

WYKORZYSTANIE METODY DYNAMIKI SYSTEMÓW W ANALIZIE PROCESU ZARZĄDZANIA ROZWOJEM TECHNIKI WOJSKOWEJ

Niniejszy artykuł stanowi prezentację metody dynamiki systemów (ang. business dynamics) jako narzędzia wspomagającego podejmowanie decyzji w procesie zarządzania rozwojem techniki wojskowej. Metoda ta została wykorzystana przez Autora w trakcie realizacji rozprawy doktorskiej pt. „System tworzenia i transferu technologii dualnych od sektora wojskowego do sektora cywilnego” m.in. do analizy funkcjonowania systemu realizacji prac B+R+W w Siłach Zbrojnych RP obowiązującego w latach 1996-2005.

1. Wprowadzenie: metody i techniki zarządzania w procesie rozwoju techniki wojskowej

Analizując rozwój nowoczesnych systemów uzbrojenia w przeciągu ostatnich kilkunastu lat, można zaobserwować radykalne zmiany w podejściu do prowadzenia prac badawczo-rozwojowych w tym zakresie. Wyznacznikiem tych zmian są w szczególności:

- zmiana priorytetów obronnych,
- pojawienie się nowych kategorii zagrożeń (terroryzm, konflikty lokalne),
- ograniczenia budżetów obronnych wielu państw,
- ograniczanie liczebności sił zbrojnych i spadek krajowych zamówień na uzbrojenie i sprzęt wojskowy,
- konieczność wymiany/modernizacji istniejącego uzbrojenia i sprzętu wojskowego,
- rosnące wymagania odnośnie uzbrojenia i sprzętu wojskowego,
- rosnące koszty i dłuższe cykle opracowywania nowych rozwiązań technicznych.

Budowa złożonych systemów uzbrojenia stwarza szczególne problemy związane z opracowaniem założeń taktyczno-technicznych a następnie koordynacji wielu wykonawców realizujących złożone kompleksy zadań. Elementem opracowania założeń taktyczno-technicznych jest specyfikacja wymagań (specyfikacja funkcjonalna) tj. opis funkcji realizowanych przez system. Jest ona podstawą dekompozycji systemu, punktem wyjścia projektowania technicznego (szczegółowego) podsystemów, a w końcu umożliwia integrację systemu i koordynację prac podwykonawców. Problemy te ujawniły się m.in. wraz z dużymi projektami informatycznymi na potrzeby wojska oraz dla instytucji rządowych a także budową dużych systemów uzbrojenia zarówno na etapie ich projektowania jak i produkcji. Rozwiązano je w kompleksowy sposób w trakcie realizacji programu samolotu F-15. Na potrzeby tego projektu opracowana została *metoda IDEF 0* (ang.

Integrated Computer Aided Manufacturing Definition). Jej duża skuteczność spowodowała, iż jej stosowanie stało się obligatoryjne przy realizacji wszelkich programów zbrojeniowych finansowanych ze środków Departamentu Obrony USA. Metoda ta zdobyła sobie szybko uznanie i popularność w przedsiębiorstwach cywilnych oraz dała początek licznej *rodzinie metod IDEF* wspomagających różne etapy projektowania złożonych systemów organizacyjnych i technicznych. Szczególnym wyzwaniem okazało się zarządzanie złożonymi programami naukowo-badawczymi i wdrożeniowymi, realizowanymi w warunkach ostrych ograniczeń czasowych (wyścig zbrojeń). W okresie tym (tj. lata 1950-1970-te) powstało wiele klasycznych już metod i technik zarządzania, które szybko znalazły uznanie i liczne zastosowania cywilne. Reprezentatywnym tego przykładem może być koncepcja *planowania długookresowego*, której współtwórcą był Robert McNamara, Sekretarz Obrony USA. Planowanie długookresowe dało początek współczesnym koncepcjom zarządzania strategicznego a także wielu innym, szczegółowym metodom i technikom zarządzania, w tym zwłaszcza metodom prognozowania i planowania takim, jak: *metoda delficka*, *metoda drzewa celów PATTERN* czy też znana również w Polsce *metoda PPBS* (ang. Planning, Programing and Budgeting System).

Równie duże zmiany można zaobserwować w otoczeniu przedsiębiorstw (nie tylko zbrojeniowych), zmuszając je do podejmowania radykalnych często działań dostosowawczych. Wśród głównych elementów tych zmian należy wymienić:

- procesy globalizacyjne,
- szybkie i trudne do przewidzenia co do siły i kierunku zmiany w otoczeniu,
- rosnąca konkurencja oraz pojawianie się nowych graczy na rynku globalnym,
- presja na poprawę jakości, obniżkę kosztów, terminy dostaw, poziom obsługi klienta,
- szybkie tempo postępu naukowego i technicznego.

Zmiany te stworzyły nowe zapotrzebowanie i wymagania i odnośnie metod i technik zarządzania. Zarazem wiele ze znanych dotychczas metod i technik okazało się mało przydatnymi w nowych warunkach. Zakres i głębokość tych zmian oraz ich wpływ na nauki o organizacji i zarządzaniu jest tak daleko idący, iż coraz częściej mówi się wręcz o zmianach paradygmatów organizacji i zarządzania. Obserwacje wskazują, iż nowe paradygmaty organizacji i zarządzania kładą szczególny nacisk na:

- wzrost znaczenia czynnika ludzkiego i kapitału intelektualnego organizacji;
- wzrost elastyczności;
- zmiany i zarządzanie zmianami;
- innowacje i postęp techniczny;
- prymat potrzeb klienta, nacisk na jakość.

W przeszłości potrzeby programów zbrojeniowych były inspiracją dla powstania wielu klasycznych już dziś metod i technik zarządzania badaniami i produkcją, z których większość znalazła szybko uznanie i liczne zastosowania w sektorze cywilnym. Liczne obiektywne przesłanki powodują, iż obecnie coraz częściej mamy do czynienia z procesem odwrotnym: metody i techniki zarządzania badaniami i produkcją na potrzeby cywilne znajdują zastosowanie w sektorze wojskowym. W sektorze cywilnym powyższe zmiany spowodowały pojawienie się wielu nowych koncepcji, metod i technik zarządzania, które okazały się być interesujące także dla sektora wojskowego. Atrakcyjność rozwiązań cywilnych dla wojska wzrasta wraz z wyraźną poprawą parametrów techniczno-użytkowych wyrobów, wzrostem możliwości stosowanych technologii a także nowymi kierunkami badań, których wyniki mogą mieć potencjalnie duże zastosowanie w wojsku (biotechnologie,

nanotechnologie, technologie informacyjne i komunikacyjne i in.). Mniej znane są natomiast metody i techniki zarządzania opracowane pierwotnie na potrzeby sektora cywilnego, które mogą być niezwykle atrakcyjne dla sektora wojskowego. Jedną z takich metod jest dynamika systemów, opierająca się na wykorzystaniu paradygmatu informacji, działania i skutków. R.G. Coyle przyjął uogólnioną definicję dynamiki systemów: „...*Dynamika systemów zajmuje się zachowaniem systemów w czasie, celem opisu systemu i jego zrozumienia poprzez modele jakościowe i ilościowe, sposobu reakcji na sprzężenia zwrotne oraz projektowania właściwych sprzężeń informacyjnych oraz metod sterowania (polityk) za pomocą symulacji i optymalizacji...*”. W dalszej części artykułu zostanie zaprezentowane praktyczne wykorzystanie tej metody do analizy systemu realizacji prac badawczo-rozwojowych i wdrożeniowych w resorcie Obrony Narodowej, który funkcjonował w latach 1996-2005.

2. Podstawowe założenia metody

Dynamika systemów jest jedną z form myślenia systemowego, która jako dyscyplina naukowa została stworzona przez prof. Jay'a Forrestera z Massachusetts Institute of Technology. Wywodzi się ona z nauk o zarządzaniu oraz inżynierskich lecz jest wykorzystywana jako narzędzie analizy systemów społecznych, ekonomicznych, fizycznych, chemicznych, biologicznych oraz ekologicznych. Sama metoda dynamiki systemów jest podzielona na 5 zasadniczych etapów realizacji (rys.1). Etap 1 obejmuje ogólne zapoznanie się z problemem i ustalenie głównych problemów (pytania typu „jak...?” i „dlaczego...?”). Na tym etapie rzadko się zdarza by znaleźć właściwe odpowiedzi na powstały problem. Na etapie 2 następuje opisanie systemu za pomocą tzw. schematu oddziaływań (przyczynowo-skutkowego). Schemat ten tworzony jest z wykorzystaniem odpowiedniej notacji oraz zasad jego konstruowania opisanymi szczegółowo w literaturze przedmiotu. Etap 3 obejmuje przeprowadzenie analizy jakościowej tj. głębszego zrozumienia funkcjonowania systemu na podstawie zbudowanego schematu. Jest to jedna z najważniejszych faz w metodzie dynamiki systemów, która często prowadzi do osiągnięcia znaczących rezultatów tj. do rozwiązania problemu. Na tym etapie do stworzonego schematu oddziaływań dorysowywane są tzw. świeże pomysły i nowe teorie. Świeże pomysły wynikają ze zdobytych doświadczeń w analizowaniu innych problemów. Może to być np. zbiór pętli sprzężeń zwrotnych będących wynikiem rozwiązania innego przypadku. Nowe teorie są poglądami osób posiadającymi odpowiednie doświadczenie (wiedzę) dotycząca analizowanego systemu. Prowadzą one np. do znalezienia błędów w prowadzonej analizie lub powodów dlaczego tak się stało; zazwyczaj stanowią użyteczne źródło wiedzy na temat danego problemu.

Jeżeli analiza jakościowa nie przyniosła oczekiwanych rezultatów, następuje etap 4 – opracowanie modelu symulacyjnego. Do tego celu wykorzystywany jest uprzednio stworzony schemat oddziaływań i jeżeli był on właściwie skonstruowany, to model symulacyjny może być stworzony z niego bez odrębnej fazy tworzenia tzw. schematu przepływów. Do celu budowy modelu symulacyjnego wykorzystuje się dostępne oprogramowanie wspomagające tworzenie i analizę takich modeli. Obecnie najczęściej wykorzystywanymi pakietami są: ithink®, Vensim® oraz Powersim®. Etap 5 polega na wykorzystaniu wniosków wynikających z analizy jakościowej oraz danych z analizy ilościowej. Na wstępie (Etap 5A) główny nacisk jest położony na opracowanie sposobów postępowania (strategii) oraz badania systemu z wykorzystaniem symulacji potencjalnych zmian w systemie. Etap 5B to

podjętych działań stanowi wejście do generowania kolejnych działań – czyli jest to pętla sprzężenia zwrotnego, co stanowi podstawę założeń metody.

3. Sformułowanie opisu sytuacji problemowej

Metoda dynamiki systemów w opisywanym przypadku została wykorzystana jako podsumowanie przeprowadzonych analiz i badań z zakresu możliwości przeprowadzenia procesu transferu technologii dualnych (tj. o jednoczesnym potencjale zastosowań cywilnych i wojskowych) z sektora wojskowego do sektora cywilnego, co stanowiło główny problem badawczy rozważany w trakcie dysertacji. Celem takiego postępowania była identyfikacja barier w procesie transferu technologii od zastosowań wojskowych do zastosowań cywilnych, a także zidentyfikowanie możliwych kanałów transferu technologii. Wstępna analiza problemu wykazała, że w systemie realizacji prac badawczo-rozwojowych i wdrożeniowych (B+R+W) w Siłach Zbrojnych RP można było wyodrębnić podsystem tworzenia i transferu technologii dualnych od sektora wojskowego do sektora cywilnego. Pośrednim efektem funkcjonowania systemu realizacji prac B+R+W dla SZ RP jest zbiór rozwiązań technicznych (technologii), które oprócz zastosowań wojskowych mają duży potencjał zastosowań cywilnych. Tak więc podstawę do sformułowania opisu sytuacji problemowej stanowiła charakterystyka systemu realizacji prac B+R+W w Siłach Zbrojnych RP oraz m. in. wnioski płynące z analizy studiów przypadków (case studies) rozwoju technologii dualnych w Instytucie Optoelektroniki WAT. Sytuacja problemowa została sformułowana w następujący sposób:

W Siłach Zbrojnych RP prowadzone są prace badawczo-rozwojowe oraz wdrożeniowe (prace B+R+W) dotyczące nowych technologii mających przyszłe zastosowania wojskowe. Realizatorem prac badawczo-rozwojowych jest tzw. wykonawca pracy B+R+W (cywilny lub wojskowy), który dysponuje określonymi zasobami ludzkimi i sprzętowymi oraz niezbędnym zasobem wiedzy do realizacji problemu. Finansowanie tych prac odbywa się z dwóch źródeł: funduszy na prace B+R+W z MON oraz MNil¹ – w postaci grantów na realizację projektów związanych z danym zagadnieniem. Oba źródła finansowania nie są stabilne i podlegają znacznym wahaniom lub np. od pozytywnego rozstrzygnięcia konkursu na realizację projektów badawczych w MNil. Finansowanie prac na rzecz obronności przez MNil opiera się na tych samych zasadach co projektów cywilnych, co przy nie uwzględnieniu specyfiki prac B+R na rzecz obronności, trwających zazwyczaj kilka lat, powoduje powstawanie zakłóceń w procesie finansowania realizacji prac. Z drugiej strony, wydatki na prace badawczo-rozwojowe i wdrożeniowe w MON traktowane są jako wydatki bieżące a nie jako inwestycja, przez co narażone są na ograniczanie ze względu na inne potrzeby SZ RP.

Podczas realizacji prac B+R na potrzeby wojskowe zwiększa się potencjał wiedzy naukowej i technicznej wykonawcy. Natomiast ryzyko projektu jest uzależnione od postawionych wymagań oraz od nakładów finansowych przeznaczonych na jego realizację. Jeżeli wykonawca pracy posiada odpowiedni zasób wiedzy technicznej i naukowej, to w trakcie realizacji pracy B+R może obserwować powstawanie i zmianę wielkości dualnego potencjału technologii, tj. pojawiania lub zanikania nowych (lub innych) obszarów zastosowań technologii niż to pierwotnie zaplanowano – zazwyczaj są to zastosowania cywilne. Przebieg dualnego potencjału technologii jest zmienny w czasie i zależy od rodzaju opracowywanej technologii i bieżącej fazy rozwoju. Dzieje się tak z powodu prowadzenia

¹ obecnie Ministerstwo Edukacji i Nauki.

szerokiego zakresu prac, obejmującego badania podstawowe, badania rozwojowe oraz prace wdrożeniowe. Badania podstawowe z natury rzeczy nie są ukierunkowane na konkretne zastosowania, dlatego stanowią punkt wejścia do określenia dualnego potencjału technologii. Ponadto wykorzystuje się wspólne podstawy fizyczne zjawisk co przekłada się na wspólny obszar zastosowań.

Mimo posiadania sporego zaplecza badawczo-rozwojowego, MON tylko w niewielkiej części wykorzystuje jego potencjał intelektualny i sprzętowy ponieważ znacznie więcej technologii jest nabywanych zagranicą. Mimo że wydatki na prace B+R+W w MON stanowią 1-1,75% budżetu MON na dany rok, to część środków przeznaczanych na badania stosowane jest niewykorzystywana. Gestorzy uzbrojenia i sprzętu wojskowego są zainteresowani jak najszybszym otrzymaniem nowoczesnych rozwiązań technicznych i często dokonują zakupów poza granicami kraju, omijając w ten sposób konieczność długiego (3-5 lat) oczekiwania na zakończenie procesu rozwoju technologii w kraju. Dominujący obecnie model myślowy gestorów uzbrojenia i sprzętu wojskowego o pracach B+R można sformułować następująco:

Lepiej kupować nowy sprzęt (za granicą) niż przez wiele lat finansować badania (w kraju), których efekty są odległe w czasie i niepewne.

Z kolei niepełne wykorzystywanie posiadanych zasobów do realizacji prac B+R powoduje, że wykonawcy tych prac na rzecz MON rozpoczynają poszukiwania nowych (nie wojskowych) tematów badawczych do realizacji, celem utrzymania posiadanego potencjału. Studia przypadków rozwoju technologii w IOE WAT pokazały, że jednym ze sposobów utrzymania posiadanego potencjału jest znalezienie nowych zastosowań na rynku cywilnym dla opracowywanych technologii wojskowych lub równoczesne prowadzenie prac nad zastosowaniami wojskowymi i cywilnymi danej technologii. Wykorzystuje się w ten sposób kumulację wiedzy zdobytej podczas realizacji programów rozwoju technologii wojskowych oraz wiedzy uzyskanej podczas realizacji zadań na rzecz sektora cywilnego co może pozwolić na rozwiązywanie skomplikowanych problemów naukowych i technologicznych istniejących zarówno w sektorze wojskowym jak i cywilnym. W przypadku realizacji pracy B+R+W na podstawie umowy zawartej z DPZ MON (jako zamawiającym), prawa dysponowania wynikami prac w postaci dokumentacji, modeli, prototypów itp. przechodzą na rzecz zamawiającego. Natomiast prawa do patentów na wynalazki i świadectwa ochronne na wzory użytkowe uzyskane w wyniku prac objętych umową przysługują wykonawcy, a w odniesieniu do wynalazków i wzorów użytkowych wchodzących w zakres obrony Państwa – Skarbowi Państwa reprezentowanemu przez zamawiającego.

Wykorzystując notację metody dynamiki systemów, na rys. 2 przedstawiono schemat przyczynowo-skutkowy systemu realizacji prac B+R+W w Siłach Zbrojnych RP, gdzie można wyróżnić następujące pętle sprzężenia zwrotnego:

- pętla 1: realizacja prac B+R+W w Siłach Zbrojnych RP;
- pętla 2: zakupy uzbrojenia zagranicą;
- pętla 3: wykorzystanie posiadanych zasobów do realizacji prac B+R+W.

Pętla 1 posiada ujemne sprzężenie zwrotne tj. dąży do spełnienia postawionych wymagań Sił Zbrojnych RP odnośnie nowych typów uzbrojenia i sprzętu wojskowego. Zasadniczy wpływ na funkcjonowanie tej pętli mają średni czas trwania pracy B+R+W (SCPBRW) oraz współczynnik efektywności prac B+R+W (WEBRW), który określa stosunek poniesionych nakładów do osiągniętych rezultatów. Długi

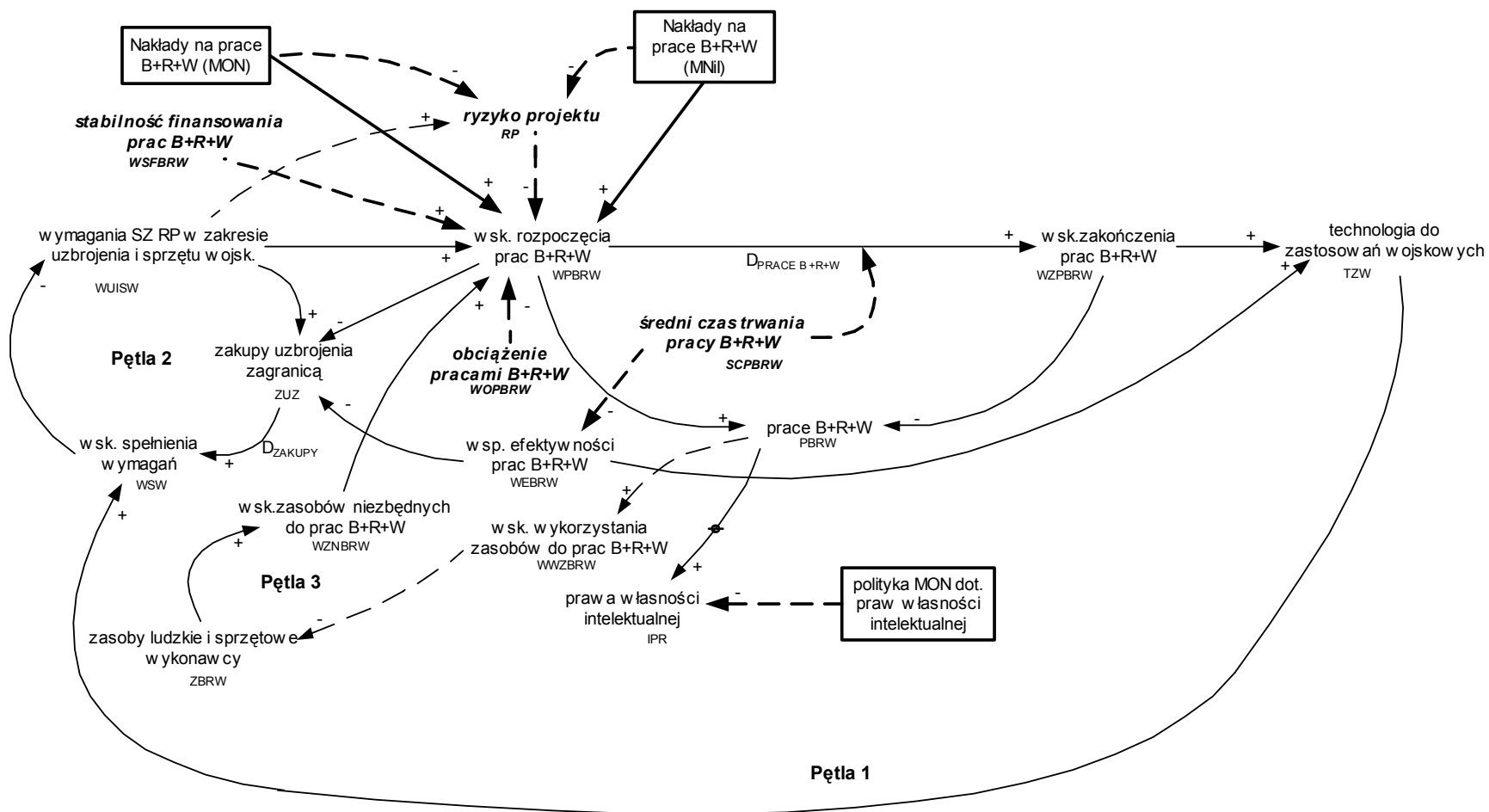
czas realizacji pracy B+R+W sprawia, że spada efektywność prowadzenia tych prac, co w połączeniu z niestabilnością finansowania prowadzi do zwiększenia tendencji do dokonywania zakupów uzbrojenia zagranicą. Jak można zauważyć, wskaźnik rozpoczęcia prac B+R+W (WPBRW) zależy nie tylko od czynników endogenicznych jak wskaźnik wykorzystania zasobów (Wykonawcy) do prac B+R+W (WWZBRW), lecz również od czynników egzogenicznych – nakładów finansowych ze strony MON i MNil przeznaczanych na te prace. Ryzyko projektu wyrażone jest poprzez wskaźnik ryzyka projektu (WRP) uwzględniający czynnik WUISW, parametr SCPBRW oraz wielkości nakładów na prace B+R+W. Pętla 2 również posiada ujemne sprzężenie zwrotne. Istotnym czynnikiem jest w tym przypadku czas niezbędny do spełnienia postawionych wymagań w zakresie uzbrojenia i sprzętu wojskowego (WUISW), który jest znacznie krótszy od czasu procesu B+R+W dotyczącego nowego uzbrojenia:

$$D_{ZAKUPY} \ll D_{B+R+W}$$

Odzwierciedla to dominujący w tej chwili model myślowy gestorów uzbrojenia i sprzętu wojskowego odnośnie zaspokojenia ich potrzeb w tym zakresie – im więcej zakupów jest dokonywanych zagranicą, tym mniej jest tematów do podjęcia prac B+R+W.

Wymienione powyżej pętla stanowią odwzorowanie systemu tworzenia technologii wojskowych, który dąży do spełnienia wymagań Sił Zbrojnych RP w zakresie uzbrojenia i sprzętu wojskowego. Pętla 3 przedstawia sposób wykorzystania zasobów Wykonawcy (tj. personelu i sprzętu) do realizacji prac B+R+W. Na funkcjonowanie systemu wpływają w dużym stopniu siły zewnętrzne: wysokość nakładów na prace B+R+W ze strony MON, wysokość nakładów na prace B+R+W ze strony MNil oraz polityka MON w zakresie praw własności intelektualnej. Działanie systemu regulują trzy podstawowe parametry:

- stabilność finansowania prac B+R+W, który odzwierciedla występujące problemy z wysokością oraz czasem finansowania prac;
- stopień obciążenia wykonawcy pracami B+R+W wpływający na decyzje o podejmowaniu kolejnych prac;
- średni czas trwania pracy B+R+W, który wpływa na współczynnik efektywności prac B+R+W.



Rys. 2 Schemat przyczynowo-skutkowy systemu realizacji prac B+R+W w Siłach Zbrojnych RP.

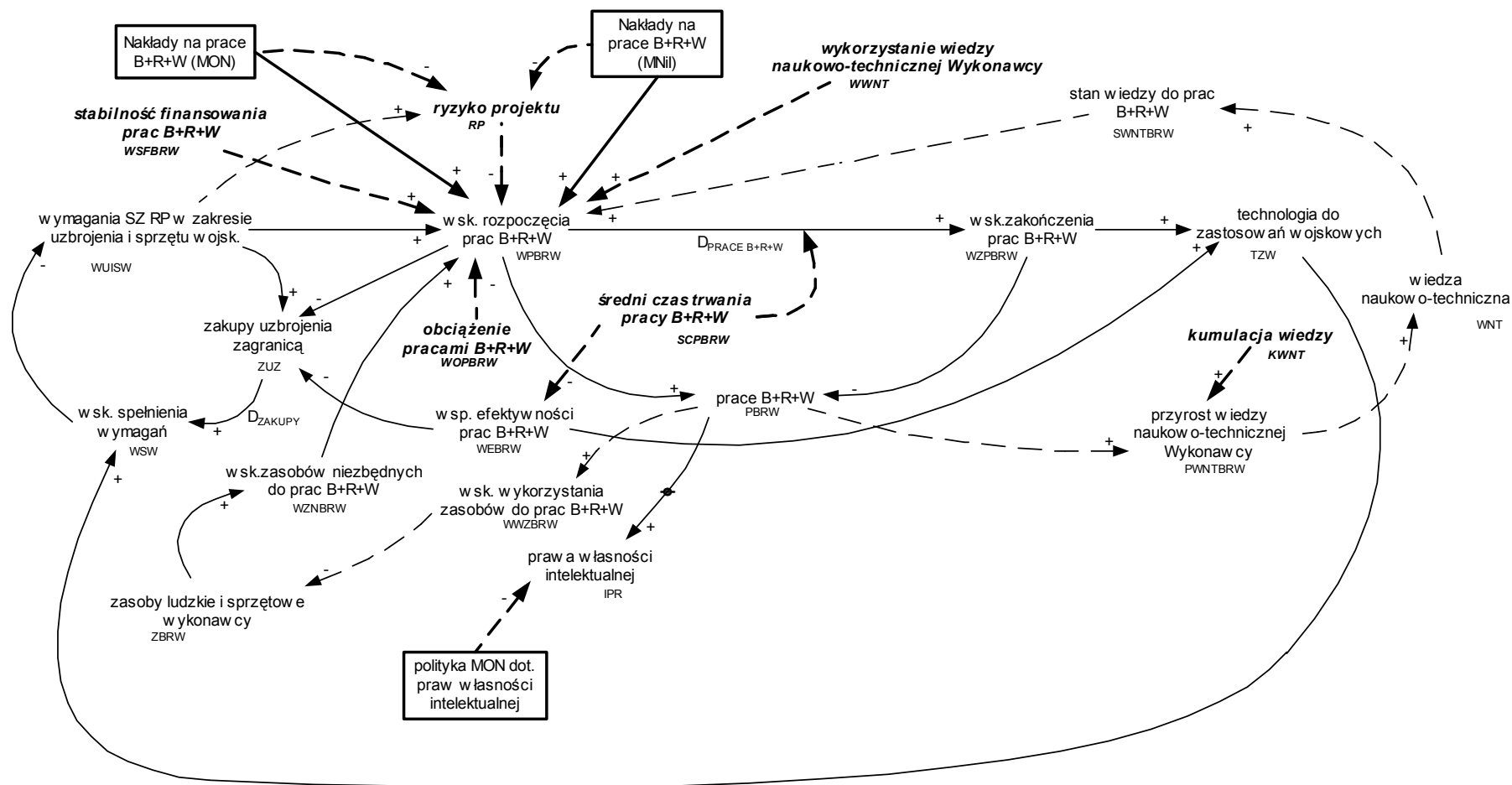
Tak zbudowany schemat przyczynowo-skutkowy został rozbudowany – zgodnie z opisem sytuacji problemowej – o dalsze pętle sprzężenia zwrotnego. Chodzi przede wszystkim o ukazanie w jaki sposób generowana jest wiedza naukowo-techniczna oraz w jakim stopniu wykorzystywane są zasoby ludzkie i sprzętowe do prac na potrzeby sektora cywilnego. Na rys. 3 przedstawiono schemat przyczynowo-skutkowy systemu realizacji prac B+R+W w Siłach Zbrojnych RP uzupełniony o pętlę generowania i wykorzystania wiedzy naukowo-technicznej powstającej w trakcie realizacji pracy B+R+W. Jest to pętla dodatniego sprzężenia zwrotnego, która ukazuje przyrost w czasie wiedzy naukowo-technicznej wykonawcy pracy. Łatwo zauważyć, że pętla zakupów uzbrojenia zagranicą nie jest objęta generowaniem nowej wiedzy. Posiadana wiedza naukowo-techniczna pozwala na identyfikację zastosowań innych niż wojskowe na poszczególnych etapach pracy. Ponadto do realizacji dualnego potencjału technologii (DPT) można wykorzystać zasoby ludzkie i sprzętowe, które nie są zaangażowane w realizację prac B+R+W na rzecz Sił Zbrojnych RP. Dualny potencjał technologii charakteryzuje w sposób pośredni transfer technologii od sektora wojskowego do sektora cywilnego. Wartość DPT zależy od następujących czynników:

- wskaźnika wykorzystania praw własności intelektualnej (WIPR);
- stopnia wykorzystania zasobów (Wykonawcy) dla sektora cywilnego (np. prac B+R na rynek cywilny) WWZSC;
- obszaru możliwych zastosowań cywilnych (OMZC) aktualnie prowadzonych prac B+R+W.

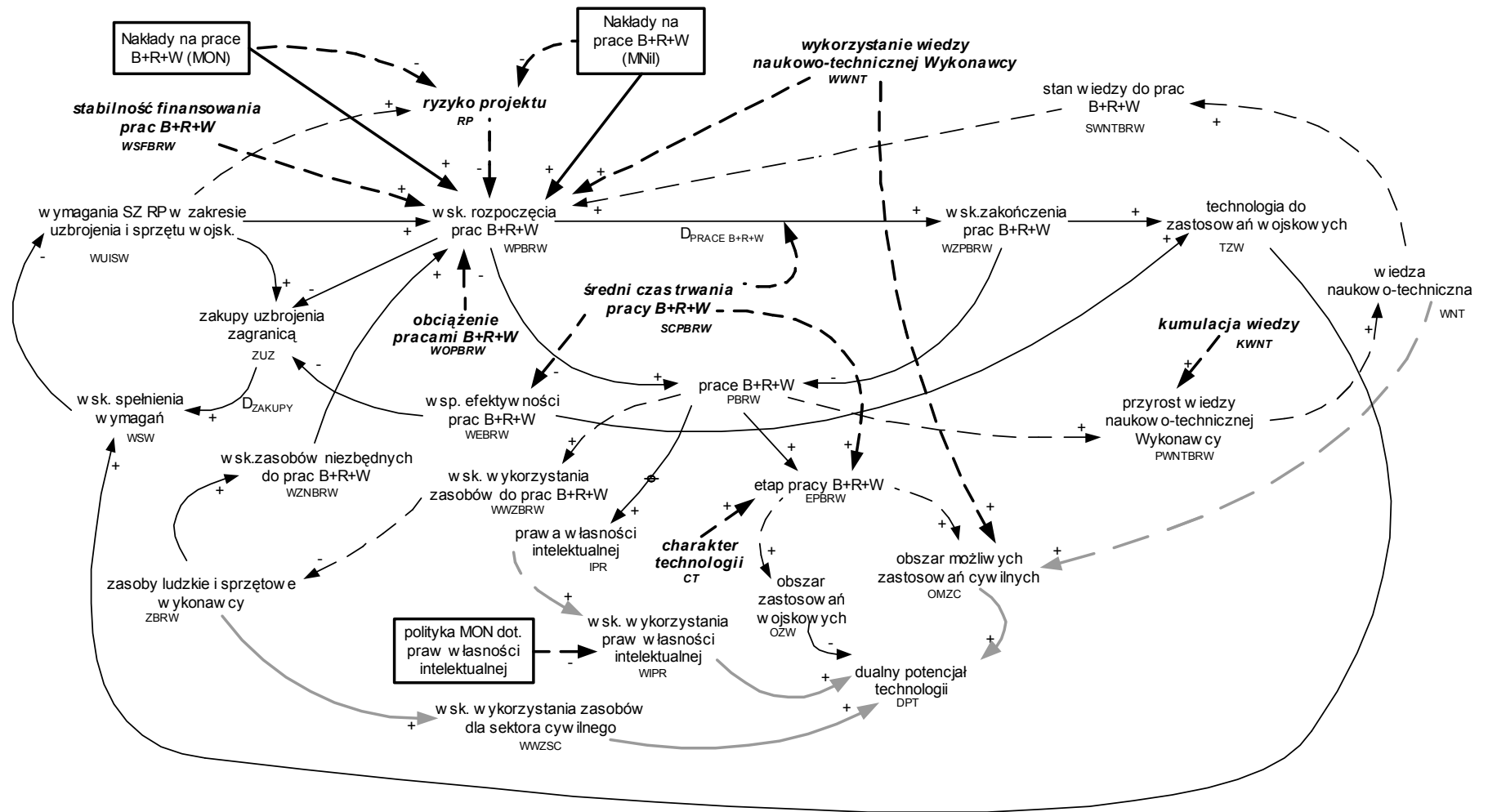
Można wyodrębnić następujące kanały transferu technologii od zastosowań wojskowych do zastosowań cywilnych:

- transfer wiedzy naukowo-technicznej (WNT) zdobytej podczas prac B+R+W nad technologiami wojskowymi do prac B+R, które prowadzone są na rynek cywilny;
- wykorzystanie zasobów tych zasobów Wykonawcy do prac B+R na rynek cywilny, które nie są wykorzystane do prac B+R+W na rzecz Sił Zbrojnych RP (WWZSC);
- transfer praw własności intelektualnej niezbędnych do podjęcia prac B+R na rynek cywilnych i do dalszej komercjalizacji technologii (WIPR);
- precyzyjne określenie obszaru możliwych zastosowań cywilnych (OMZC) technologii mającej pierwotnie zastosowanie wojskowe.

Na rys. 4 liniami kolorowymi zaprezentowano kanały transferu technologii do zastosowań cywilnych.



Rys. 3 Schemat przyczynowo-skutkowy systemu realizacji prac B+R+W z dodaną pętlą generowania przyrostu wiedzy naukowo-technicznej.



Rys. 4 Zidentyfikowane kanały transferu technologii w systemie realizacji prac B+R+W dla Sił Zbrojnych RP

4. Wnioski z analizy jakościowej modelu

Wyniki otrzymane z analizy jakościowej schematu przyczynowo-skutkowego pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

- istnieją kanały transferu technologii od zastosowań wojskowych do zastosowań cywilnych – jest to przede wszystkim transfer wiedzy oraz transfer zasobów ludzkich i sprzętowych;
- istotnym problemem jest kwestia praw własności intelektualnej jakie są generowane w trakcie realizacji prac B+R+W finansowanych przez MON; prawa własności intelektualnej stanowią kolejny kanał transferu technologii;
- proces realizacji prac B+R+W na rzecz Sił Zbrojnych jest ściśle związany z kreowaniem nowej wiedzy naukowo-technicznej, która może służyć rozwiązywaniu skomplikowanych problemów technicznych również w obszarze cywilnym;
- dokonywanie zakupów uzbrojenia zagranicą powoduje brak wzrostu potencjału naukowo-technicznego wszystkich potencjalnych wykonawców prac B+R+W dla Sił Zbrojnych;
- nieprecyzyjne formułowanie wymagań połączone z niestabilnością finansowania prac B+R+W wpływa niekorzystnie na efektywność prowadzonych prac;
- w trakcie realizacji prac B+R+W można zaobserwować powstawanie dualnego potencjału technologii, który w zależności od charakteru technologii i etapu pracy ma różną wartość;
- dualny potencjał technologii może być wykorzystany do poprawy funkcjonowania systemu realizacji prac B+R+W dla Sił Zbrojnych poprzez minimalizację jego wartości;
- odpowiednie wykorzystanie posiadanych zasobów do prac nad komercjalizacją technologii pozwala na złagodzenie skutków trwającej restrukturyzacji oraz przyczynia się do wzrostu wiedzy naukowo-technicznej.

Paradoksalnie oprócz ukazania informacji istotnych z punktu widzenia realizacji celów pracy doktorskiej, najwięcej możliwości przedstawił sobą wpływ rozwoju technologii dualnych na funkcjonowanie systemu realizacji prac B+R+W w Siłach Zbrojnych RP. Analiza schematu przyczynowo-skutkowego ukazała słabe punkty w działaniu systemu, które zostały wymienione poniżej:

- zbyt długi czas realizacji prac B+R+W w porównaniu z czasem potrzebnym do zakupu uzbrojenia zagranicą;
- niski współczynnik efektywności prowadzonych prac B+R+W (WEBRW);
- nie uwzględnienie innych zastosowań wojskowych opracowywanych technologii;
- nie uwzględnienie charakteru technologii, które są przedmiotem prac B+R+W;
- niepełne wykorzystanie posiadanych zasobów do realizacji prac B+R+W.

Przyjmując, że jeżeli średni czas realizacji pracy B+R+W na potrzeby Sił Zbrojnych wynosi 3-5 lat oraz że istnieje duża niestabilność finansowania tych prac, to wartość współczynnika WEBRW jest niska. To z kolei wpływa negatywnie na poziom tworzonych technologii oraz daje argumenty gestorom uzbrojenia i sprzętu wojskowego do przeznaczania większych środków finansowych na zakup uzbrojenia zagranicą. Prowadzenie całego spektrum prac, od badań podstawowych do wykonania prototypu jest długotrwałe i obciążone wysokim stopniem ryzyka niepowodzenia. Istotną zmianą, którą można wprowadzić do systemu jest więc skrócenie czasu prowadzenia prac B+R+W. Można to osiągnąć poprzez położenie nacisku na realizację prac rozwojowych i wdrożeniowych nad technologiami, które roszą nadzieję na konkretne zastosowania wojskowe – tak by zminimalizować ich

dualny potencjał technologii. Kolejnym aspektem jest prowadzenie analiz nad charakterem technologii będących przedmiotem zainteresowania – być może lepiej jest dokonać np. zakupu gotowych komponentów z rynku cywilnego i przystosować je do zastosowań wojskowych niż prowadzić prace B+R+W w tym zakresie. Innym problemem jest zwiększenie obszaru zastosowań wojskowych wyników prowadzonych prac B+R+W. Im ten obszar będzie większy, tym mniejszy staje się dualny potencjał technologii co jest wyznacznikiem trafności przyjętych rozwiązań. Utrzymanie minimalnej wartości dualnego potencjału technologii w trakcie w całym jej cyklu życia powinno być jednym z celów funkcjonowania systemu realizacji prac B+R+W w Siłach Zbrojnych RP. Informacja dotycząca wartości dualnego potencjału technologii może być wykorzystana do wprowadzania zmian w procesie B+R+W, który powinien charakteryzować się następującymi cechami:

- jak najkrótszym czasem trwania prac B+R+W;
- jak największym wskaźnikiem efektywności prowadzenia tych prac;
- jak największym wykorzystaniem posiadanych zasobów;
- uwzględnieniem innych zastosowań wojskowych i cywilnych opracowywanych technologii.

5. Podsumowanie

Niewątpliwymi zaletami metody dynamiki systemów, które znalazły swoje potwierdzenie w trakcie jej wykorzystania są: stosunkowo szybka identyfikacja barier występujących w systemie, możliwość przeprowadzenia analizy jakościowej lub ilościowej (w zależności od potrzeb) oraz możliwość wykorzystania dostępnego na rynku oprogramowania komputerowego do analizy ilościowej. Do wad tej metody zaliczyć można skomplikowanie opisu w przypadku analizy złożonych problemów, trudności w wyznaczeniu wartości współczynników (w przypadku analizy ilościowej) a które mają decydujący wpływ na wyniki symulacji działania systemu.

Metoda dynamiki systemów może być wykorzystana do analizy innych zagadnień z zakresu zarządzania rozwojem techniki wojskowej, m.in.:

- formułowania wymagań taktyczno-technicznych dla uzbrojenia i sprzętu wojskowego;
- analizy funkcjonowania systemu zaopatrywania SZ RP w zakresie projektowania, produkcji i dostaw uzbrojenia i sprzętu wojskowego;
- badania (symulacji) różnego rodzaju rozwiązań systemowych z zakresu zarządzania rozwojem techniki wojskowej;
- analizy cyklu życia systemów uzbrojenia i sprzętu wojskowego.

Z drugiej strony, można zauważyć potencjalne bariery i trudności związane z wykorzystaniem tej i podobnych metod w sektorze wojskowym. Są nimi w szczególności:

- brak znajomości metod i technik zarządzania przydatnych na różnych etapach rozwoju systemów uzbrojenia przez właściwy personel;
- brak zaufania do tych metod co może mieć podłoże w głęboko zakorzenionym poczuciu odrębności poruszanych zagadnień w stosunku do sektora cywilnego,
- niechęć do nowości i wprowadzania zmian do aktualnie obowiązujących rozwiązań prawno-organizacyjnych,
- obrona partykularnych interesów (przemysł zbrojeniowy, wojskowe zaplecze naukowo-badawcze, instytucje centralne MON),
- brak elastyczności struktur i procedur działania w sektorze wojskowym,

- sztywność wymagań dotyczących nie tylko parametrów techniczno-użytkowych wyrobów lecz także procesów ich wytwarzania a w konsekwencji brak możliwości nawet niewielkich odstępstw od sztywnych wymagań nawet w przypadku możliwości uzyskania znacznych oszczędności kosztów,
- bariery formalne (sztywne przepisy, np. dotyczące wymagań, trudności w dokonywaniu zmian w zatwierdzonej dokumentacji – konieczność ponownych, kosztownych i długotrwałych badań kwalifikacyjnych).

Literatura

- [1] R. Harmoza, *System tworzenia i transferu technologii dualnych od sektora wojskowego do sektora cywilnego*, rozprawa doktorska, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Produkcji, Warszawa, 2005;
- [2] R. G. Coyle, *Management System Dynamics*, John Wiley&Sons, Chichester, 1979.
- [3] J. Forrester, *Industrial Dynamics*, MIT Press, Cambridge MA, 1961.
- [4] K. Santarek, R. Harmoza, *Nowoczesne metody zarządzania w badaniach i produkcji systemów uzbrojenia*, V Międzynarodowa Konferencja Uzbrojeniowa „Naukowe aspekty techniki uzbrojenia”, Waplewo, 6-8.10.2004 r.
- [5] J. D. Sterman, *Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, Mc Graw Hill, 2000.