycznych została zakwalifikowana duża grupa urządzeń, które oddziałują na człowieka: od ingerencji w jego ciało przy operacjach chirurgicznych, poprzez oddziaływanie na kończyny górne i dolne przy rehabilitacji, po przebywanie w bliskim otoczeniu przez roboty opiekuńcze. W związku z tym, wymagania, które należy spełnić, aby uzyskać certyfikację będą zróżnicowane dla poszczególnych rodzajów robotów. Dlatego tak ważna jest analiza i opracowanie raportu wspomagającego przedsiębiorców w pozyskaniu certyfikacji oferowanych przez nich urządzeń. Warto, aby taki raport odnosił się również do takich zagadnień, jak:

- konieczność certyfikacji komponentów do robotów medycznych (np. narzędzi),
- wskazanie etapów, na jakich wymagana jest certyfikacja,
- określenie wymogów powtórnej certyfikacji po dodaniu do certyfikowanego robota nowego komponentu.

5. Oprócz uproszczenia i wyjaśnienia procedur certyfikacyjnych, **rekomendowane jest również wsparcie przedsiębiorców**

w formie dopłat na certyfikację robotów medycznych. Obniży to całkowity koszt wprowadzenia robotów na rynek (co znacząco powinno zwiększyć skalę zamówień) oraz może zachęcić przedsiębiorców do realizowania projektów z zakresu robotyki medycznej.

Spis rysunków i tabel

Rysunek 1. Schemat prezentujący metodykę prac nad BTR w branży robotów medycznych	18
Rysunek 2. Wielkość firm z branży robotów medycznych biorących udział w SL	19
Rysunek 3. Lokalizacja firm z branży robotów medycznych biorących udział w SL....	19
Rysunek 4. Wielkość sprzedaży nowych robotów medycznych na świecie w latach 2016 i 2017 oraz prognozy sprzedaży na rok 2018 i okres 2019 – 2021	24
Rysunek 5. Liczba zgłoszeń patentowych i udzielonych patentów w Stanach Zjednoczonych w latach 2009 – 2019 z branży robotów medycznych	29
Rysunek 6. Wartość sprzedaży nowych robotów medycznych na świecie w latach 2016 i 2017 oraz prognoza na rok 2018 i okres 2019 – 2021	31
Rysunek 7. Liczba robotów da Vinci zainstalowanych na świecie w 2018 roku	32
Rysunek 8. Robot chirurgiczny da Vinci	34
Rysunek 9. Robot chirurgiczny CyberKnife	34
Rysunek 10. Robot nawigacyjny ExcelsiusGPS	36
Rysunek 11. Roboty rehabilitacyjne firmy Hacoma	36
Rysunek 12. Robot mobilny Care-O-Bot IV	37
Rysunek 13. Robot ratunkowy QUINCE.....	37
Rysunek 14. Pediatryczny robot treningowy HALL	37
Rysunek 15. Sztuczna dłoń bebionic hand.....	38
Rysunek 16. Robot chirurgiczny Robin Heart	44
Rysunek 17. Bioniczna dłoń firmy vBionic	45
Rysunek 18. System wydający leki UnitDoseOne.....	45
Rysunek 19. Analiza PESTEL branży robotów medycznych.....	52
Rysunek 20. Schemat scenariusza rozwoju obszaru „Techniki informacyjne”	68
Rysunek 21. Schemat scenariusza rozwoju obszaru „Systemy wizyjne”	73
Rysunek 22. Schemat scenariusza rozwoju obszaru „Sensory”	78
Rysunek 23. Mapa drogowa rozwoju sektora robotów medycznych w zakresie technik informacyjnych, systemów wizyjnych i sensoryki	79
Tabela 1. Analiza SWOT branży robotów medycznych.....	51
Tabela 2. Obszary technologiczne powiązane z robotami medycznymi	57

Źródła

1. Bioniczna ręka. Polski projekt może być przełomem, Business Insider Polska, businessinsider.com.pl
2. Innovations Trends in Global Medical Robots Market Anticipated to See Major Growth in Next Five Years, April 2018, www.medgadget.com
3. Is J&J Becoming a Surgical Robotics Powerhouse?
<https://www.mddionline.com/jj-becoming-surgical-robotics-powerhouse>
4. Mini patent landscape reports Robotic Surgery, Parola Analytics, 2019
5. Postępy robotyki, Prace Naukowe Elektronika z. 196, pod redakcją K. Tchonia i C. Zielińskiego, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2018
6. Raport Markets and Markets, lipiec 2018,
<https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/medical-robotic-systems.asp>
7. Raport z pogłębionej analizy obszaru: Roboty medyczne, Warszawa 2018
8. Robot da Vinci w Polsce – zastosowanie i dostępność, J. Gośliński, zwrotnikraka.pl, listopad 2018
9. Robotyka medyczna w Polsce, Z. Nawrat, Medical Robotics Reports - 1/2012
10. System da Vinci, czyli droga przez mękę technologii robotowej,
www.rynekzdrowia.pl
11. Sytuacja na rynku urządzeń medycznych w Polsce i wybranych państwach UE, K. KroczeK, Z. Nawrat, Medical Robotics Reports – 6/2017
12. The future of medical robotics, Jeremy Russell, November 2017,
www.itproportal.com/features/the-future-of-medical-robotics
13. Transforming healthcare through artificial intelligence systems. AI Health and Life Sciences, Frost & Sullivan, 2016
14. World Robotics 2018 Service Robots, Raport Międzynarodowej Federacji Robotyki, 2018



Infolinia: 801 332 202
info@parp.gov.pl

Obserwuj nas także na:

