

technicznych i technologii o wysokim ryzyku niepowodzenia pod względem możliwości zastosowania” (OECD, 2015, s. 50), pod warunkiem, że ich podstawowym celem jest dalsze udoskonalanie. W niektórych pracach jest on traktowany jednocześnie jako faza procesu innowacyjnego w przedsiębiorstwie, która następuje po etapach generowania pomysłów i idei oraz projektowania (Rothwell, 1994). Zwykle na podstawie opracowanej dokumentacji technicznej konstruowane prototypy są poddawane testom przy współudziale klienta, które obejmują prototyp zarówno samego wyrobu, jak i procesu technologicznego związanego z jego wytworzeniem. Celem takiego testowania jest przede wszystkim optymalizacja cech nowego materiału czy produktu pod względem zgodności ze specyfikacją oraz zapewnienia bezpieczeństwa dla przyszłych użytkowników i środowiska naturalnego (Urbaniak, 2017). W przypadku produktów technicznych testy laboratoryjne są związane głównie z kontrolą parametrów wytrzymałościowych i innych cech jakościowych materiałów oraz elementów infrastruktury produkcyjnej (He i in., 2014).

Dojrzałość prototypu, określona jako poziom rozwoju technologii, obejmuje różne etapy zaawansowania prototypu, począwszy od sprawdzenia wykonalności tzw. dowodu poprawności koncepcji (*proof of concept*), polegającego na właściwej weryfikacji pomysłu, w czasie której realizowane są zwykle prace rozwojowe, których pozytywne wyniki umożliwiają zgłoszenie patentowe, a skończywszy na gotowym do wdrożenia na rynku prototypie (Brown i in., 2022). W przypadku badań stosowanych i prac rozwojowych prototyp pełni często funkcję weryfikacyjną w stosunku do scenariusza aplikacyjnego gotowej technologii, ostatecznego produktu lub procesu. Każda dziedzina badań zakłada jednak inną postać prototypu, np. w biotechnologii prototyp ma charakter wyizolowanego nowego mikroorganizmu, w chemii – zaprojektowanego nowego związku chemicznego, w przypadku nauk inżynierskich – części lub całości urządzenia.

Dojrzałość prototypu jest szczególnie istotna dla przedsiębiorstw, ponieważ pozwala na określenie czasu, jaki będzie potrzebny na opracowanie produktu gotowego do wdrożenia na rynku (Thursby i in., 2001). Jak jednak zauważono, większość prototypów opracowywanych w ośrodkach akademickich jest na wczesnym etapie rozwoju (Swamidass i Vulasa, 2009). Konsekwencją tego jest duży stopień niepewności pracodawców odnośnie do materiałów, jakie należy wykorzystać, aby zwiększyć wielkość produkcji ostatecznego produktu zaspokajającą dany rynek zbytu oraz tego, czy opracowany w danej formie prototyp odpowiada potrzebom odbiorcy końcowego (Agrawal, 2006). Stąd przedsiębiorstwa częściej korzystają z dojrzałych prototypów, stanowiących gotowe do wdrożenia produkty lub procesy (Brown i in., 2022). Należy jednak podkreślić, że odsetek komercjalizowanych uniwersyteckich prototypów jest stosunkowo wysoki, np. w Stanach Zjednoczonych aż 29% wszystkich wynalazków znajdowało się na etapie prototypów w skali laboratoryjnej w momencie ich komercjalizacji poprzez licencjonowanie (Jensen i Thursby, 2001).

W niniejszym podrozdziale odniesiono się do efektów naukowych podlegających komercjalizacji, co sprowadziło się do poszukiwań w obszarze pojęciowym innowacji i wynalazku, przede wszystkim w kontekście badań akademickich oraz ostatecznego uznania technologii, produktu, materiału, usługi, procesu, metody i prototypu jako tych rezultatów prac badawczych, które będą komercjalizowane. Ich charakterystyka została przedstawiona w tabeli 3. W świetle rozważań nad badaniami naukowymi w kolejnej części pracy skupiono się na samym procesie ich komercjalizacji, formułując jego definicję na podstawie przeglądu źródeł literaturowych.

2.4. Komercjalizacja badań naukowych

Rozwój nowych technologii, postępująca cyfryzacja, rosnące zróżnicowanie potrzeb klientów wpływające na konieczność opracowywania i wdrażania różnych rodzajów innowacji spowodowały, że problematyka komercjalizacji wiedzy i technologii w ostatnich kilkunastu latach nabiera coraz większego znaczenia. W niektórych opracowaniach wskazuje się wręcz na kształtowanie się systemu transferu technologii i komercjalizacji wiedzy (STTiKW), który odgrywa szczególną rolę w formowaniu narodowych i regionalnych systemów innowacji (Matusiak i Guliński, 2010a, 2010b). Jego istotą jest koncentracja działań prowadzących do przekształcania wiedzy w nowe wyroby, usługi, technologie oraz rozwiązania organizacyjne i marketingowe, a także do wsparcia komercjalizacji innowacyjnego pomysłu. Mimo tak istotnego wkładu procesu komercjalizacji badań w rozwój regionów i gospodarek, fragmentaryczność badań naukowych nad tym zagadnieniem powoduje, że w licznych opracowaniach wypracowany został zestaw bardzo różnych, czasem nawet sprzecznych ze sobą, definicji komercjalizacji badań. Ten niedoskonały warsztat terminologiczny rodzi problemy zarówno na poziomie regulacyjnym, wynikającym z przyjętych aktów prawnych, jak i na poziomie realizacji całej polityki innowacyjnej kraju, ale również w wymiarze praktycznym związanym z prowadzeniem badań naukowych w tym obszarze (Radło i in., 2020). W odpowiedzi na te zastrzeżenia w tej części pracy podjęto próbę opracowania definicji komercjalizacji badań naukowych na podstawie przeglądu piśmiennictwa.

Komercjalizacja jako kategoria ekonomiczna jest pojęciem złożonym i wieloaspektowym, związanym z szeregiem działań prowadzących do nadania opracowanym w trakcie badań naukowych wynikom charakteru komercyjnego (handlowego), to znaczy pozwalającego na osiągnięcie określonych korzyści ekonomicznych (np. zysku, wartości dodanej) wynikających z urynkowienia tych wyników badań (Gierulski i in., 2018). W tym znaczeniu komercjalizacja wyników badań stanowi wielowymiarowy proces, który umożliwia twórcom

osiągnięcie korzyści ekonomicznych z wdrożenia wyników swoich badań naukowych do praktyki gospodarczej. Rozpoznanie potencjału naukowego i rynkowego wynalazku jest nieodzownym elementem procesu komercjalizacji badań, stąd też często w opracowaniach naukowych z dziedzin ekonomii i finansów oraz nauk o zarządzaniu i jakości podkreśla się wymiar ekonomiczny tego procesu. To przecież ekonomiczne skutki komercjalizacji w postaci wzrostu zysków pojedynczych przedsiębiorstw czy ogólnego wzrostu gospodarczego prowadzą do sprzężenia zwrotnego, w którym nakłady na innowacje stają się źródłem finansowania wielu obszarów życia społeczeństwa.

Komerccjalizację można również uznać za rozprzestrzenianie się innowacji wewnątrz gospodarek, sektorów przemysłu (Dosi i in., 2006), ponieważ w trakcie komercjalizacji innowacje przechodzą z fazy badań podstawowych na własność podmiotów komercyjnych, a następnie do użytku publicznego (Van Norman i Eisenkot, 2017). Proces ten można także określić jako wdrażanie i oferowanie klientom innowacyjnego produktu lub technologii (Klincewicz, 2011) lub jako ogół działalności mającej na celu transfer wiedzy z laboratorium na rynek (Kluczek, 2011). Według Kalinowskiego i Uryszka (2009, s. 38–39) komercjalizacja badań to:

- działania związane z budowaniem modelu biznesowego technologii,
- kształtowanie procesu sprzedaży lub wdrożenia technologii na rynku,
- spowodowanie, że coś, co ma potencjalną wartość i zdolność do przynoszenia zysku, zostaje sprzedane, wyprodukowane, udostępnione lub użytkowane w celu osiągnięcia zysku lub wykreowania kapitału,
- budowanie wartości dodanej technologii.

Proces komercjalizacji obejmuje tym samym kompleks działań mających na celu „przekształcenie wiedzy i nowych rozwiązań technologicznych w pieniądze” (Matusiak, 2011, s. 140), co jednoznacznie wskazuje na cel główny procesu, jakim jest przeniesienie na rynek wyników badań i doprowadzenie do sprzedaży, inaczej mówiąc – gospodarcze wykorzystanie własności intelektualnej przynoszące korzyści natury finansowej. Komerccjalizacja zatem to całościowy kształt działań związanych z udostępnianiem wyników badań podmiotom trzecim lub przenoszeniem tych wyników do takich podmiotów.

W początkowych etapach procesu komercjalizacji kluczowa staje się ocena potencjału komercyjnego innowacji i ochrona własności intelektualnej. W bardzo ogólnym ujęciu można więc uznać komercjalizację wprost za wprowadzenie na rynek własności intelektualnej (*bringing IP to the market*) lub jej udostępnienie (Redl i in., 2016) czy wręcz jej tworzenie (Rothaermel i in., 2007). Proces ten obejmuje także prezentację nowych pomysłów, prace rozwojowe, demonstrację prototypów nowych produktów, poszukiwanie rynkowych zastosowań technologii, audyt technologiczny, analizę potencjalnych rynków zbytu, opracowanie strategii marketingowych, prace wdrożeniowe oraz wprowadzenie produktu na

rynek i jego sprzedaż. Złożoność samego procesu sprawia, że zasadne staje się rozpatrywanie go w znacznie szerszym kontekście, w którym proces komercjalizacji polega na realizacji etapu badań naukowych i etapu przygotowania do wdrożenia, którego celem jest przeniesienie wyników działalności naukowej do praktyki gospodarczej. Tak rozumiana komercjalizacja może obejmować cały proces – od dostrzeżenia możliwości rynkowych, poprzez pomysły na badania i ich realizację, opracowywanie nowych produktów, procesów, usług, aż po wprowadzenie ich na rynek i sprzedaż. Jednocześnie jest to proces, w którym wyniki badań osiągają potencjał generowania wartości dodanej (Trzmielak, 2013; Viale i Etkowitz, 2010) i zwiększenia wartości przedsiębiorstwa. Komercjalizacja odnosi się zatem do paradygmatu działania organizacji handlowej motywowanej osiągnięciem zysku, tym bardziej że ostateczną miarą komercjalizacji jest właśnie wielkość sprzedaży i osiągnięte zyski.

W literaturze opisuje się trzy podstawowe sposoby komercjalizacji wyników badań naukowych:

- sprzedaż bezpośrednią wyników prac badawczo-rozwojowych,
- udzielenie licencji na wyniki prac badawczo-rozwojowych⁹,
- wniesienie aportem do spółki wyników prac badawczo-rozwojowych (Szulczewska-Remi, 2016).

W praktyce spotyka się również inne formy komercjalizacji, polegające np. na dzierżawie lub najmie praw do wyników badań, aliansie strategicznym, joint venture czy badaniach zleconych, a ich specyfika jest uzależniona od norm prawnych obowiązujących na terenie danego państwa czy organizacji.

Krytyczne dla samego procesu jest podjęcie szeregu działań prawnych i księgowo-podatkowych na etapie poprzedzającym komercjalizację. Stąd też często wprowadza się podział na komercjalizację bezpośrednią i pośrednią. Komercjalizacja bezpośrednia polega na sprzedaży wyników badań naukowych, prac rozwojowych lub know-how związanego z tymi wynikami, np. poprzez udzielenie licencji podmiotowi wdrażającemu te wyniki, najem czy dzierżawę (Sieńczyło-Chlabicz, 2019).

Z kolei komercjalizacja pośrednia dotyczy wniesienia praw własności intelektualnej do spółki, przy czym może to być nowo utworzona spółka odpryskowa typu spin-off lub spin-out (Szulczewska-Remi, 2016). Uważa się, że jest to forma najbardziej dochodowa (Gawlik i in., 2015). Uczelnia w tym przypadku zapewnia infrastrukturę prawną i technologiczną oraz może obejmować lub nabywać

⁹ Przyjmuje się, że podstawową funkcją licencji patentowych jest transfer technologii i dlatego możliwe są różne strategie licencjonowania, takie jak udzielenie licencji na wynalazek w zamian za wynagrodzenie w postaci opłaty licencyjnej, udziały w spółce lub inne świadczenie wzajemne, polegające np. na zobowiązaniu do prowadzenia badań nad udoskonaleniem przedmiotu licencji (Markman i in., 2005a, 2005b).

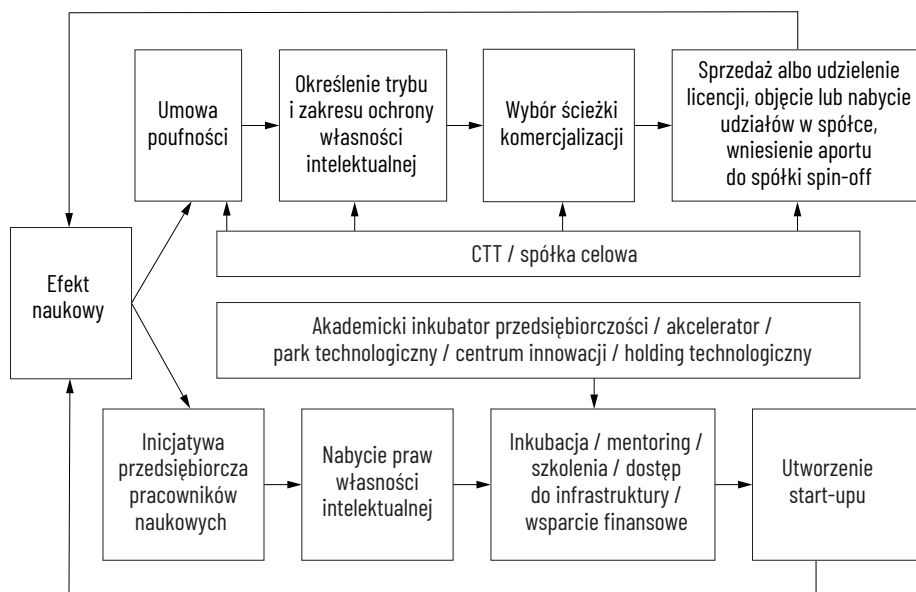
udziały lub akcje w spółkach. W polskim prawodawstwie uczelnia może tworzyć wyłącznie jednoosobowe spółki kapitałowe, a komercjalizacja pośrednia może być realizowana wyłącznie przez spółkę celową (Sieńczyło-Chlabcz, 2019). W literaturze opisano również połączenie hybrydowe komercjalizacji bezpośredniej i pośredniej (Ożegalska-Trybalska, 2015).

Należy nadmienić, że autorzy często posługują się szerszym pojęciem transferu wiedzy lub technologii (TT), który oznacza całokształt działań związanych z upowszechnieniem wyników badań naukowych. Transfer technologii obejmuje systemy wspomagające i procesy rozwojowe dotyczące produktów, procesów technologicznych i usług, które mogą być wynikiem wymiany wiedzy, doświadczeń, umiejętności czy rozwiązań organizacyjnych (Szatkowski, 2016). Jest rozumiany także jako proces, w którym wyniki badań naukowych są przekazywane z jednej organizacji do drugiej w celu dalszego rozwoju lub komercjalizacji. Obejmuje on identyfikację nowych technologii, ochronę technologii za pomocą praw własności intelektualnej, kształtowanie strategii rozwoju i komercjalizacji, takich jak udzielanie licencji firmom sektora prywatnego lub tworzenie nowych firm typu start-up (Sieńczyło-Chlabcz, 2019). Transferem technologii określa się również przekazanie informacji niezbędnych, aby dany podmiot był w stanie powiełać pracę innego podmiotu, przy czym w warunkach rynkowych transfer ten przyjmuje formę pasywną (transfer informacji, wejście w posiadanie wiedzy i jej ochrona, rozwój aplikacji) lub aktywną, która jest równoznaczna z jego wąskim rozumieniem, czyli komercjalizacją technologii (Głodek, 2005).

Istotą TT jest przepływ informacji technicznej (Allen, 1984) oraz przepływ wiedzy o specyficznych zastosowaniach tej informacji (Rosenberg, 1976). Można także uznać transfer technologii wprost jako zastosowanie informacji w celach użytkowych (Rogers, 2003). Według Autio i Laamanena (1995) TT to proces interakcji między co najmniej dwoma podmiotami, w trakcie którego zostają przekazane wiedza i technologia, przy czym technologia jest bardziej skodyfikowana (dostępna, wyrażona w słowach, liczbach) i obejmuje proces produkcyjny, a wiedza uwzględnia podstawowe związki przyczynowo-skutkowe, w których technologia jest konstruowana i osadzona (Gopalakrishnan i Santoro, 2004) (często w literaturze przedmiotu stosuje się zamiennie pojęcia transferu technologii lub transferu wiedzy, podobnie jak pojęcia komercjalizacji wiedzy i/lub technologii). Co istotne, transfer technologii powinien zawsze opierać się na zintegrowanej współpracy, współtworzeniu wartości i kultywowaniu ekosystemu innowacji (Del Giudice i in., 2017).

Jeżeli założymy, że przepływ nowo powstałej wiedzy naukowej nastąpi z ośrodków badawczych do praktyki gospodarczej, to wówczas mamy do czynienia z transferem pionowym, którego efektem będzie zwykle innowacja techniczna (Jasiński, 2014). Formami pionowego transferu technologii mogą być także: badania kontraktowe zamawiane przez firmy, licencje na wynalazki, wzory użytkowe,

technologii przyjęta przez uczelnię, system finansowania ze środków publicznych oraz dostęp jednostek związanych z transferem technologii do zasobów i posiadane kompetencje dotyczące rozwoju biznesu. Można zatem przyjąć zgodnie z Kenneyem i Pattonem (2011), że w sytuacji, w której prawa autorskie są przypisywane twórcy, a przedsiębiorczość akademicka pracowników naukowych zostaje wsparta odpowiednimi mechanizmami finansowania i zasobami wspomagającymi rozwój biznesu, częściej następuje wybór ścieżki spin-offów. Jeżeli jednak uczelnia powierza zarządzanie własnością intelektualną odpowiednim podmiotom (np. CTT), to obserwowany jest wzrost liczby patentów (Lissoni i in., 2009; Siegel i in., 2007; Valentin i Jensen, 2007). Należy zauważyć, że w praktyce większości ośrodków naukowych są obecne obydwie ścieżki komercjalizacji (schemat 9).



Schemat 9. Model komercjalizacji badań naukowych na uczelni uwzględniający znaczenie przedsiębiorczości akademickiej i zaangażowanie różnych instytucji pośredniczących w ten proces

Źródło: opracowanie własne.

W przedstawionym modelu, uwzględniając opisane wcześniej studia literaturowe, za pierwszy etap procesu komercjalizacji uznano badania naukowe, których efekt naukowy podlega komercjalizacji. Jeżeli odniesiemy go do szerszego kontekstu transferu technologii i założymy, że jego przedmiotem będzie nowy produkt czy proces produkcyjny, to będziemy mieli do czynienia z transferem pionowym, a wiedza z instytucji badawczej do przedsiębiorstwa będzie

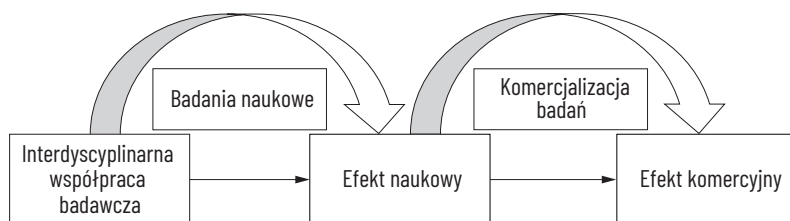
transferowana bezpośrednio albo przez jednostki należące do infrastruktury transferu techniki, co obserwujemy np. w Polsce (Jasiński, 2011). Nowa wiedza będzie z kolei wdrażana w przedsiębiorstwie i pojawi się jako innowacja na rynku. Może również nastąpić późniejsza dyfuzja tej innowacji wśród innych producentów jako transfer poziomy. Dlatego też komercjalizacja wiedzy i technologii, często określana jako proces związany z zasilaniem rynku nową wiedzą i technologiami, obejmuje wszelkiego rodzaju formy dyfuzji innowacji.

W opracowanym modelu transfer technologii przyjmuje formę dwukierunkowego kanału komunikacji (Kirkland, 1999) i dwustronnej wymiany informacji (Rogers, 2003) oraz dotyczy obustronnej wymiany wiedzy między nauką a przemysłem, podczas której obie strony się uczą, a zatem model transferu wiedzy i technologii zaczyna zmierzać w kierunku podejścia interakcyjnego. Występujące w nim rozmaite pętle sprzężeń zwrotnych pomiędzy nadawcami i odbiorcami nakładają się na kompleks działań mających na celu ulokowanie na rynku produktów wykorzystujących daną technologię. Rezultatem tego jest dwukierunkowy przepływ wiedzy i technologii z uniwersytetu do przemysłu i odwrotnie (Allen i O'Shea, 2014), w którym:

- produkt pochodzący z uczelni jest rozwijany przez przedsiębiorstwo,
- komercyjny produkt spoza uczelni jest ulepszany przy wykorzystaniu wiedzy akademickiej,
- produkt pochodzący z uczelni zostaje skomercjalizowany poprzez założenie nowego przedsiębiorstwa pracownika naukowego.

W tym ostatnim przypadku identyfikuje się czteroetapowy proces przebiegający według schematu: wyniki badań naukowych – generowanie pomysłów biznesowych – powołanie nowego podmiotu gospodarczego typu spin-off – tworzenie wartości ekonomicznej (Ndonzuau i in., 2002). Ostatecznie opisana hipotetyczna konstrukcja myślowa prezentuje rozbudowany układ założeń i zależności, pozwalający modelować w przybliżony sposób proces komercjalizacji w ośrodkach akademickich.

Niewątpliwie przyjęte ramy wyjaśnienia procesu komercjalizacji z uwagi na złożoność samego procesu są bardzo rozbudowane i dlatego stały się przyczynkiem do skonstruowania kolejnego modelu, który stanowi jednocześnie kontynuację poprzednich rozważań na temat badań naukowych i ich komercjalizacji (schemat 10). Synteza wcześniejszych prac poświęconych komercjalizacji badań w kontekście przebiegu procesu innowacyjnego w przedsiębiorstwach oraz w kontekście transferu technologii z ośrodków akademickich i instytutów naukowo-badawczych do przemysłu uprawnia do sformułowania pewnego wniosku obserwacyjnego związanego z koniecznością uproszczenia ujęcia komercjalizacji jako całości procesu, bez rozdrabniania go na następujące po sobie etapy uwarunkowane regulacjami legislacyjnymi i organizacyjnymi ośrodków akademickich.



Schemat 10. Przebieg procesu komercjalizacji wiedzy i technologii opracowywanych przez interdyscyplinarny zespół naukowy uczelni i ośrodków naukowych

Źródło: opracowanie własne.

W zaproponowanym na schemacie 10 modelu oparto się także na wcześniejszych opracowaniach, w których komercjalizacja obejmuje fazę generowania pomysłów i odkryć naukowych, fazę rozwoju technologii i wykonalności technicznej oraz fazę gotowości produktu i rynku (Prebble i in., 2008), a także modelu, w którym są rozważane dwa krytyczne etapy procesu: 1) stworzenie i opatentowanie wynalazku oraz 2) sprawny transfer i komercjalizacja technologii na rynku (Zahra i Nielsen, 2002). Konsekwentnie przedstawiono dwuetapowy schemat przebiegu procesu komercjalizacji wiedzy i technologii, w którym wynik działalności badawczej (efekt naukowy) poprzez proces komercjalizacji prowadzi do efektu komercyjnego.

W założeniach schematu 10 przyjęto także podejście, w którym następuje przepływ wiedzy i technologii między ośrodkami naukowymi a praktyką gospodarczą. Generowanie idei nowych technologii, produktów czy procesów oraz prace rozwojowe i tworzenie nowych materiałów i prototypów następują w ramach działalności naukowej. Z kolei działania związane z poszukiwaniem rynkowych zastosowań technologii i rynków zbytu, opracowywaniem strategii marketingowych oraz ostateczne wprowadzenie produktu, materiału czy usługi na rynek docelowy są związane z komercjalizacją, podczas której, zgodnie z przyjętą definicją, efekty działalności naukowo-badawczej stają się przedmiotem obrotu rynkowego (sprzedaż lub udzielenie licencji, objęcie lub nabycie udziałów w spółce, wniesienie aportu do spółki spin-off).

Ponadto mając na uwadze teorie nauk o zarządzaniu i jakości, przyjęto, że zgodnie z teorią prędkości innowacji skuteczność przebiegu komercjalizacji zależy od sprawności obsługi całego procesu przez instytucje pośredniczące (chodzi głównie o kompetencje ich menedżerów i pracowników, a także zaangażowanie twórców na różnych etapach procesu) (Markman i in., 2005a, 2005b). Zwrócono też uwagę na interesariuszy procesu (np. uczelnie i instytuty badawcze, przedsiębiorstwa, instytucje samorządowe) zgodnie z teorią interesariuszy (Miller i in., 2014). Ze względu również na kontekstowy charakter definicji komercjalizacji bezpośredniej i pośredniej przyjęto liczbę firm typu spin-off i start-up za efekty organizacyjne komercjalizacji (pośredniej), a liczbę

patentów, licencji, sprzedanych efektów naukowych oraz zrealizowanych prac i usług badawczych za efekty finansowe komercjalizacji (bezpośredniej), które zostały przedstawione ogólnie jako efekty komercyjne i którym poświęcono kolejny punkt niniejszej pracy.

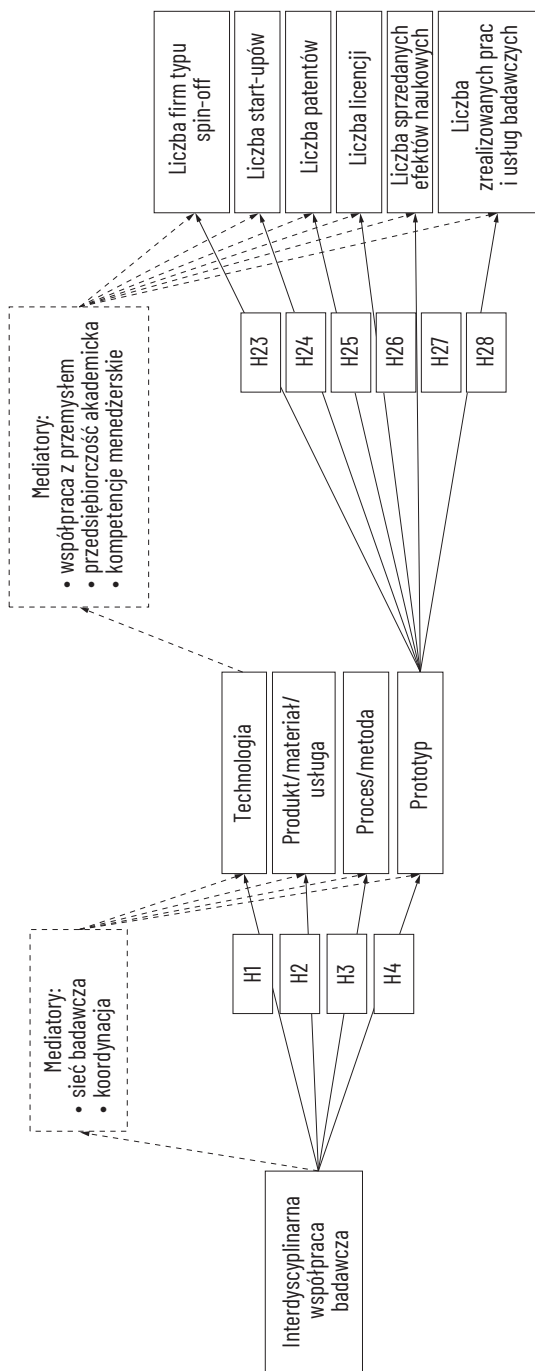
2.8. Efekt komercyjny

Pomiar komercjalizacji jest wciąż przedmiotem otwartej dyskusji akademickiej, ponieważ obecnie nie ma jednolitego, uznanego międzynarodowo systemu zasad i wskazówek metodologicznych zbierania danych dotyczących tego procesu (Arundel i Borodoy, 2008), a uzupełniając tę lukę w rozważanym obszarze badawczym, w opracowaniu założono, że rezultaty komercjalizacji badań stanowią efekt komercyjny, w odróżnieniu od efektu naukowego charakteryzującego wyniki badań naukowych. Efekt komercyjny procesu komercjalizacji wiedzy i technologii w literaturze przedmiotu odnosi się przede wszystkim do komercyjnego użytkowania wiedzy uniwersyteckiej (Kwon i in., 2022). Inaczej ujmując, odzwierciedla wykorzystanie wiedzy tworzonej w ramach interdyscyplinarnych zespołów badawczych w celach komercyjnych lub takich, które generują korzyści materialne. Jest on szczególnie istotny w obliczu wymagań współczesnych gospodarek wobec produktywności naukowców i jednostek badawczych (Goel i Grimpe, 2012).

Zaakcentowanie komercyjnego wykorzystania wyników badań naukowych otwiera jednak pewną dyskusję nad zagrożeniem polegającym na zbyt dużej koncentracji pracowników naukowych uczelni na badaniach obliczonych na zysk, oparty na zasadach handlowych (Lach i Schankerman, 2008), kosztem opracowań, które przyczyniają się do postępu wiedzy naukowej poprzez ustalenie nowych twierdzeń naukowych, tez, aksjomatów czy teorii (Cohen i in., 1998). W świetle tych rozważań w monografii przyjęto za słuszne podejście, w którym własność intelektualna tworzona na uczelniach i stająca się przedmiotem obrotu rynkowego w procesie komercjalizacji jest komplementarna do wiedzy teoretycznej odnoszącej się do zdobycia nowej wiedzy o podstawach zjawisk i faktów, bez nastawienia na ich komercyjne wykorzystanie (Azoulay i in., 2009; Fabrizio i Di Minin, 2008). Ponadto zostały uwzględnione opracowania, w których udowodniono, że aktywność w patentowaniu wynalazków pracowników naukowych uczelni i zakładaniu spółek odpryskowych jest pozytywnie skorelowana z liczbą opracowanych przez nich publikacji naukowych o wysokim współczynniku cytowalności (Grimm i Jaenicke, 2015) oraz otwiera nowe perspektywy i wyznacza nieznane dotąd kierunki badawcze (Calcagnini i in., 2016). W tym kontekście efekt komercyjny został uznany za element ewaluacji jakości badań akademickich (Bonaccorsi i in., 2022).

W licznych doniesieniach naukowych efekty komercjalizacji badań są rozpatrywane w kontekście przedsiębiorczości akademickiej odnoszącej się bezpośrednio do rozwoju gospodarczego opartego na innowacjach tworzonych w ośrodkach naukowych i na uczelniach (Grimaldi i in., 2011) oraz jako rezultaty działalności instytucji pośredniczących w komercjalizacji badań, głównie centrów transferu technologii (Lee i Jung, 2021). Ocena skuteczności funkcjonowania CTT w dużej mierze zależy od przyjętych kryteriów pomiaru, np. mierników opartych na aktywności lub wysokości dochodów (Lockett i in., 2015; Siegel i in. 2003). Według niektórych autorów najważniejszymi czynnikami sukcesu CTT są ich doświadczenie i wielkość (Chapple i in., 2005; Lockett i Wright 2005; Siegel i Wright 2015), jakość kadry naukowej uczelni (Rogers i in., 2000), wysokość nakładów na badania (Carlsson i Fridh, 2002), otoczenie, w którym funkcjonują, oraz aktywne nastawienie samych uniwersytetów do komercjalizacji badań (Siegel i in., 2003). Udowodniono, że CTT funkcjonują lepiej na uniwersytetach, które mają dobrze zdefiniowaną strategię tworzenia spin-offów, doświadczenie w przedsiębiorczości, rozległe sieci kontaktów (Lockett i in., 2003), a także przeznaczają większą pulę środków na ochronę własności intelektualnej (Lockett i Wright, 2005). Ważne są także systemy motywacyjne uczelni, praktyki wynagradzania pracowników CTT i możliwości pokonywania barier kulturowych między jednostkami naukowo-badawczymi a przemysłem (Siegel i in., 2004, 2007; Thursby i Kemp, 2002). Nade wszystko działania CTT mają istotne konsekwencje gospodarcze, a ich efektywność mierzona za pomocą efektów komercyjnych procesu komercjalizacji badań akademickich, takich jak liczba udzielonych licencji oraz liczba założonych przedsiębiorstw, np. typu spin-off, napędza wzrost przychodów uczelni, stwarza nowe miejsca pracy dla pracowników naukowych i studentów oraz jednocześnie stymuluje dodatkowe inwestycje w badania i rozwój w regionie (Siegel i in., 2007).

Warto również zauważyć, że analiza efektów komercyjnych na podstawie badań przeprowadzonych wśród instytucji pośredniczących w procesie komercjalizacji wiedzy i technologii umożliwia weryfikację rezultatów komercjalizacji formalnej, a więc takiej, która implikuje ochronę własności intelektualnej i generuje potencjalne przychody dla uczelni (patenty, firmy odpryskowe) (Link i in., 2007). Instytucje te mają obowiązek sporządzania okresowych statystyk, raportów i zestawień oraz wprowadzania ich do systemów informatycznych uczelni. Z kolei komercjalizacja nieformalna, a więc bez zaangażowania w jej przebieg instytucji pośredniczących (np. indywidualne prace zleczone lub konsulting dla sektora przemysłu), uniemożliwia ocenę wpływu badań naukowych przeprowadzanych na uczelniach na gospodarkę i społeczeństwo (Grimaldi i in., 2011). Mając to na uwadze, dla realizacji założeń badawczych niniejszej monografii przyjęto, że efekt komercyjny odnoszący się do rynkowego wdrożenia wyników badań naukowych dotyczy wyłącznie komercjalizacji formalnej, która



Schemat 16. Hipotezy badawcze z uwzględnieniem prototypu testowane na podstawie modelu zależności między interdyscyplinarną współpracą badawczą a badaniami naukowymi i ich komercjalizacją

Źródło: opracowanie własne.

3.4. Operacjonalizacja konstruktów wykorzystanych w modelu zależności między interdyscyplinarną współpracą badawczą a badaniami naukowymi i ich komercjalizacją

Operacjonalizacja modelu wymaga jasnego zdefiniowania zmiennych, dlatego na podstawie studiów literaturowych w rozdziale 1 pracy opisano interdyscyplinarną współpracę badawczą oraz efekt naukowy i efekt komercyjny. Dodatkowo w modelu wprowadzono zmienne pośredniczące. Do zmiennych tych zaliczono zmienne mediujące, które mogą wyjaśnić charakter związku między zmiennymi zależnymi i niezależnymi. W ten sposób możliwe staje się określenie warunków, w których występują zmienne mediujące, i odróżnienie ich od warunków, w których zależności te zanikają (Pichlak, 2011).

Autorzy opracowań naukowych operacjonalizują interdyscyplinarną współpracę badawczą w różny sposób (tabela 9). Najczęściej opierają się na danych z baz patentowych oraz umów o zachowanie poufności, analizując np. liczbę cytowań patentów (Miller i in., 2007). W niektórych pracach są badane publikacje w czasopismach interdyscyplinarnych (Leahey i Barringer, 2020) czy liczba cytowań danej publikacji w czasopismach z odmiennych dyscyplin naukowych (Leydesdorff i in., 2015) oraz liczba złożonych lub przyznanych grantów interdyscyplinarnych (Haller i Welch, 2014; Leahey i Barringer, 2020). Jak zasygnalizowano w rozdziale 1 pracy, taki stan wiedzy wynika z trudności przeprowadzenia badań nad interdyscyplinarną współpracą badawczą, ponieważ szczegóły takiej współpracy nie są ujawniane. Efektem tego jest niewielka liczba opracowań, w których wykorzystano inne dane niż bazy patentowe, umowy o zachowanie poufności czy liczba cytowań publikacji w czasopismach interdyscyplinarnych.

W niniejszej monografii oparto się na przykładzie operacjonalizacji interdyscyplinarnej współpracy badawczej zgodnym z opracowaniem van Rijnsoevera i Hesselsa (2011), w którym określono liczbę osób zaangażowanych w interdyscyplinarną współpracę badawczą i dyscypliny naukowe reprezentowane przez członków zespołów interdyscyplinarnych. Podobnie Kotha i in. (2013) zdefiniowali dyscypliny naukowe członków interdyscyplinarnego zespołu badawczego zadeklarowane w umowach o zachowanie poufności, podczas gdy Fontana i in. (2022), Lavie i Drori (2011) oraz Leahey i in. (2017) odnieśli się do dyscyplin naukowych reprezentowanych przez autorów publikacji. W innej pracy dyscypliny naukowe zostały wskazane jako zmienna kontrolna (Wu i in., 2015).

Określenie liczby i dyscyplin uczestników interdyscyplinarnej współpracy badawczej jest również konsekwencją przyjętej w pracy definicji, zgodnie z którą współpraca ta dotyczy osób lub zespołów reprezentujących co najmniej dwie

Tabela 9. Przykłady literaturowe operacjonalizacji zmiennych w modelu zależności między interdyscyplinarną współpracą badawczą a badaniami naukowymi i ich komercjalizacją

Zmienne w modelu	Operacjonalizacja zmiennych	Publikacja	
Interdyscyplinarna współpraca badawcza	analiza oświadczeń o wkładzie autorskim publikacji	Haeussler i Sauer- mann (2020)	
	liczba publikacji w czasopismach interdyscyplinarnych	Leahey i Barringer (2020)	
	liczba cytowań interdyscyplinarnych czasopism	Chi i Young (2013), Small (2010)	
	liczba cytowań danej publikacji w czasopi- smach z różnych dyscyplin naukowych	Leydesdorff i in. (2015)	
	liczba złożonych wniosków grantowych o cha- rakterze interdyscyplinarnym	Haller i Welch (2014)	
	liczba przyznanych grantów interdyscyplinarnych	Haller i Welch (2014); Leahey i Barringer (2020)	
	procentowy udział przyznanych grantów inter- dyscyplinarnych	Leahey i Barringer (2020)	
	liczba osób przygotowujących wnioski gran- towy	Haller i Welch (2014)	
	liczba osób przygotowujących wnioski paten- towy	Murgia (2018)	
	liczba osób zaangażowanych w projekt badaw- czy	Paez-Aviles i in. (2018)	
	dyscypliny naukowe reprezentowane przez członków interdyscyplinarnego zespołu ba- dawczego	van Rijnsoever i Hes- sels (2011)	
	liczba osób zaangażowanych w interdyscypli- narną współpracę badawczą	van Rijnsoever i Hes- sels (2011)	
	dyscypliny naukowe reprezentowane przez członków zespołów badawczych zadeklaro- wanych w umowach o zachowanie poufności (<i>disclosure agreement</i>)	Kotha i in. (2013)	
	liczba współautorów publikacji	Hu i Zhang (2017), Lavie i Drori (2011)	
	dyscypliny naukowe reprezentowane przez au- torów publikacji	Lavie i Drori (2011)	
Efekt naukowy	technologia	liczba opracowanych technologii obliczona na podstawie złożonych umów o zachowanie po- ufności	Marion i in. (2012)
		ocena wykorzystania radykalnie nowej tech- nologii	Moutinho i in. (2016)

Tabela 9 – cd.

Zmienne w modelu		Operacjonalizacja zmiennych	Publikacja	
Efekt naukowy	produkt/ materiał/usługa	ocena wykorzystania nowych materiałów	Moutinho i in. (2016)	
	proces/metoda	ocena wykorzystania nowej metody produkcji	Moutinho i in. (2016)	
	prototyp	liczba prototypów w skali laboratoryjnej obliczona na podstawie złożonych umów o zachowanie poufności	Jensen i Thursby (2001)	
Efekt komercyjny	liczba firm typu spin-off	częstotliwość tworzenia firm typu spin-off w badanym okresie (0, 1–2, 3–5, 6–10, powyżej 10 razy)	D’Este i Perkmann (2011)	
		liczba założonych spin-offów obliczona na podstawie złożonych umów o zachowanie poufności	Marion i in. (2012)	
		aktywność w zakresie tworzenia firm typu spin-off obliczona na podstawie liczby założonych spin-offów przez danego naukowca	Moutinho i in. (2016)	
		chęć założenia firmy typu spin-off przez danego naukowca w badanym okresie	Moutinho i in. (2016)	
		liczba powołanych firm typu spin-off danego uniwersytetu w danym okresie	O’Shea i in. (2005), Rossi (2018)	
	liczba start-upów	liczba założonych start-upów obliczona na podstawie złożonych umów o zachowanie poufności	Marion i in. (2012)	
		liczba powołanych start-upów danego uniwersytetu w danym okresie	Siegel i in. (2004)	
		liczba powołanych start-upów przez danego naukowca w danym okresie	Fini i in. (2010)	
	liczba patentów	liczba patentów należących do danego uniwersytetu w danym regionie i w danym okresie	Acosta i in. (2018), Rossi (2018)	
		liczba złożonych wniosków patentowych w badanym okresie	D’Este i Perkmann (2011), Marion i in. (2012), Moutinho i in. (2016)	
		liczba udzielonych patentów obliczona na podstawie złożonych umów o zachowanie poufności	Marion i in. (2012)	
		aktywność patentowa obliczona na podstawie liczby patentów uzyskanych przez danego naukowca	Moutinho i in. (2016), Wu i in. (2015)	
		liczba cytowań patentów	Miller i in. (2007)	
	efekt organizacyjny			

Tabela 9 – cd.

Zmienne w modelu		Operacjonalizacja zmiennych	Publikacja	
Efekt komercyjny	efekt finansowy	liczba licencji	liczba licencji należących do danego uniwersytetu	Rossi (2018)
			liczba udzielonych licencji obliczona na podstawie złożonych umów o zachowanie poufności	Kotha i in. (2013), Marion i in. (2012)
			łącznie przychody uczelni z licencji w badanym okresie	Libaers (2015)
	liczba sprzedanych efektów naukowych	liczba sprzedanych technologii obliczona na podstawie złożonych umów o zachowanie poufności	Marion i in. (2012)	
	liczba zrealizowanych prac i usług badawczych	częstotliwość zaangażowania w realizację prac i usług badawczych w badanym okresie (0, 1–2, 3–5, 6–10, powyżej 10 razy)	D’Este i Perkmann (2011)	

Źródło: opracowanie własne.

dyscypliny naukowe¹⁶. Zauważono także, że liczba członków zespołu badawczego zależy od obszaru wiedzy, np. w projektach medycznych jest ona zdecydowanie większa niż w matematycznych (Lieberman i Wolf, 1998). Należy również spodziewać się, że interdyscyplinarność, zgodnie z modelem trybu 2 wytwarzania wiedzy (Gibbons i in., 1994) opisanym w rozdziale 1 pracy, jest tworzona w kontekście aplikacyjnym, czyli dotyczy dziedzin nauki o takim charakterze (np. nauk inżynieryjno-technicznych). Do podobnych wniosków dochodzi Libaers (2015), twierdząc, że naukowcy reprezentujący dziedziny nauk ścisłych i przyrodniczych oraz inżynieryjno-technicznych są częściej skłonni do komercjalizacji wyników swoich badań.

W przyjętym modelu konceptualnym skutkiem interdyscyplinarnej współpracy badawczej są efekty naukowe: technologia, produkt/materiał/usługa, proces/metoda i prototyp, które odzwierciedlają wybrane wyniki badań naukowych i mają potencjał do ich komercyjnego wykorzystania. Stanowią one jednak zbiory rozłączne, to znaczy, że jeden efekt naukowy nie może być sklasyfikowany równocześnie jako np. prototyp i technologia, chociaż z uwagi na wskazanie pięcioletniego okresu (2015–2020), którego dotyczą badania, możliwe jest wyszczególnienie kilku efektów naukowych. Podstawowymi czynnikami różnicującymi możliwość praktycznego wykorzystania efektu naukowego są: wykorzystanie nowych materiałów, wykorzystanie radykalnie nowej technologii

¹⁶ W przeprowadzonych badaniach dyscypliny naukowe wykazano zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych.

limit = 0,031, a górny = 0,107). Również wskaźnik dobroci dopasowania GFI = 0,93, a więc powyżej 0,90 (Jöreskog i Sörbom, 1981), oraz miara relatywnego dopasowania CFI = 0,963, mieszcząca się w dopuszczalnych granicach powyżej 0,95 (Bentler, 1990), wskazują na akceptowane progi wartości akceptacji modelu. Z uwagi na brak jednej uniwersalnie przyjętej miary ogólnego dopasowania modelu Kline (2023) zaleca oparcie oceny adekwatności na wyżej wymienionych miarach dopasowania.

W dalszej części badań empirycznych analizowano estymaty standaryzowane (standaryzowane współczynniki regresji), z przedziałami ufności 95% skorygowanymi bootstrapowo oraz poziomy istotności p (tabela 15). Wystandaryzowane oszacowania parametrów modelu SEM mają taką interpretację jak ich niewystandaryzowane odpowiedniki, z tą jednak różnicą, że oszacowania w formie standardowej są wyrażone w jednostkach odchyłeń standardowych zmiennych w modelu (Konarski, 2009).

Tabela 15. Standaryzowane współczynniki regresji wraz z przedziałami ufności 95% skorygowanymi bootstrapowo dla relacji między interdyscyplinarną współpracą badawczą a efektami naukowymi

Relacja	Standaryzowany współczynnik regresji	Poziomy istotności	Przedział ufności 95%	
			dolny limit	górny limit
Interdyscyplinarna współpraca badawcza → technologia	0,597	0,003	0,192	0,908
Interdyscyplinarna współpraca badawcza → produkt/materiał/usługa	0,395	0,061	-0,006	0,936
Interdyscyplinarna współpraca badawcza → proces/metoda	0,839	0,121	-0,049	0,966
Interdyscyplinarna współpraca badawcza → prototyp	0,110	0,141	-0,042	0,262

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki pomiaru zależności kierunkowych pomiędzy zmienną „interdyscyplinarna współpraca badawcza” a zmiennymi zależnymi (technologia, produkt/materiał/usługa, proces/metoda i prototyp) przedstawione w tabeli 15 wskazują na dodatni wpływ interdyscyplinarnej współpracy badawczej na osiągnięte efekty naukowe. Biorąc jednak pod uwagę istotność statystyczną tych zależności, należy stwierdzić, że interdyscyplinarna współpraca badawcza jest pozytywnie i istotnie związana z technologią. Oznacza to, że w im większym stopniu występuje interdyscyplinarna współpraca badawcza, tym więcej efektów uwidacznia się w technologii. W nawiązaniu do teorii naukowego i technicznego kapitału ludzkiego trzeba zauważyć, że zespoły interdyscyplinarne stają się źródłem

heterogenicznej wiedzy, umiejętności i doświadczeń zawodowych, a zatem heterogeniczność wiedzy stanowi zasób strategiczny (Laursen i in., 2012). W badaniu odniesiono się do heterogeniczności wiedzy w znaczeniu zróżnicowania w pochodzeniu wiedzy, w jej strukturach lub stylach poznawczych wśród członków zespołu (Batjargal, 2005), która odgrywa istotną rolę w integracji wiedzy, w tym przypadku „wiedzy osadzonej w technologii” (Bozeman i Boardman, 2014, s. 2).

W niniejszej monografii technologia została zdefiniowana jako system wiedzy i umiejętności wykorzystywanych w celu wytwarzania produktów lub projektowania usług, a także metoda przeprowadzenia procesu produkcyjnego. Technologię często określa się jako stan wiedzy na temat sposobów przekształcenia zasobów w wyniki (OECD, 2018) lub jako wiedzę zastosowaną w praktyce (Dorf i Byers, 2005). Wiedzę technologiczną można więc przekształcić w cechy funkcjonalne wyrobów, usług czy procesów i dlatego nowoczesne technologie oraz możliwy do osiągnięcia wzrost konkurencyjności wynikający z ich zastosowania stanowią szczególnie istotny obszar zainteresowania przedsiębiorstw. Jednocześnie zakłada się, że technologia jest wysoce idiosynkratyczna, to znaczy może być wartościowa tylko dla niewielkiej grupy użytkowników i wykazuje swoją wartość tylko wtedy, gdy jest użytkowana (Agrawal, 2006). W związku z tym wiele przedsiębiorstw chętnie wykorzystuje uniwersyteckie technologie, które stanowią podstawę opracowywanych przez nie koncepcji, prototypów, projektów czy innowacji, a dodatkowo ta sama technologia może być źródłem podobnych innowacji dla wielu podmiotów.

Z drugiej strony, jak zauważają Buenstorff i Geissler (2012), technologia opracowywana w ramach działalności badawczej zespołów akademickich wykracza poza aktualny stan wiedzy i jest często tworzona podczas badań podstawowych, a etap jej zaawansowania jest bardzo wczesny czy – jak się to nieraz określa – embrionalny (Jensen i Thursby, 2001). Tego typu technologie są z kolei komercjalizowane poprzez przeniesienie praw własności intelektualnej do nich na nowo powstałe spółki odpryskowe zespołu twórców (Clarysse i in., 2011). Tym samym, z uwagi na różne możliwości komercyjnego wykorzystania technologii, w badaniach modelu zależności między interdyscyplinarną współpracą badawczą a efektami naukowymi i ich komercjalizacją została potwierdzona hipoteza H1, mówiąca o tym, że interdyscyplinarna współpraca badawcza wpływa pozytywnie na liczbę opracowanych technologii.

Weryfikacja statystycznej zależności między interdyscyplinarną współpracą badawczą a produktem wykazała z kolei umiarkowanie silny charakter. Sugerowałoby to, że innowacje produktowe, które mogą bazować na wykorzystaniu nowej wiedzy lub opierać się na nowych zastosowaniach bądź połączeniu istniejącej wiedzy, stanowią jedynie w pewnym stopniu możliwe do skomercjalizowania efekty naukowe. Na ustalonym poziomie istotności = 0,05 hipotezę H2 należy odrzucić, natomiast na poziomie istotności = 0,10 można przyjąć.

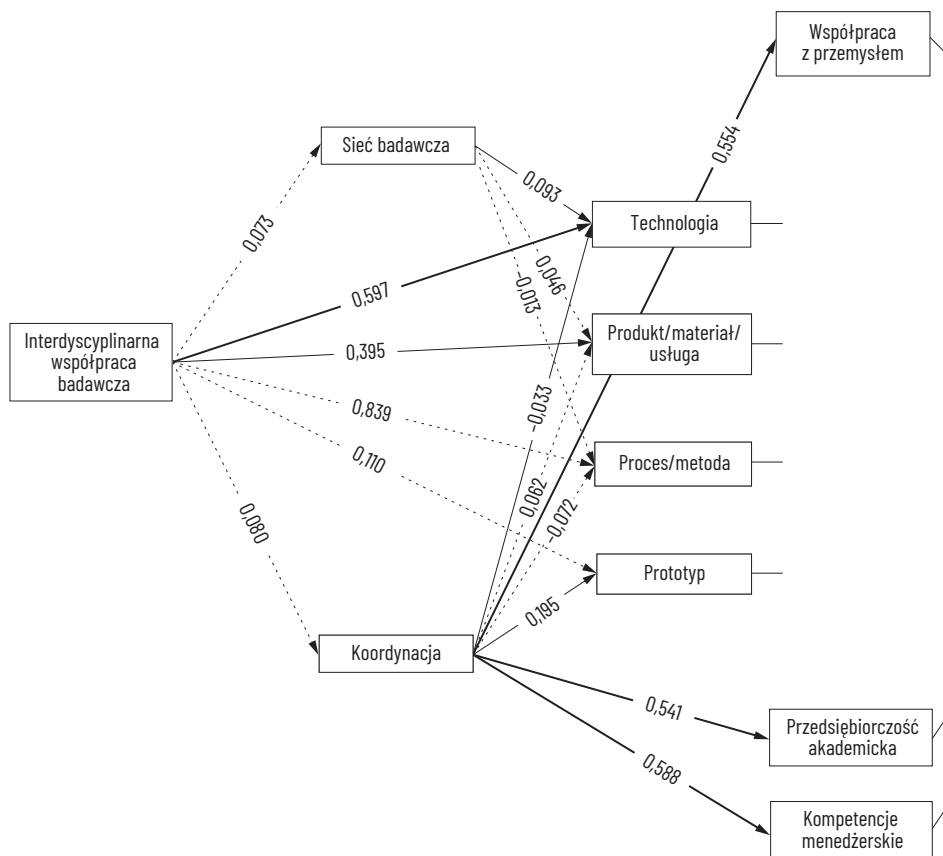
Z uwagi jednak na trzy powszechnie przywoływane w literaturze przedmiotu przedziały istotności: 0,01; 0,05 i 0,10 uznaje się, że hipotezę H2 należy przyjąć na poziomie tendencji statystycznej (Pritschet i in., 2016). Natomiast w odniesieniu do procesu/metody oraz prototypu w badaniach nie wykazano żadnego związku między tymi zmiennymi a interdyscyplinarną współpracą badawczą, a zatem nie ma podstaw do przyjęcia hipotezy H3 i H4 w badanej populacji.

Przeprowadzone analizy ukazały przede wszystkim znaczenie technologii, a w drugiej kolejności produktów/materiałów/usług, w tym szczególnie nowych technologii i nowych produktów/materiałów/usług. Dodatkowo, jeśli przywołamy wcześniej opisane analizy wyników badań jakościowych, to nowe technologie i nowe produkty/materiały/usługi zostały wymienione przez odpowiednio 57,73% i 54,64% respondentów (tabela 13) jako te efekty naukowe, które są komercjalizowane. Koncentracja wysiłków naukowych na opracowaniu technologii i produktów/materiałów/usług odzwierciedla jednocześnie silne zapotrzebowanie gospodarki na kluczowe technologie przemysłowe oraz innowacyjne produkty potrzebne w rozwiązaniu najważniejszych wyzwań społecznych w takich dziedzinach jak medycyna, technologie cyfrowe, energetyka, klimat, bezpieczeństwo cywilne czy żywność i zasoby naturalne. Dla przykładu technologie cyfrowe przyczyniają się do zwiększenia różnorodności dostępnych produktów opartych na informacjach i wiedzy oraz sposobach produkcji we wszystkich sektorach usług (OECD, 2018). Z wcześniejszych opracowań wynika jednak, że uczelnie zwykle nie wykorzystują swoich technologii i nie wprowadzają ich na rynek (Elfenbein, 2007), a zatem istotną staje się absorpcja nowych technologii, przy opracowaniu których coraz częściej wymagana jest współpraca specjalistów z wielu różnych dziedzin nauki, poprzez ich komercjalizację.

Komplementarnie do badań zależności bezpośrednich oszacowano efekty pośrednie między zmienną „interdyscyplinarna współpraca badawcza” a poszczególnymi efektami naukowymi (schematy 25–29).

Szacowanie efektów pośrednich (schemat 25) pozwoliło na wzbogacenie analizy o istotne mediatory, które dają możliwość analizy mediacji i warunków, w jakich ona się ujawnia i zmienia sposób działania zmiennej niezależnej na zależną. Efekty mediacji pomagają odpowiedzieć na pytanie, dlaczego jakieś zjawisko występuje (Bedyńska i Książek, 2012), a przy poszukiwaniu mediatorów najczęściej wykorzystuje się klasyczne podejście Barona i Kenny'ego (1986), w którym zakłada się przeprowadzenie trzypięciowych analiz. W pierwszym etapie badana jest zależność między zmiennymi nienależnymi a zmiennymi zależnymi, w drugim – zależność między zmiennymi niezależnymi a potencjalnymi mediatorami, a w trzecim – zależność między zmiennymi niezależnymi i mediatorami a zmienną zależną.

Na podstawie wcześniejszych analiz stwierdzono jedynie bezpośredni i istotny statystycznie wpływ interdyscyplinarnej współpracy badawczej na technologię oraz umiarkowany wpływ na produkt/materiał/usługę. Zależność ta nie



Schemat 25. Standaryzowane współczynniki regresji dla relacji między interdyscyplinarną współpracą badawczą a efektami naukowymi z uwzględnieniem zmiennych mediujących

Źródło: opracowanie własne.

występowała w odniesieniu do zmiennych „proces/metoda” oraz „prototyp”. W toku postępowania badawczego i poszukiwania mediacji wykorzystano dwa potencjalne mediatory zależności między interdyscyplinarną współpracą badawczą i poszczególnymi efektami naukowymi (sieć badawcza i koordynacja) oraz kierowano się zasadą, zgodnie z którą porównywano relacje bezpośrednie zmiennych niezależnych i zależnych wówczas, gdy do modelu zostały wprowadzone mediatory, przy czym istotność statystyczna nie była kryterium decyzyjnym przy szacowaniu efektów pośrednich (Kline, 2023).

Zauważono, że zależność między zmienną „interdyscyplinarna współpraca badawcza” a zmienną „sieć badawcza” jest nieistotna statystycznie, chociaż zależność między siecią badawczą a technologią jest w umiarkowanym

stopniu istotna statystycznie. Pomimo iloczynu współczynników standaryzowanych dla składowych tego efektu pośredniego różnego od zera ($0,007 = 0,073 \cdot 0,093$), w ramach wspólnego testu istotności uznaje się, że ten efekt pośredni nie jest istotny statystycznie (Fritz i MacKinnon, 2007). Spełnienie warunku istotności statystycznej dla efektu pośredniego wymaga potwierdzenia istotności relacji zmiennej niezależnej z mediatorem oraz relacji mediatora ze zmienną zależną. Podobnie jest w sytuacji rozstrzygnięcia zależności mediacyjnej między zmienną niezależną „interdyscyplinarna współpraca badawcza” a zmienną zależną „technologia”, w której to mediatorem mogłaby być koordynacja (iloczyn współczynników standaryzowanych dla składowych tego efektu pośredniego wynosi $-0,003 (0,080 \cdot -0,033)$). Koordynacja nie jest także mediatorem relacji między zmienną niezależną „interdyscyplinarna współpraca badawcza” a zmienną zależną „prototyp” (iloczyn współczynników standaryzowanych dla składowych tego efektu pośredniego wynosi $0,0156 (0,080 \cdot 0,195)$), ponieważ nie potwierdzono statystycznej istotności tej relacji. Co ważne, koordynacja statystycznie znacząco wpływa na współpracę z przemysłem, przedsiębiorczość akademicką oraz kompetencje menedżerskie, co potwierdzają wcześniejsze doniesienia literaturowe w tym zakresie opisane w poprzedniej części pracy (Buratti i in., 2021; Mintzberg, 2005; Schaeffer i Matt, 2016).

Reasumując, istnieje zależność między interdyscyplinarną współpracą badawczą a technologią. Ma ona charakter bezpośredni i niezależny od zmiennych mediujących – sieci badawczej i koordynacji, a więc interdyscyplinarna współpraca badawcza przekłada się na liczbę opracowywanych technologii. Potwierdzono również na poziomie tendencji statystycznej relację między interdyscyplinarną współpracą badawczą a produktem/materiałem/usługą.

Charakter zależności między efektami naukowymi reprezentowanymi w analizowanym modelu poprzez zmienne: technologia, produkt/materiał/usługa, proces/metoda, prototyp a efektami komercyjnymi analizowanymi poprzez zmienne: liczba firm typu spin-off, liczba start-upów, liczba patentów, liczba licencji, liczba sprzedanych efektów naukowych oraz liczba zrealizowanych prac i usług badawczych został przedstawiony w tabeli 16. Jak wynika z danych w tabeli, zmienna technologia wpływa w sposób znaczący i bezpośredni na liczbę patentów oraz liczbę sprzedanych efektów naukowych, a umiarkowanie na liczbę licencji. Obserwacje te potwierdzają wcześniejsze dane Modica i Suklana (2023) o tym, że patentowanie i licencjonowanie stanowią kluczowe działania związane z transferem technologii i komercjalizacją badań, a więc uzupełniają w tym zakresie teorię przedsiębiorczości opartą na rozprzestrzeleniu się wiedzy. Nie stwierdzono przy tym pozytywnych i statystycznie istotnych związków między technologią a liczbą firm typu spin-off czy liczbą start-upów, a także między pozostałymi efektami naukowymi (produkt/materiał/usługa, proces/metoda, prototyp) i efektami komercyjnymi.