



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPOJNOŚCI



INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Stanisław Walukiewicz

Kapitał

l u d z k i

Skrypt akademicki



Stanisław Walukiewicz

Kapitał ludzki

[...] jeżeli możesz mierzyć to, o czym mówisz, i wyrazić to w liczbach, wiesz coś o tym, ale kiedy nie możesz mierzyć, kiedy nie możesz tego wyrazić w liczbach, twoja wiedza jest uboga i niezadowolająca.

Lord Kelvin, właściwie William Thomson (1824–1907), słynny brytyjski fizyk i matematyk

Nie dowiemy się wszystkiego (o kapitale ludzkim), dopóki (go) nie zmierzemy.

Nasza zasada

**Skrypt akademicki napisany i wydany w ramach
projektu nr POKL.04.02.00-00-083/08 współfinansowanego
z Europejskiego Funduszu Społecznego**

Kapitał ludzki i kapitał społeczny jako nowe przedmioty akademickie

Instytut Badań Systemowych
Polskiej Akademii Nauk

Stanisław Walukiewicz

Kapitał Ludzki

Skrypt akademicki

Warszawa 2010

**© Copyright by Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk
Warszawa 2010**

© Copyright

Stanisław Walukiewicz
Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk
ul. Newelska 6, 01-477 Warszawa
e-mail: Stanislaw.Walukiewicz@ibspan.waw.pl

All Rights Reserved
Printed in Poland

Utwór w całości ani we fragmentach nie może być powielany ani rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych, w tym również nie może być umieszczony ani rozpowszechniany w postaci cyfrowej zarówno w Internecie, jak i w sieciach lokalnych bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich.

Redakcja techniczna i skład

Małgorzata Włoczewska

Projekt okładki

Paweł Urbankowski

Redakcja

Joanna Tarasiewicz

Wydawca

Instytut Badań Systemowych PAN
ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa
tel. 22 38 10 100, fax. 22 38 10 105
e-mail: ibs@ibspan.waw.pl
web: www.ibspan.waw.pl

Druk i oprawa

Jerzy Kosiński

ISBN 83-894-7531-6

Spis treści

Wstęp	9
Sprawy formalne	12
Podziękowania	12
Rozdział 1. Kapitał ludzki – co to jest?	15
1.1. Założenia	15
1.2. Zarządzanie	18
1.3. Modelowanie	19
1.4. Kapitał ludzki	24
1.5. Adam Smith (1723–1790)	26
1.6. Karol Marks (1818–1883)	27
1.7. Mierzyć niemierzalne!	29
1.8. Jak studiować?	31
1.9. Przegląd literatury	32
1.10. Zadania i zagadnienia	33
Rozdział 2. Zasada ortogonalności	34
2.1. Ile to jest warte?	34
2.2. Wartość	36
2.3. Model decyzyjny	39
2.4. Zasada ortogonalności	41
2.5. Interpretacja graficzna zasady ortogonalności	44
2.6. Wartości materialne i niematerialne	46
2.7. Kapitał ludzki i społeczny	48
2.8. Kapitał finansowy i materialny (rzeczowy)	50
2.9. Synteza	52
2.10. Przegląd literatury	53
2.11. Zadania i zagadnienia	54
Rozdział 3. Równanie fundamentalne	55
3.1. Wartości materialne i niematerialne raz jeszcze	55
3.2. Istota równania fundamentalnego	57
3.3. Bilanse firm w przyszłości	60
3.4. Firma jednoosobowa	63
3.5. Małżeństwo jako przykład firmy dwuosobowej	67
3.6. Szacowanie wartości niematerialnych wybranych firm	70
3.7. Podsumowanie	74
3.8. Przegląd literatury	77
3.9. Zadania i zagadnienia	78

Rozdział 4. Nowy Produkt Krajowy Brutto	80
4.1. Idea nowego PKB	81
4.2. Porównanie wskaźników	86
4.3. Zrównoważony rozwój	89
4.4. Mikropromil	91
4.5. Wartość kontra wolność	93
4.6. Piękno liczby cztery (w naukach społecznych)	94
4.7. Przegląd literatury	96
4.8. Zadania i zagadnienia	97
Rozdział 5. Wirtualna taśma produkcyjna (WTP)	98
5.1. Idea klasycznej taśmy produkcyjnej	98
5.2. Istota wirtualnej taśmy produkcyjnej	100
5.3. Przykłady	103
5.3.1. Projektowanie samochodów	103
5.3.2. Dziennik telewizyjny	104
5.3.3. Klastry	104
5.3.4. Rzeźbienie w bursztynie	106
5.4. Definicja pojęcia „problem twórczy”	106
5.5. Porównanie KTP z WTP	108
5.6. Zagadnienia przydziału pracy	110
5.7. Wielkie twierdzenie Fermata	112
5.8. Przegląd literatury	116
5.9. Zadania i zagadnienia	116
Rozdział 6. Wirtualna taśma produkcyjna w edukacji	118
6.1. Założenia i definicje	116
6.2. Zastosowanie WTP w edukacji	119
6.3. Pomiar dydaktyczny	123
6.4. Diagnostyka edukacyjna a badania systemowe w edukacji	128
6.5. Przykład.....	130
6.6. Efektywność edukacji	135
6.7. Podsumowanie i rekomendacje	137
6.8. Przegląd literatury	138
6.9. Zadania i zagadnienia	139
Rozdział 7. Motywowanie i przewodzenie	140
7.1. Piramida potrzeb według Masłowa.....	140
7.2. Dwie metody zarządzania kadrami	142
7.3. Style kierowania	144
7.4. Budowanie zespołu twórczego.....	148
7.5. Przegląd literatury	149
7.6. Zadania i zagadnienia	150
Zakończenie.....	151

Bibliografia	152
Strony internetowe.....	160
Spis rysunków.....	161
Spis tablic	162
Indeks rzeczowy.....	163
Indeks osób	174
Notatki	175

Wstęp

Słowo „ludzki” w tytule podręcznika napisaliśmy stylizowanymi literami, aby podkreślić, że każdy z nas posiada ten rodzaj kapitału. Ma go ponaddwumetrowy koszykarz (litera „l”) i mały Jaś Kowalski, który radośnie podrzucił kepi z powodu samych szóstek na pierwszym świadectwie. Kapitał ludzki posiada bogaty burżuj palący cygara oraz biedny rekrut ćwiczący krok defiladowy, jak również początkująca gimnastyczka, która potrafi wykonać układy symbolizujące prawie każdą literę alfabetu.

Wartość kapitału ludzkiego zawodowego koszykarza, na przykład NBA (National Basketball Association – najlepszej koszykarskiej ligi świata), jest wyceniana na rynku profesjonalnych koszykarzy, stworzonym specjalnie przez NBA w celu sprzedaży/kupna zawodników. Ta operacja odbywa się zgodnie z zasadami gospodarki rynkowej, gdzie obowiązuje prawo, że popyt równoważy podaż. Prawo to mówi, że zagregowana wartość popytu (zapotrzebowania klubów koszykarskich USA) jest równa łącznej wartości podaży (sumie wartości kapitałów ludzkich koszykarzy, którzy chcą/mogą zgodnie z regulacjami NBA zmienić w danym momencie barwy klubowe). Rynek koszykarzy NBA musi spełniać zasady gospodarki rynkowej, o których mówimy w rozdziale pierwszym, ponieważ koszykarze NBA są aktywnymi aktorami na rynku nieruchomości i motoryzacyjnym (kupują/sprzedają swoje domy/mieszkania, samochody itp.) oraz na powszechnym rynku żywności i odzieży, niezależnie od tego, w jak ekskluzywnych sklepach robią swoje zakupy.

Przykładowo, Marcin Gortat, jedyny Polak grający w NBA, latem 2009 r. podpisał nowy kontrakt ze swoim klubem (Orlando Magic) na sumę 34 mln dol. USA na pięć lat. W naszej terminologii, którą omówimy szczegółowo w rozdziałach 1-4, oznacza to, że wartość jego kapitału ludzkiego latem 2009 r. była równa 34 mln dol. i że przez pięć lat ten kapitał ludzki (jego umiejętności, talent, poświęcenie dla Orlando Magic itp.) są własnością tego klubu.

Rynek koszykarzy NBA jest bardzo ściśle związany z rynkiem emocji kibiców koszykówki na całym świecie, nie tylko w USA. Kibice i koszykarze święcie wierzą (ufają), że na nim obowiązują tak samo uczciwe i sprawiedliwe zasady jak na innych rynkach w gospodarce rynkowej (patrz rozdział 2). To zaufanie jest fundamentem rynku emocji, którego wartość mierzy się w grubych miliardach dolarów. Zatem emocje, których nie można dotknąć, a jak niektórzy twierdzą, zmierzyć, mają ogromną realną wartość. Kibice NBA nie mieli i nie mają żadnych podstaw, by sądzić, że sumy wymienione w kontraktach mają się nijak do tych płaconych w rzeczywistości, że wyniki meczów ustala się przy zielonym stoliku itp. Przypadek polskiej piłki nożnej pokazuje, że zbudowanie takiego rynku nie jest łatwe.

Szczególną rolę na rynku emocji pełnią oryginalne gadżety klubowe (koszulki, emblematy itp.), na które kluby mają prawa wyłączności sprzedaży. Kibice godzą się płacić znacznie więcej, na przykład za oryginalną koszulkę klubową niż za taką samą, uszytą w ten sam sposób, z tych samych materia-

łów, z tymi samymi napisami itp. Co więcej, jeśli klub i dany zawodnik odnosi sukcesy, to cena koszulki zwykle rośnie i spada – gdy jest odwrotnie.

Zakładamy, że wszystkie obiekty naszych badań działają/istnieją w gospodarce rynkowej będącej w stanie równowagi między popytem a podażą (rozdział 1). Z tej równowagi wynika równanie fundamentalne (rozdział 3), które mówi, co składa się na wartość szeroko rozumianej firmy i jaką rolę pełni w niej kapitał ludzki zarówno danego pracownika (kapitał ludzki w liczbie pojedynczej), jak i kapitał ludzki odpowiednio określonej grupy osób (to samo pojęcie w liczbie mnogiej).

Myśl przewodnia naszych badań nad kapitałem ludzkim sprowadza się do stwierdzenia, że „nie poznamy (kapitału ludzkiego), dopóki (go) nie zmierzymy”. Dlatego tak dużą wagę przywiązujemy do metodologii pomiaru/szacowania jego wartości. Podstawą naszej metodologii jest zasada ortogonalności, szczegółowo omówiona w rozdziale 2. Zwykle wartości złożonych obiektów, takich jak firma, dom z wyposażeniem itp. wyznaczamy sumując wartości elementów, które się na dany obiekt składają. W tym miejscu pojawia się istotne pytanie, kiedy możemy tak postępować, bez obawy, że jakiś element uwzględnimy w tym sumowaniu dwa lub więcej razy. Zasada ortogonalności daje odpowiedź na to pytanie. Wynika z niej na przykład, że wyznaczając wartość Orlando Magic możemy do wartości kapitału ludzkiego Gortata i innych zawodników dodawać wartość kapitału społecznego tej drużyny (współpraca i zaufanie między zawodnikami w „doli i niedoli”, ich wzajemna lojalność itp.). Wiadomo, że meczu zwykle nie wygrywa drużyna złożona z gwiazd, z których „każda ciągnie w swoją stronę”, tylko drużyna „średniaków”, w której zawodnicy trzymają się zasady „jeden za wszystkich, wszyscy za jednego”. W tym skrypcie wielokrotnie pokażemy, że właśnie kapitał społeczny i kapitał ludzki to najbardziej istotne (wartościowe) składowe wartości szeroko rozumianej firmy.

Wiadomo, że w naszej rzeczywistości istnieją tylko wartości materialne (ludzie, pieniądze, rzeczy itp.), których zawsze realnie lub umownie można dotknąć i wartości niematerialne (uczucia, myśli, emocje itp.), których fizycznie dotknąć nie można, bo one nie są materialne. Podobnie relacje między ludźmi są albo formalne, albo nieformalne i innych na tym świecie nie ma. Otóż zasada ortogonalności mówi, że zawsze możemy dodawać wartości materialne do wartości niematerialnych, gdyż są one ortogonalne (rozdział 2), ale nie możemy dodawać wartości relacji formalnych do wartości relacji nieformalnych, bo nie są one ortogonalne. Wynik ten potwierdza to, co zapewne wielu z nas czuje „przez skórę”, że świat relacji między ludźmi jest znacznie bardziej złożony i skomplikowany niż świat wartości.

Każdą firmę można traktować jako rynek wewnętrzny, na którym jej kierownictwo umownie sprzedaje (w rzeczywistości przydziela) stanowiska pracownikom w celu odniesienia sukcesu na rynku zewnętrznym, który zwykle jest rynkiem powszechnym. Jednym z efektów tej sprzedaży/przydziału są wynagrodzenia pracowników, to znaczy wartości ich kapitału ludzkiego na rynku wewnętrznym, gdzie też obowiązuje lokalne prawo popytu i podaży, zwykle dodatkowo warunkowane jej historią/tradycją, wewnętrznymi przepisami, regulaminami itp. W punkcie 3.6 pokazujemy, że na koniec 2008 roku w Nokii wycena wartości kapitału ludzkiego na jej rynku wewnętrznym była praktycznie rzecz biorąc taka sama jak na rynku zewnętrznym (giełdowym). Zatem gracze giełdowi, dla których Nokia jest jedną z wielu firm teleinformatycznych notowanych (sprzedawanych) na giełdzie, wycenili jej kapitał ludzki tak samo jak kierownictwo, dla którego Nokia jest „oczkiem w głowie”. Dodajmy, że ani kierownictwo, ani też gracze giełdowi nie znają zasady ortogonalności i równania fundamentalnego, ale to tylko kwestia czasu.

Korzystający z bankowości elektronicznej wiedzą, że po naciśnięciu kilkunastu klawiszy mogą zobaczyć stan (statyczny) swojego konta (w naszej terminologii wartość swojego kapitału finansowego) w określonym dniu, godzinie, minucie, a nawet sekundzie. Po naciśnięciu jeszcze kilku klawiszy, mogą zobaczyć, jak ten stan się (dynamicznie) zmieniał, powiedzmy od początku roku do dziś, tj. analizować kapitał finansowy jako (dynamiczny) proces. Analogicznie możemy rozpatrywać kapitał ludzki. Kapitał ludzki Gortata traktowany jako statyczny zasób w momencie podpisywania nowego kontraktu był wart 34 mln dol., a wartość kapitału ludzkiego Jasia Kowalskiego to same szóstki na koniec roku szkolnego. By badać i analizować kapitał ludzki, zaproponowaliśmy jako narzędzie wirtualną taśmę produkcyjną (rozdział 5). Jest ona naturalnym rozwinięciem (fazą rozwoju) powszechnie znanego wynalazku Henry Forda w przemyśle motoryzacyjnym z początku ubiegłego wieku, wynalazku, który bez przesady zmienił życie każdego z nas, zwiększając efektywność procesu podziału pracy oraz wiedzy tysiące i dziesiątki tysięcy razy.

Podsumowując, nasza teoria wspiera się na trzech filarach: zasadzie ortogonalności, równaniu fundamentalnym i wirtualnej taśmie produkcyjnej. Zatem jest to konstrukcja stabilna i powinna wytrzymać krytykę konserwatywnych i zaściankowych ekonomistów. Autor doskonale zdaje sobie sprawę, że „jeszcze się taki nie urodził, który by wszystkim (ekonomistom) dogodził”, ale też dobrze wie, że, jak w starym dowcipie, „trzeba się starać”.

Na zakończenie kilka uwag, które powinny ułatwić lekturę:

1. Podręcznik został napisany jako pewna logicznie spójna i zwarta całość, której zrozumienie nie wymaga studiowania uzupełniających książek czy artykułów, wysłuchania dodatkowych wykładów itp.
2. Matematyczny styl rozważań służy tylko i wyłącznie zwiększeniu precyzji wypowiedzi. Ten powszechny w naukach społecznych brak precyzji wypowiedzi był przyczyną tego, że, na przykład, jeden z podstawowych rezultatów autora z 2006 roku o tym, że w jednoosobowej firmie nie ma kapitału społecznego (patrz punkt 3.4), był kwestionowany.
3. Po wykładzie autora na temat kapitału ludzkiego w edukacji (rozdział 6), doświadczona pani profesor z PAN zwróciła uwagę, że sprowadzanie wszystkiego do pieniędzy (wartości) jest „takie nie-ludzkie, takie niehumanitarne”. Naszą odpowiedź na tego typu uwagi sformułujemy w dwóch punktach. Po pierwsze, ekonomia jest nazywana niekiedy królową nauk społecznych właśnie dlatego, że próbuje, mniej lub bardziej udolnie, pomierzyć takie zjawiska jak PKB (rozdział 4), efektywność inwestycji, efektywność procesu podziału pracy oraz wiedzy itp. Zatem taka tendencja jest nieuchronna i, co więcej, pozwala lepiej zrozumieć „ludzki i humanitarny” charakter tych zjawisk. Mówimy o tym w wielu punktach tego skryptu, na przykład w punkcie 3.5, gdzie analizujemy tak „niehumanitarne” uczucie jak miłość między kobietą i mężczyzną. Po drugie, co miesiąc kapitał ludzki autora i pani profesor, jako pracowników PAN, jest oceniany w formie wynagrodzeń. Autor zgadza się z panią profesor, że jest on „nie-ludzko” niedoszacowany. Możliwość poprawy tej sytuacji widzimy w budowie rynku badań naukowych w Polsce (patrz punkt 4.3).

Sprawy formalne

Skrypt został napisany i wydany w ramach projektu Nr UDA-POKL.04.02.00-00-083/08-00 *Kapitał ludzki i kapitał społeczny jako nowe przedmioty akademickie*, współfinansowanego z Europejskiego Funduszu Społecznego. Jest to projekt trzyletni, realizowany od 15.04.2009 do 14.04.2012 r., z budżetem prawie 2,2 mln zł, a autor jest jego koordynatorem. Instytucją nadzorującą realizację projektu jest Departament Wdrożeń i Innowacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, który zawarł odpowiednią umowę z Instytutem Badań Systemowych PAN, jako głównym wykonawcą na jego realizację. Jedynym podwykonawcą jest Komitet Prognoz POLSKA 2000 PLUS przy Prezydium PAN.

Tytuł projektu wiernie oddaje jego treść. Chodzi w nim przede wszystkim o napisanie dwóch skryptów, podręczników akademickich *Kapitał ludzki* oraz *Kapitał społeczny*, jako podstawy semestralnych wykładów dwóch nowych przedmiotów akademickich. Harmonogram projektu przewiduje, że skrypt *Kapitał społeczny* ukaże się wiosną 2011 roku. Przewiduje się też, że w roku akademickim 2011/12 autor wygłosi pilotażowe wykłady na dwóch uczelniach niepaństwowych: Śląskiej Wyższej Szkole Zarządzania im. gen. Jerzego Ziętka w Katowicach oraz Wyższej Szkole Informatyki Stosowanej i Zarządzania w Warszawie. Należy dodać, że w pierwszej uczelni autor wykłada kapitał społeczny już od 2007 roku. Komitet Prognoz jest odpowiedzialny za organizację dziesięciu konferencji naukowych, w których problematyka kapitału ludzkiego i społecznego zostanie odpowiednio uwzględniona. Więcej informacji o projekcie można znaleźć na stronie internetowej:

<http://www.noweklks.ibspan.waw.pl>

Ponieważ podręcznik został napisany i wydany w ramach projektu, to słuchacze wykładów autora otrzymają go bezpłatnie. Jest zrozumiałe, że w tej sytuacji publikacja ta nie może być przedmiotem handlu.

Podziękowania

Pragnę serdecznie podziękować Koleżankom i Kolegom z IBS PAN za ich aktywność na seminariach poświęconych prezentacji zasadniczych tez tego podręcznika. Najbardziej aktywnym uczestnikiem tych seminariów był dr Jan Gadomski i nasze długie dyskusje były dla mnie pouczające. Cały rękopis przeczytała dr Barbara Szymoniuk i wniosła wiele bardzo wartościowych uwag. Autorką układu i szaty graficznej podręcznika jest mgr Małgorzata Włoczewska, moja sekretarka, która z takim samym poświęceniem wprowadzała pierwszą, jak i następną korekty. Tak trzymać, Małgosiu!

Podręcznik wiele zyskał dzięki dyskusjom z profesorem Bolesławem Niemierką, twórcą diagnostyki edukacyjnej w Polsce. Bolesława poznałem dzięki Anecie Wiktorzak, która w maju 2009 r. obroniła doktorat na temat kapitału ludzkiego i społecznego w szkole średniej – pierwszy doktorat z tej tematyki w IBS PAN, kto wie, czy nie w Polsce. Bolesław zgodził się chyba z moją tezą, że diagnostyka edukacyjna i badania systemowe w edukacji mają wiele wspólnego, przeczytał kilka rozdziałów podręcznika oraz często hamował mnie w dążeniu do formalizmu i matematyzacji rozważań. On pierwszy zauważył, że skoro firma jednoosobowa jest tak ważna w mojej teorii, to warto przeanalizować małżeństwo jako powszechnie znany przypadek firmy dwuosobowej. Ja w tym dniu byłem ambitny i szybko naszkicowałem punkt 3.5. Podobnie było w przypadku podpunktu 5.3.4: Bolesław

zapytał, czy za pomocą wirtualnej taśmy produkcyjnej można opisać współpracę tak „artystycznych osobowości” jak rzeźbiarze, pisarze, filmowcy itp. Wiele rezultatów dyskusji z Anetą i Bolesławem zawiera rozdział 6, a ja chciałbym bardzo serdecznie im za to podziękować.

Profesor Andrzej P. Wierzbicki zauważył, że cała moja teoria bazuje na pojęciu wartości, że na wolnym rynku wartość popytu równa się wartości podaży. Sformułował w związku z tym bardzo istotne pytanie: czy nie warto zbudować podobnej teorii wychodząc od pojęcia wolności, bo to przecież wolny rynek sprawia, że ludzie zachowują się tak, jak widzimy i to zarówno jako jednostki, jak i grupy, społeczności itp. Inaczej rzecz ujmując: co dziś, tu i teraz, jest siłą napędową rozwoju świata, wartość czy wolność? Nie ulega wątpliwości, że pojęcia wolności (politycznej) i wartości (ekonomicznej) były zawsze i nadal są ściśle powiązane. Moją odpowiedź na to głęboko filozoficzne pytanie podałem w punkcie 4.5.

Chciałbym z głębi serca podziękować wszystkim współpracownikom z Centrum Systemowej Analizy Przedsiębiorczości IBS PAN, jak również wszystkim moim doktorantom. To, że po tylu latach śmiejecie się z moich dowcipów, utwierdza mnie w przekonaniu, że stosowany kapitał społeczny (SKS) „to jest to” oraz że jesteśmy na dobrej drodze do budowy polskiej szkoły kapitału społecznego.

Jest oczywiście, że to ja odpowiadam za wszystkie ewentualne błędy i niejasności. Dlatego będę szczerze zobowiązany za wszelkiego rodzaju uwagi krytyczne. Proszę je kierować na adres:

noweklks@ibspan.waw.pl

Na istotne uwagi krytyczne publicznie odpowiem na tej stronie internetowej.

Praca nad tym podręcznikiem była dla mnie dużym wyzwaniem i ... przyjemnością. Dlatego, w poczuciu dobrze spełnionego obowiązku, zapraszam do lektury!

*Stanisław Walukiewicz
Warszawa, wrzesień 2010*

Wirtualna taśma produkcyjna (WTP)

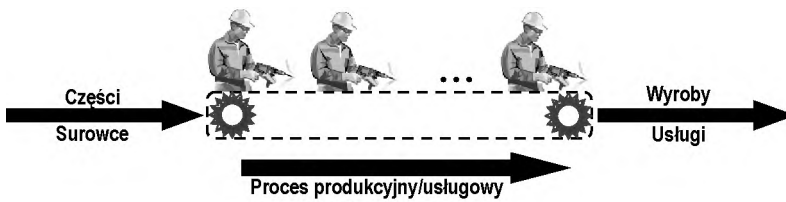
Tym rozdziałem rozpoczynamy drugą część skryptu, w której będziemy analizować kapitał ludzki jako (dynamiczny) proces. Rozpoczniemy od pytania, które na pierwszy rzut oka może wydawać się nieco dziwne: Jak ludzie pracują twórczo? Pierwszą odpowiedzią, która się zwykle nasuwa, jest — różnie. Nasza odpowiedź na to pytanie brzmi: ludzie pracują twórczo na wirtualnej taśmie produkcyjnej, która jest naturalnym rozwinięciem (kolejną fazą rozwoju) powszechnie znanej (klasycznej) taśmy produkcyjnej, zaproponowanej przez Henry Forda w przemyśle samochodowym w 1913 roku.

Zasadniczym celem tego rozdziału jest prezentacja wirtualnej taśmy produkcyjnej jako modelu (narzędzia) do analizy kapitału ludzkiego, będącego przedmiotem tego skryptu, i kapitału społecznego, którym będziemy się zajmować w skrypcie *Kapitał społeczny*. Na przykładach pokażemy, że ludzie już dziś pracują na wirtualnych taśmach produkcyjnych, chociaż nie używają takiej nazwy. Termin „wirtualna taśma produkcyjna” został zdefiniowany na seminarium w IBS PAN w marcu 2006 roku oraz w publikacji autora miesiąc później.

Po przestudiowaniu tego rozdziału, Czytelnik chyba zgodzi się z tezą, że wirtualna taśma produkcyjna jest naturalnym modelem i narzędziem do analizy procesów twórczych. Aby lepiej zrozumieć jej istotę, rozpoczniemy od opisu klasycznej taśmy produkcyjnej na przykładzie przemysłu samochodowego.

5.1. Idea klasycznej taśmy produkcyjnej

Na początku ubiegłego wieku samochody były produkowane w gniazdach produkcyjnych, w których kilku wysokiej klasy rzemieślników, tzw. złotych rączek, budowało dany egzemplarz od samego początku do końca (samochód stał – „złote rączki” chodziły dookoła niego). Wielkim mankamentem takiego sposobu produkcji jest ograniczona liczba „złotych rączek” w każdym społeczeństwie czy kraju. Ford jako pierwszy zauważył i praktycznie udowodnił, że nie trzeba wcale „złotych rączek”, aby produkować bardzo skomplikowane/nowoczesne samochody. Wystarczy rozbić złożony proces produkcyjny na setki, tysiące prostych operacji i nauczyć (prostych) robotników wykonywania tych operacji, przy czym wystarczy, że każdego robotnika nauczymy wykonywania jednej i tylko jednej czynności. W tym sposobie produkcji samochód jedzie na taśmie, a robotnicy stoją/siedzą wzdłuż niej, jak to pokazano schematycznie na rysunku 5.1 oraz fotografii 5.2.



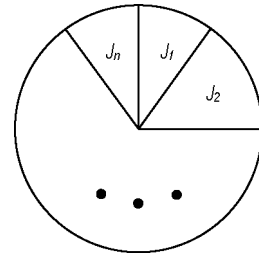
Rys. 5.1. Klasyczna taśma produkcyjna (KTP)



Rys. 5.2. Tak wyglądała klasyczna taśma produkcyjna w zakładach Forda około roku 1915

Ta idea Forda diametralnie zmieniła nasze życie – dziś takie taśmy są powszechnie stosowane w produkcji/usługach i pracują na nich ludzie lub roboty. Wygodnie jest **rozbicie** (patrz punkt 2.4) procesu produkcyjnego na operacje J_1, J_2, \dots, J_n przedstawić graficznie na rysunku 5.3 jako rozbicie (podział rozłączny) pełnego koła na wycinki odpowiadające poszczególnym operacjom. Na rysunku 5.3 mamy pełne koło, bo proces produkcyjny, które ono reprezentuje, jest w 100% zdefiniowany. Będziemy często korzystać z takich wykresów kołowych (patrz rozdział 2).

Załóżmy, że drugi robotnik na taśmie zamiast wieczorami gapić się w telewizor, ćwiczył wykonywanie przypisanej mu na taśmie operacji (rozwijał swój kapitał ludzki) i teraz wykonuje ją dwa razy szybciej. Czy będzie to miało jakieś efekt na bieg tej taśmy? Oczywiście, że nie będzie miało żadnego efektu, gdyż organizacja takiej taśmy jest sztywna (nieelastyczna) i nie może być zmieniana przez robotników, a robotnicy na taśmie są po to, aby pracować (robić), a nie myśleć. Zatem taka taśma nie dopuszcza żadnej **samoorganizacji**. Podobnie rozumując, dochodzimy do wniosku, że również liczba operacji nie może być zmieniana przez robotników pracujących na taśmie.



Rys. 5.3. Rozbicie klasycznego procesu produkcyjnego na operacje

Podsumujemy tę część rozważań w formie następującej definicji:

► Definicja 5.1

Klasyczna taśma produkcyjna (KTP) to rozbicie złożonego procesu produkcyjnego/usługowego na wiele prostych operacji. To rozbicie nie dopuszcza żadnej samoorganizacji, a liczba operacji jest stała (patrz rysunek 5.3).



Zatem Ford praktycznie udowodnił, że (prości) robotnicy mogą produkować bardzo skomplikowane/technologicznie zaawansowane samochody i że „organizacja to jest to”. Właśnie ta organizacja, czyli odpowiednie rozbięcie złożonego procesu produkcyjnego na setki i tysiące prostych operacji znakomicie zwiększyło efektywność produkcji samochodów. Wynalazek Forda należy traktować jako milowy krok w doskonaleniu procesu podziału pracy i wiedzy (patrz punkt 1.5). Tam cytując Adama Smitha pokazaliśmy, że podział pracy (specjalizacja) zwiększył efektywność produkcji igieł 240 razy. Produkcję samochodów w gniazdach produkcyjnych należy traktować jako produkcję bez specjalizacji, gdyż wtedy jeden lub kilku robotników robiło wszystko, tj. produkowało dany samochód od początku do końca. Wynalazek Forda to, w naszej terminologii, zaawansowany (naukowo uzasadniony) podział pracy, który zwiększył efektywność produkcji samochodów tysiące i dziesiątki tysięcy razy. Zatem możemy sformułować tezę, że bez wynalazku Forda nie byłibyśmy na tym szczeblu społeczno-gospodarczego rozwoju, na jakim znajdujemy się obecnie.

Na krytykę, że praca na taśmie jest bardzo monotonna i nużąca, Ford odpowiadał, że on daje pracę każdemu, podczas gdy w gniazdach produkcyjnych zatrudniano tylko „złote ręczki”. Prócz tego, dziś najbardziej monotonne operacje wykonują zwykle roboty i jest znanych wiele technik, które przynajmniej częściowo eliminują te niedostatki KTP (rotacja robotników na stanowiskach, organizacja przerw w pracy itp.).

5.2. Istota wirtualnej taśmy produkcyjnej

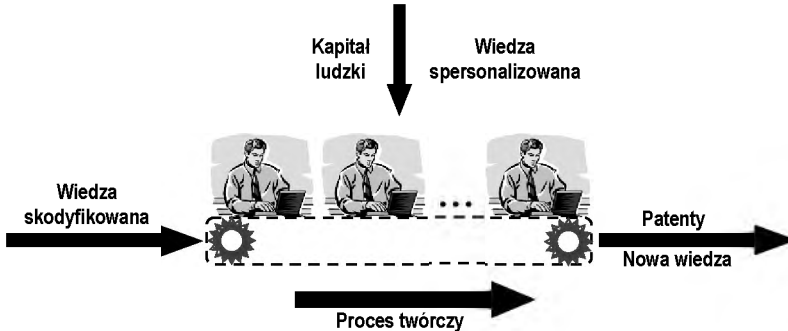
W punkcie 1.4 zdefiniowaliśmy pracę twórczą jako każdą pracę nierutynową i wyjaśniliśmy, dlaczego jest nam potrzebna tak szeroka definicja. Nie ulega wątpliwości, że dziś praca twórcza to w zasadzie praca zespołowa, realizowana przez zespół/grupę ekspertów, specjalistów itp., składającą się z co najmniej dwóch osób, którzy korzystają w pracy z Internetu (w ogólnym przypadku będzie to sieć przesyłania informacji), i którzy mogą bezpośrednio lub pośrednio wpływać na organizację swojej pracy. Te trzy przesłanki są podstawą definicji wirtualnej taśmy produkcyjnej, na której taki zespół pracuje twórczo.



Rozważmy **wirtualną taśmę produkcyjną (WTP)**, przedstawioną na rysunku 5.4, na której eksperci z ich komputerami, bazami danych itp. pracują twórczo, tj. rozwiązują jakiś problem lub realizują dany projekt (na przykład projekt badawczy). Taśmę nazywaliśmy wirtualną, gdyż ona w rzeczywistości nie istnieje i dlatego na rysunku 5.4 zaznaczyliśmy ją linią przerywaną. Ekspersi mogą być w różnych zakątkach naszego globu, a łączy ich tylko wspólny cel/chęć/obowiązek rozwiązania problemu oraz sieć przesyłania informacji (**teleinformatyka**), którą zwykle jest Internet. Zatem możemy przyjąć założenie, że jeśli pojawia się/powstaje wyzwanie lub problem (twórczy) do rozwiązania, to tworzymy zespół ekspertów, składający się z co najmniej dwóch osób. Zespół ten próbuje rozwiązać problem, pracując na odpowiednio skonstruowanej, odpowiadającej danemu problemowi wirtualnej taśmie produkcyjnej.

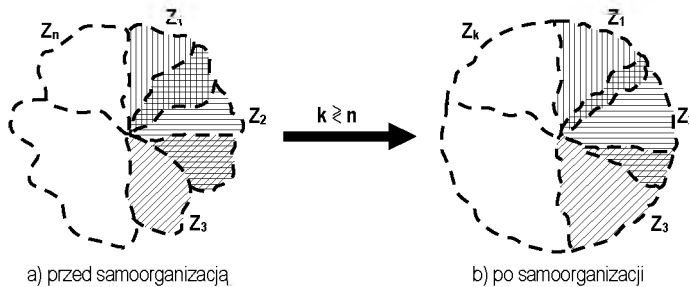
Ktoś może powiedzieć, że nawet dziś są naukowcy-samotnicy, eksperci-single itp., którzy w pojedynkę próbują rozwiązywać problemy (twórcze). Tak, to prawda, ale naszym zdaniem są to wyjątki potwierdzające regułę i nimi nie będziemy się w tym skrypcie zajmować. Jeszcze jedno wyjaśnienie do powyższego założenia: ten problem nie musi, i zwykle nie jest, dokładnie zdefiniowany, co na rysunku 5.5a przedstawiliśmy jako figurę odległą od koła, gdzie koło reprezentuje problem dokładnie (w 100%) zdefiniowany. W założeniu mówimy też, że zespół próbuje rozwiązać dany problem,

a nie że go rozwiąże, gdyż to byłoby nierealistyczne. Często jest tak, że po pewnym czasie lub po zakończeniu pracy zespołu, gdy zatrzymano daną WTP, nasza wiedza o danym problemie jest większa, co pokazaliśmy na rysunku 5.5b jako figurę bardziej zbliżoną do koła niż ta na rysunku 5.5a. To, że na rysunku 5.5b nie ma koła, oznacza, że dany problem nie został do końca (w 100%) rozwiązany.



Rys. 5.4. Wirtualna taśma produkcyjna (WTP)

Na WTP eksperci łączą swoją **wiedzę skodyfikowaną**, zawartą w bazach danych, książkach, dokumentach itd. z ich **wiedzą spersonalizowaną** (doświadczenie, talent, wiedza zdobyta na studiach, szkoleniach itp.) oraz z ich kapitałem ludzkim (wytrwałość w dążeniu do celu, tak zwany nos badawczy itp.), po to by rozwiązać dany problem. Próba rozwiązania danego problemu jako taka, nie mówiąc o pełnym jego rozwiązaniu, może dać i zwykle daje nową wiedzę zarówno skodyfikowaną, jak i spersonalizowaną, nowe patenty itp.



Rys. 5.5. WTP jako przykład elastycznego podziału pracy i samoorganizacji

Zwykle projekt dzieli się na zadania badawcze; niech na początku projektu będzie ich n , a mianowicie: Z_1, Z_2, \dots, Z_n (patrz rysunek 5.5a). W odróżnieniu od KTP, eksperci na WTP nie tylko pracują (stukają w klawiaturę), ale przede wszystkim myślą i mogą po pewnym czasie w ramach samoorganizacji zmienić zarówno zakres poszczególnych zadań, jak i ich liczbę. Zatem po samoorganizacji możemy mieć k zadań Z_1, Z_2, \dots, Z_k , gdzie liczba k może być liczbą mniejszą, większą lub równą n , a sam problem jest zwykle bardziej zbliżony do koła (rysunek 5.5b). Zauważmy, że w tym przypadku mamy zwykle **podział**, a nie rozbitcie, jak na rysunku 5.3, danego projektu na zadania. Zwykle poszczególne zadania nakładają się na siebie bardziej przed samoorganizacją niż po niej. Takie nakładanie się zadań pokazano na rysunku 5.5 jako zakratkowane pola. WTP jest zatem przykładem

elastycznego podziału pracy, podczas gdy na KTP obowiązuje **sztwywny (nieelastyczny) podział pracy**. Możemy więc zdefiniować:

► Definicja 5.2



Wirtualna taśma produkcyjna (WTP) to podział twórczego procesu (projektu) na zadania połączone z **teleinformatyką**. Zarówno sam podział, jak i liczba zadań mogą być zmieniane przez ekspertów pracujących na danej WTP. Nazywamy to jej **samoorganizacją**.

Zatem każda WTP składa się z trzech wyżej wymienionych elementów: podziału pracy (twórczej) na zadania, teleinformatyki (w większości przypadków będzie to po prostu Internet) oraz samoorganizacji. Pierwszy i ostatni element na tej liście są najważniejsze, ponieważ to one odróżniają tu i teraz WTP od KTP. By zauważyć tę różnicę, przeanalizujmy pracę urzędników banku, którzy zgodnie z ustaloną procedurą rozpatrują wnioski o udzielenie kredytu. Jeżeli założymy, jak to ma zwykle miejsce, że urzędnicy (bankowi) nie mogą zmieniać ustalonej procedury i muszą postępować ściśle według związanych z tą procedurą instrukcji, to wtedy mamy przykład klasycznej taśmy produkcyjnej. Jeśli ci sami urzędnicy mogą dostosowywać (samoorganizować) daną procedurę do otrzymanych wniosków kredytowych, to w takim przypadku pracują oni nie na klasycznej, a na wirtualnej taśmie produkcyjnej. Oczywiście urzędnicy bankowi korzystają z teleinformatyki (komputery, bazy danych, Internet itp.) zarówno w przypadku KTP, jak i WTP. Zatem podział twórczego procesu (problemu) na zadania jest ściśle związany z samoorganizacją i ten ścisły związek stanowi istotę WTP. Nieco inaczej: na WTP jest elastyczna organizacja pracy, a na KTP mamy sztywną (nieelastyczną) organizację pracy.

Pojęcie samoorganizacji odgrywa bardzo ważną rolę w naszych rozważaniach. Dlatego podamy jego inną definicję, równoważną definicji 5.2:

► Definicja 5.3



Samoorganizacja to zmiana organizacji procesu twórczego dokonywana przez jego uczestników. Samoorganizacja to przeformułowanie problemu twórczego, rozwiązywanego na danej WTP.

Jest to definicja typu tu i teraz i ważne w niej jest to, że eksperci pracujący na danej WTP z własnej, niczym nieprzymuszonej woli zmieniają jej organizację, na przykład zmieniają liczbę i kolejność rozpatrywanych zadań, czas przeznaczony na poszczególne zadania itp. Wrócimy do tych zagadnień w punkcie 5.4.

Podsumujemy nasze rozważania w formie dwóch wniosków:

► Wniosek 5.1



Każda WTP składa się z trzech elementów:

- 1) podziału procesu twórczego na zadania,
- 2) teleinformatyki,
- 3) samoorganizacji.

W punkcie 5.7 zinterpretujemy rozwiązanie bardzo ważnego problemu matematycznego jako proces na WTP, który trwał ponad 350 lat. Oczywiście wtedy nie było teleinformatyki i jej rolę spełnia-

ty naukowe czasopisma matematyczne i zwykłe listy. Wniosek 5.1 należy rozumieć jako stwierdzenie, że tu i teraz każda WTP ma te trzy elementy i żadnego z nich nie można pominąć w definicji/konstrukcji WTP dla danego problemu.

Ponieważ na każdej WTP współpracuje co najmniej dwóch ekspertów, to może być ona traktowana jak nasza firma F zatrudniająca co najmniej dwie osoby. Z punktu 3.4 wiemy, że kapitał społeczny takiej firmy, a ściślej mówiąc jego wartość, jest zawsze dodatnia (większa niż zero). Co więcej, rozwiązując dany problem na odpowiadającej mu WTP eksperci zwykle nie tylko uczą się z istniejących zasobów wiedzy skodyfikowanej (w naszej terminologii powiększają wartości ich kapitałów ludzkich i to zarówno kapitału ludzkiego traktowanego w liczbie pojedynczej, jak też mnogiej – patrz punkt 3.3), ale też uczą się jeden od drugiego, przez co powiększają wartość kapitału społecznego danej WTP.

► Wniosek 5.2

WTP jest narzędziem do powiększania wartości zarówno kapitału ludzkiego, jak i społecznego pracujących na niej ekspertów. Zatem dla każdej WTP mamy:

$$v(KL, WTP) > 0 \text{ oraz } v(KS, WTP) > 0.$$

Autor, jako twórca pojęcia wirtualnej taśmy produkcyjnej, nie może sobie odmówić potrzeby wygłoszenia tezy, że WTP jest najlepszym narzędziem do analizy i powiększania wartości zarówno kapitału ludzkiego, jak i społecznego. Jest to narzędzie tak dobre, że gdyby go nie było, to należałby je wynaleźć, co stało się na początku 2006 roku.

5.3. Przykłady

W tym punkcie pokażemy, że przykłady wirtualnych taśm produkcyjnych spotykamy niemal na każdym kroku, chociaż jak dotąd, tylko nieliczni używają takiej nazwy. Celem przykładów jest prezentacja idei takich taśm, a nie dokładny opis badanego wycinka rzeczywistości.

5.3.1. Projektowanie samochodów

Wyprodukowanie tysiąca samochodów to dziś praca rutynowa, wykonywana w znacznej części przez roboty na klasycznych taśmach produkcyjnych. W rzeczywistości w zakładzie produkującym samochody takich taśm jest wiele. Ale już wyprodukowanie jednego samochodu (prototypu) jest pracą twórczą i jest ona realizowana na WTP, takiej, jak to symbolicznie pokazano na rysunku 5.4. Niech pierwszy ekspert na tym rysunku reprezentuje zespół stylistów pracujących nad sylwetką/karoserią nowego modelu, a drugi ekspert niech przedstawia sobą zespół specjalistów od silnika itd. Takie zespoły, korzystając z wiedzy skodyfikowanej o wcześniejszych modelach zawartej w bazach danych, tworzą krok po kroku zgodnie z przyjętym planem (strategią) najpierw w komputerze i na papierze, a potem w rzeczywistości prototyp nowego samochodu. Prototyp taki po pozytywnym przejściu przez wszystkie testy i komisje zostaje zatwierdzony do masowej produkcji, co kończy bieg tej WTP i pracę zespołów nad prototypem. Często plany prac nad prototypem są zmieniane lub modyfikowane. Na przykład zamiast jednego zespołu zajmującego się nowym silnikiem powołuje się trzy nowe zespoły pracujące nad konstrukcją silnika, dalszym zmniejszeniem zanieczyszczenia środowiska



przez spaliny i jeszcze większą komputeryzacją kontroli pracy silnika. Wszystkie takie działania są przykładami samoorganizacji tej WTP.

Przed wprowadzeniem komputerów i teleinformatyki do projektowania nowe modele wprowadzono co mniej więcej pięć lat, gdyż wiązało się to z ogromnym wysiłkiem organizacyjnym. Na przykład duże komplikacje w tych pracach powodował już sam fakt wyjazdu głównego konstruktora/stylisty na kilka dni do innego miasta. Dziś dzięki teleinformatyce (ICT) każdy z ekspertów ma pełny dostęp do aktualnych informacji praktycznie z każdego punktu świata. Ponieważ wtedy nowe modele wprowadzono tak rzadko, to zwykle było tak, że rynek czekał na takie nowe modele. Dziś, z pewnym publicystycznym zacięciem można powiedzieć, że to nowe modele samochodów (prototypy) produkowane są masowo na wirtualnych taśmach produkcyjnych, chociaż projektanci samochodów nie używają takiej nazwy, ale to tylko kwestia czasu. Tak produkowane prototypy czekają na rynek, kiedy zaczną spadać zainteresowanie dotychczas produkowanymi modelami, a nie odwrotnie, jak było to 15, 20 lat temu.

5.3.2. Dziennik telewizyjny

Pomimo rosnącej popularności Internetu, wieczorne dzienniki telewizyjne pozostają dla wielu Polaków jedynym źródłem informacji o kraju i świecie. W PRL kursowała anegdota, że krowy przestają dawać mleko o 19.30, a dziś chyba dają kefir z uwagi na kiepską jakość tego typu programów, zarówno w telewizji publicznej, jak i w telewizjach prywatnych. Niezależnie od tego, każde wydanie dziennika telewizyjnego możemy potraktować jako pracę twórczą na WTP, chociaż nikt w telewizji nie używa tego skrótu, ale już niedługo, jak przewiduje autor, stanie się on bardzo popularny w tym środowisku i nie tylko. Zwykle około 11 następuje podział zadań między zespoły składające się z dziennikarzy, operatorów, kamer itp. Na przykład jedne zespoły obsługują pracę rządu, inne prace Sejmu itd. Często jest jeszcze zespół rezerwowowy do obsługi tzw. *breaking news* (nieprzewidzianych wydarzeń). Takie nieprzewidziane wydarzenia są przykładami samoorganizacji rozpatrywanej WTP. Innym przykładem samoorganizacji tej WTP są wywiady na żywo, przeprowadzane w trakcie emisji programu.

Zatem dziennik telewizyjny to połączenie na danej WTP wiedzy skodyfikowanej (materiały TVP, materiały z innych telewizji, redakcji gazet itp.) z wiedzą spersonalizowaną dziennikarzy i operatorów, pracujących zarówno w zespołach, jak i na wizji, podczas emisji programu. Wiedza spersonalizowana obejmuje w tym przypadku dociekliwość dziennikarzy, ich odwagę cywilną, doświadczenie zawodowe zarówno dziennikarzy, jak i operatorów itp. WTP odpowiadająca „Wiadomościom” startuje codziennie około 11, kończy swój bieg około 20, po zakończeniu programu. Wtedy zwykle bardzo nieliczni są zadowoleni z tego, co przed chwilą obejrzeli, nieco więcej widzów ten program tak zdenerwował, że gotowi są „rozerwać” jego twórców, a przeważająca większość jest jak co dzień sfrustrowana, że „chcieli dobrze, a wyszło jak zawsze”. Ale mimo tych krytycznych i bardzo krytycznych ocen, jutro znów o 19.30 zasiądą przed telewizorami.

5.3.3. Klastry

W podpunkcie 5.3.1 pokazaliśmy producenta samochodów osobowych jako przykład wielkiego przedsiębiorstwa, które ma zwykle zarówno wiele klasycznych taśm produkcyjnych, jak i wiele wirtualnych taśm produkcyjnych, służących do rozwiązywania problemów twórczych. Na przykład oprócz

problemów związanych z prototypem mogą to być problemy napędu silnikami elektrycznymi lub elektryczno-spalinowymi, problemy nowych technologii spalania paliwa w silniku itp., ale również problemy związane z reorganizacją, kolejnym dostosowaniem się do potrzeb rynku itp. Zatem, w naszej terminologii wielkie przedsiębiorstwo to pewien zbiór klasycznych i wirtualnych taśm produkcyjnych.

Całkowicie odmiennie przedstawia się sytuacja w przypadku małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP). Zgodnie z definicją przyjętą UE takie przedsiębiorstwo zatrudnia do 250 pracowników i jego roczny dochód nie przekracza 40 milionów euro. Coraz częściej zdarza się, że takie przedsiębiorstwa organizują się w **klastry**, by rozwiązywać problemy (twórcze), jakie przed nimi stoją. W literaturze jest znanych wiele definicji klastrów, ale, zdaniem autora, następane zdanie oddaje istotę rzeczy. Klaster jest najbardziej luźną organizacją MŚP, w której zachowują one wszystkie atrybuty swojej niezależności, korzystając jednocześnie z efektu (pozytywnej) synergii, jeśli takowy wystąpi (patrz punkt 3.4). W klastrach można zaobserwować zjawisko odwrotne niż w przypadku wytrzymałości łańcucha. Wiadomo z fizyki i z tzw. życia, że wytrzymałość (udźwig) łańcucha określa jego najsłabsze ogniwo. W klastrach jest dokładnie odwrotnie: o sile całego klastra, na przykład przewadze konkurencyjnej, świadczy siła najmocniejszego partnera.

By uczynić nasze rozważania bardziej konkretnymi, przeanalizujemy sytuację MŚP produkujących ekologiczną/zdrową żywność w województwie lubelskim. Ze zrozumiałych względów nieco uproszczamy sytuację, gdyż w rzeczywistości producenci silnie zależą od dostawców (ekorolników). Przedsiębiorstwa te w pojedynkę nie są w stanie rozwiązywać (twórczych) problemów, takich jak wprowadzenie produktów ekologicznej żywności na szeroki rynek, na przykład do sieci supermarketów, lub zdefiniowanie/zbudowanie rynku takiej żywności (opracowanie i uchwalenie regulacji prawnych itp.). Dlatego producenci zdrowej żywności utworzyli klaster i nazwali go Dolina Ekologicznej Żywności. Jeżeli producenci chcą wprowadzić nowy produkt na rynek, to powołują zespół (w naszej terminologii tworzą WTP), do którego na przykład wchodzi przedstawiciele zainteresowanych tą tematyką producentów oraz specjaliści od marketingu, reklamy itp. jako dodatkowi eksperci na tej WTP. Ekspertci dokonują podziału zadań związanych z opracowaniem strategii wprowadzenia danego produktu na rynek, przy czym ten podział zadań może być przez nich w miarę potrzeb zmieniany, co jest przykładem samoorganizacji WTP. Oczywiście, eksperci korzystają ze wszystkich im dostępnych tu i teraz środków porozumiewania się (Internet, bazy danych telefony komórkowe itp.). Zatem naszkicowany wyżej zespół spełnia wszystkie warunki podane w definicji 5.2 oraz we wniosku 5.1 i jest w swej istocie wirtualną taśmą produkcyjną.

Nieco odmiennie będzie, zdaniem autora, wyglądało tworzenie rynku ekologicznej żywności. Żywność taka przegrywa cenowo z konwencjonalną, masowo produkowaną żywnością właśnie dlatego, że ta druga jest produkowana masowo z wykorzystaniem wszystkich możliwych sztucznych dodatków, których zasadniczym celem jest zwiększenie okresu przydatności do spożycia, nieraz ponad granice zdrowego rozsądku. Prócz tego, w niektórych krajach producenci konwencjonalnej żywności wymogli na politykach szereg ulg podatkowych i dotacji, nie zawsze bezpośrednich i znanych przez społeczeństwa tych krajów. Dziś nie ulega wątpliwości, że konwencjonalna żywność jest zasadniczą przyczyną takich chorób, jak: otyłość, cukrzyca, choroby serca itp. Coraz częściej publicznie jest formułowana teza, że producenci konwencjonalnej żywności powinni ponosić część kosztów leczenia tych chorób. Wtedy krok po kroku ekologiczna żywność stanie się konkurencyjna cenowo z jej konwencjonalnym odpowiednikiem i w końcu powstanie jeden rynek (zdrowej) żywności.

Wymaga to wielu wysiłków, w tym rosnącego tu i teraz nacisku opinii publicznej, ale, zdaniem autora, jest to tylko kwestia czasu. W organizacji tych wysiłków zasadne wydaje się wykorzystanie idei wirtualnej taśmy produkcyjnej.

5.3.4. Rzeźbienie w bursztynie

Gdy dwóch żołnierzy idzie na akcję, to jeden z nich jest dowódcą. Podobne zasady obowiązują w sztuce, nauce, administracji itp., chociaż zwykle nie są one tam tak jawnie formułowane jak w wojsku. Wyobraźmy sobie, że dwóch rzeźbiarzy: A – specjalizujący się w „paniach w kwiatach” oraz B – artysta znany z prac na temat „kwiaty w paniach” postanowiło połączyć swoje wysiłki i w kawałku bursztynu wyrzeźbić „Panią w kwiatach”. Ich pracę tworzącą opiszemy za pomocą WTP.

Tytuł przyszłej rzeźby sugeruje, że rzeźbiarz A miał więcej zadań do wykonania na tej WTP i można przyjąć, że na początku tego projektu artystycznego był on formalnym bądź nieformalnym jego kierownikiem (artystycznym), co zaznaczymy kreską pod imieniem tego artysty. Założmy, że po wykonaniu dwóch zadań przez A oraz jednego przez B, rzeźbiarze porozmawiali i doszli do wniosku, że lepiej będzie wyrzeźbić w tym kawałku bursztynu „Kwiaty w Pani”. W związku z tym, artysta B został formalnym bądź nieformalnym kierownikiem tego projektu, co zaznaczymy jako B. Po samoorganizacji tej WTP (na przykład zmieniono liczbę zadań i kolejność ich wykonywania), rzeźbiarz B wykonał dwa zadania, artysta A jedno zadanie, a na koniec artysta B wykonał finalny ruch dłutem i tak powstała rzeźba w bursztynie „Kwiaty w Pani”, a nasza WTP zakończyła swój bieg. Symbolicznie bieg tej WTP można zapisać tak:

A, A, B, samoorganizacja, B, B, A, B.

W następnym rozdziale opiszemy, jak WTP może być wykorzystana w edukacji, do modelowania (twórczych) procesów dydaktycznych.

5.4. Definicja pojęcia „problem twórczy”

Wirtualna taśma produkcyjna jest modelem/narzędziem do analizy pracy twórczej zespołów ekspertów, do badania, w jaki sposób co najmniej dwuosobowe grupy specjalistów rozwiązują problemy twórcze. W tym miejscu warto doprecyzować, co rozumiemy pod pojęciem „problem twórczy”. Jest to o tyle konieczne, że dziś uważa się, że nie tylko ludzie mogą i potrafią rozwiązywać problemy. Powszechnie znane są wyniki eksperymentów, które pokazują, że niektóre gatunki ssaków (na przykład psy, małpy itp.) można nauczyć bardzo wielu rzeczy i że posiadają one pewną inteligencję. Inne eksperymenty pokazały, że nawet jednokomórkowce potrafią rozwiązywać pewne problemy, na przykład problem znalezienia najkrótszej drogi w labiryncie. W tym kontekście zasadne jest pytanie, czy tylko ludzie (eksperci, specjaliści itp.) mogą pracować na wirtualnych taśmach produkcyjnych. Odpowiedź na to pytanie pozwoli nam zdefiniować pojęcie „problem twórczy”.

Naszym zdaniem, zdolność formułowania problemów to jest właśnie to, co odróżnia człowieka od wszystkich żywych organizmów. Zwykle, na początku dany problem jest definiowany bardzo nieprecyzyjnie, w sposób opisowy. Później w miarę postępu w jego rozwiązywaniu zwykle pojawia się naukowa terminologia, pewne miary, wskaźniki, metodologie pomiaru itp. Zdaniem autora, znacznie ważniejsze jest maksymalnie precyzyjne tu i teraz zdefiniowanie danego problemu niż jego rozwiązanie. Inaczej rzecz ujmując, jeżeli dany problem zostanie sformułowany dostatecznie precyzyjnie wraz

z wykazaniem jego istotności dla zmiany rzeczywistości istniejącej tu i teraz, to jego rozwiązanie jest tylko kwestią czasu. Oczywiście, pokazanie, że dany problem nie ma rozwiązania, jest też rozwiązaniem problemu (patrz punkt 5.7). Ponieważ, zgodnie z definicją 5.2 oraz wnioskiem 5.1, samoorganizacja (przeformułowanie) problemu jest nieodłączną częścią każdej WTP, to w dającej się przewidzieć przyszłości tylko ludzie (ekspersi, specjaliści itp.) będą na nich pracować.

Nie ulega wątpliwości, że pojęcie „problem twórczy” ma głęboki sens filozoficzny. Definiując go, nie możemy wykorzystać siły zaprzeczenia, negacji, tak jak to uczyniliśmy definiując pojęcie wartości w punkcie 2.1. Tam stwierdziliśmy, że wartością jest wszystko to, co tu i teraz nie jest bezwartościowe. Idąc tą drogą, zdefiniowalibyśmy problem twórczy, jako wszystko to, co tu i teraz nie jest procesem rutynowym, nie jest związane z pracą rutynową, wykonywaną między innymi na klasycznej taśmie produkcyjnej. Innymi słowy, na klasycznych taśmach produkcyjnych rozwiązujemy problemy rutynowe (odtworcze), a na wirtualnych taśmach produkcyjnych – problemy twórcze. Jednak tak szeroka definicja problemu twórczego mogłaby doprowadzić, wbrew intencjom autora, do prawdziwej inflacji problemów twórczych i związanych z nimi wirtualnych taśm produkcyjnych.

Na przykład może się pojawić problem twórczy typu, co należy zrobić, aby wszyscy ludzie świata byli szczęśliwi? Zdaniem autora jest to przykład problemu nierozwiązywalnego tu i teraz z dwóch zasadniczych powodów. Po pierwsze, szczęście osiąga się zwykle drogą „krwi, potu i łez”. Szczęście uzyskane drogą kilku włączeń i wyłączeń odpowiednio zdefiniowanych WTP byłoby absolutnie czymś innym, kto wie, czy nie czymś znacznie gorszym od obecnej tu i teraz „sumy szczęść i nieszczęść”. Po drugie, stara życiowa mądrość mówi, że nie można nikogo uszczęśliwić na siłę. Dziś i w dającej się przewidzieć przyszłości wyraźnie widać brak woli, w tym woli politycznej, aby przynajmniej przystąpić do rozwiązywania tego problemu, co jeszcze raz dowodzi, że jest on nierozwiązywalny tu i teraz.

Podsumujemy nasze rozważania w formie następującej definicji:

► Definicja 5.4

Problem twórczy to wyzwanie, które tu i teraz ma duże szanse na rozwiązanie, satysfakcjonujące jego autora/autorów.



Inaczej mówiąc, problem twórczy nie jest rezultatem mrzonek typu „jak dobrze byłoby, gdyby...”, ale wynikiem trzeźwej, maksymalnie obiektywnej oceny sytuacji, pewnego zestawienia potrzeb i możliwości.

Jako przykład zastosowania tej definicji rozważmy problem zwiększenia innowacyjności polskiej gospodarki. Jeżeli przyjmiemy, że miarą innowacyjności danej gospodarki jest liczba patentów zarejestrowanych przez międzynarodowe biura patentowe, to ostatnie 20 lat kapitalizmu źle przysłużyło się tej sprawie. Liczba takich patentów na milion mieszkańców, i tak dramatycznie niska w Polsce w porównaniu z innymi krajami nie tylko Europy, ale nawet Europy Środkowo-Wschodniej, spadła ponad dwa razy w stosunku do jej wartości w czasach PRL (zadanie Z5.6). Dlatego za naturalne należy uznać pytanie: Co należy zrobić, aby zwiększyć innowacyjność naszej gospodarki? To pytanie nie jest problemem twórczym, gdyż, zgodnie z definicją 5.4, nie ma w Polsce (tu i teraz) szans na odpowiedź, która zadowoliliby pytających, co praktycznie dowiodło ostatnie 20 lat z ich ankietami, kwestionariuszami, programami pomocy, w tym finansowej, wyselekcjonowanym firmom itp. Inaczej

mówiąc, pytanie jest zbyt ogólne. Z drugiej strony, bierne czekanie, aż polska gospodarka „sama z siebie” stanie się innowacyjna, może okazać się strategią samobójcy. Jak zatem w tym kontekście należy sformułować problem twórczy?

Wydaje się, że w poszukiwaniu odpowiedzi na to pytanie dobrze jest wyjść od starej życiowej prawdy, że sukces ma wielu ojców i jest zaraźliwy, natomiast porażka jest sierotą. Najkrócej rzecz ujmując, istotą wieloletniej strategii proinnowacyjnej dla polskiej gospodarki powinno być wyselekcjonowanie firm, a nie branż czy sektorów, o największym potencjale innowacyjnym i różnorodna pomoc (finansowa, naukowa, organizacyjna itp.) dla nich. Można to, na przykład, zrobić za pomocą szeroko rozpropagowanego i dobrze zaplanowanego konkursu (ankiety) na przedsiębiorstwo o największym potencjale innowacyjnym. Ta anketa zawierałaby przede wszystkim samoocenę potencjału innowacyjnego danej firmy. Najlepsze firmy, wybrane przez specjalistów na podstawie tych ankiet byłyby wizytowane przez ekspertów i specjalistów z danej branży w celu zbudowania jednej lub wielu wirtualnych taśm produkcyjnych z udziałem danej firmy. Zasadniczym celem tej lub tych WTP powinno być zwiększenie konkurencyjności i innowacyjności danej firmy. Wielkość ewentualnej pomocy zależałaby wprost od realizacji zadań na danej WTP. Łatwo sprawdzić, że pytanie o przedsiębiorstwa z największym potencjałem innowacyjnym jest problemem twórczym zgodnie z definicją 5.4. O dokładny opis tego podejścia pytamy w zagadnieniu 5.2.

5.5. Porównanie KTP z WTP

W tym podrozdziale porównamy WTP z wynalazkiem Forda (patrz tabela 5.1).

Tabela 5.1. Porównanie KTP (Henry Ford, 1913) z WTP (Stanisław Walukiewicz, 2006)

Lp.	Pojęcie	KTP	WTP
1	Modelowanie	procesy odtwórcze	procesy twórcze
2	Organizacja	szywna	elastyczna
3	Bliskość geograficzna	istotna	nieistotna
4	Inne rodzaje bliskości	nieistotne	istotne
5	Samorganizacja	brak	bardzo istotna
6	Liczba operacji/zadań	stała	zmienna
7	Rozbicie/podział	rozbicie	podział
8	Struktura zarządzania	pionowa	pozioma
9	Kontrola/monitoring	kontrola	monitoring
10	Motywacja	tylko bezpośrednia	bezpośrednia i pośrednia

- 1. Modelowanie.** Rozważania w poprzednim punkcie pozwalają nam sformułować pierwszą istotną różnicę między klasyczną a wirtualną taśmami produkcyjnymi, a mianowicie: KTP służy do modelowania procesów odtwórczych (rutynowych), podczas gdy WTP to narzędzie do modelowania i analizy procesów twórczych, procesów rozwiązywania problemów przez zespoły złożone z co najmniej dwóch ekspertów.

2. **Organizacja** KTP jest sztywna i nie dopuszcza żadnej zmiany w trakcie jej biegu. W szczególności zmian takich nie mogą dokonywać robotnicy pracujący na taśmie. Ponieważ jakakolwiek zmiana wymaga przemyślenia, ujęliśmy to brutalnie w następujący sposób: robotnicy na KTP są po to, aby robić, a nie myśleć. Od myślenia jest kierownictwo firmy/wydziału i jeżeli ono chce zmienić coś w danej KTP, na przykład liczbę lub kolejność operacji, to musi ją zatrzymać i wprowadzić te zmiany, ale po ich wprowadzeniu będziemy mieli do czynienia w myśl naszej terminologii z całkowicie inną, nową klasyczną taśmą produkcyjną. Natomiast na WTP eksperci są głównie po to, by myśleć i jeżeli w trakcie tego myślenia (biegu WTP) dojdą oni do wniosku, że należy coś w tej WTP zmienić, na przykład liczbę zadań, ich zakres itp., to po prostu to robią. Zatem organizacja WTP jest elastyczna i może być zmieniana przez pracujących na niej ekspertów. Na przykład, w pięcioletnim (60-miesięcznym) projekcie zintegrowanym EURODITE, w którym autor brał udział, stosunkowo dokładne plany badawcze wyznaczano na najbliższe 18 miesięcy, co praktycznie oznaczało, że co półtora roku można było modyfikować (samoorganizować) jego organizację.
3. **Bliskość geograficzna** (fizyczna) jest istotą KTP. Robotnicy pracują tak blisko jeden obok drugiego, jak tylko jest to możliwe, aby tylko nie przeszkadzali sobie, na przykład zderzając się łokciami. Wszelkie naruszenie tej zasady niepotrzebnie wydłuży bieg KTP i tym samym obniży jej wydajność. Z opisu WTP w punkcie 5.2 wynika, że bliskość geograficzna między ekspertami nie jest tak istotna. Będziemy to zagadnienie rozważali w następnym skrypcie.
4. **Inne rodzaje bliskości**, a mianowicie bliskość twórcza, emocjonalna, przestrzenna i organizacyjna są bardzo ważne w pracy twórczej ekspertów na WTP i nie mają żadnego znaczenia w pracy rutynowej na KTP. Te cztery rodzaje bliskości zdefiniujemy i będziemy szczegółowo analizowali w skrypcie *Kapitał społeczny*.
5. **Samoorganizacja** jest bardzo istotną cechą WTP, która ogólnie rzecz biorąc, zawsze może być ulepszana i doskonalona. Zdaniem autora, żyjemy w świecie WTP, w większości źle zorganizowanych. Oczywiście KTP nie dopuszcza żadnej samoorganizacji (patrz definicja 5.1).
6. **Liczba operacji** na KTP jest stała i nie może być zmieniana przez robotników, podczas gdy liczba zadań na WTP może być zmieniana przez pracujących na niej ekspertów w ramach samoorganizacji.
7. **Rozbicie** złożonego procesu produkcyjnego/usługowego na operacje jest istotą KTP, podczas gdy na WTP mamy zwykle do czynienia z podziałem złożonego procesu twórczego na zadania. Nakładanie się na siebie pewnych zadań, co na rysunku 5.5 zaznaczyliśmy jako zakratkowane pola, jest naturalnym sposobem organizacji pracy twórczej. Można to interpretować jako spojrzenie na dane zadanie z różnych punktów widzenia, rozpatrywanie go przez różnych ekspertów itp.
8. **Struktura zarządzania** na KTP jest pionowa. Robotnicy pracujący na taśmie nie mają w zasadzie nic do powiedzenia w sprawach zarządzania, o wszystkim decyduje kierownik (szef) wydziału, który musi realizować strategiczne decyzje kierownictwa firmy. Na dobrze zorganizowanej WTP sytuacja jest diametralnie różna: w zasadzie wszyscy mają tę samą siłę głosu w sprawach samoorganizacji danej WTP. Zatem jej struktura zarządzania jest pozioma, w odróżnieniu od pionowej struktury zarządzania KTP. Wrócimy do tych kwestii w rozdziale 7.

- 9. Kontrola** jest jednym z podstawowych obowiązków kierownictwa danej KTP, na przykład szefa wydziału, na którym taka taśma jest fizycznie zlokalizowana. On/ona wskazuje, kto personalnie opóźnia/hamuje bieg KTP i wyciąga w stosunku do takich osób konsekwencje służbowe, na przykład obniża im premie/wynagrodzenia, przydziela niższe/gorzej płatne stanowiska i w ostateczności zwalnia. Szef KTP realizuje przede wszystkim strategię kija, a dopiero w drugiej kolejności ewentualną strategię marchewki (nagradzania osób, które przyczyniły się do sukcesu danej KTP). Wynika to wprost z pionowej struktury zarządzania KTP. Będziemy to dokładniej analizowali w rozdziale 7. Każda WTP ma swojego szefa, który zwykle nazywa się koordynatorem lub kierownikiem projektu (badawczego) realizowanego na danej WTP. Jego zadaniem jest nie tyle kontrola, ale **monitoring** (realizacji procesu twórczego). On/ona zwykle stosuje strategię marchewki (nagradzania i wyróżniania osób, które tu i teraz przyczyniły się do sukcesu danej WTP).
- 10. Motywacja.** Z pewnym uproszczeniem można powiedzieć, że robotnicy pracują na KPT, aby zarobić pieniądze potrzebne im na przeżycie „do pierwszego”. Dlatego są oni **motywowani bezpośrednio** (patrz rozdział 7), według zasady: więcej zrobisz – więcej zarobisz. Jest oczywiste, że eksperci na WTP nie pracują za uścisk ręki prezesa, ale ich motywacja jest bardziej złożona niż robotników na KTP. Chcą oni zwykle nie tylko zarobić (**motywacja bezpośrednia**), ale również rozwinąć się zawodowo, pracować w twórczym zespole, rozwiązywać ciekawe problemy itp. (**motywacja pośrednia**). Będziemy te zagadnienia rozważać szczegółowo w rozdziale 7.

5.6. Zagadnienia przydziału pracy

Na temat klasycznej taśmy produkcyjnej opublikowano tysiące książek i artykułów. Ten wynalazek Henry Forda dał początek przynajmniej dwóm przedmiotom akademickim: zarządzaniu produkcją i badaniom operacyjnym. W pierwszym z nich analizuje się KTP z punktu widzenia organizacji i zarządzania złożonym procesem produkcyjnym. W tym punkcie spojrzymy na KTP z punktu widzenia badań operacyjnych. W tym i w następnym punkcie stosujemy lokalną numerację wzorów.

Problem projektowania/budowy KTP można sformułować opisowo tak: Jak przydzielić robotników do operacji na danej KTP, aby biegła ona jak najszybciej, czyli pracowała z maksymalną efektywnością? Podamy teraz matematyczne sformułowanie tego problemu.

Bez straty ogólności rozważań możemy przyjąć, że mamy przydzielić n robotników R_1, R_2, \dots, R_n do n operacji J_1, J_2, \dots, J_n tak, aby KTP biegła jak najszybciej, co oznacza, że czas wykonania najdłuższej operacji powinien być jak najkrótszy. Niech t_{ij} będzie czasem wykonania (realizacji) przez robotnika R_i operacji J_j , gdzie $i, j \in N$, przy czym $N = \{1, 2, \dots, n\}$ jest zbiorem indeksów (numerów) robotników lub operacji. Zdefiniujemy zmienną decyzyjną (niewiadomą) w tym problemie jako:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{jeśli robotnikowi } R_i \text{ przydzielono operację } J_j \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku.} \end{cases} \quad (1)$$

Wymaganie, aby KTP biegła z maksymalnie możliwą prędkością matematycznie można wyrazić jako:

$$v(MMZZP) = \min_{i \in N} \max_{j \in N} \quad (2)$$

przy ograniczeniach:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \text{ dla } j = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \text{ dla } i = 1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

W badaniach operacyjnych przyjęto nazywać powyższy problem **minimaksowym zagadnieniem przydziału pracy (MMZP)**. W problemie tym zmienne decyzyjne mogą przyjmować tylko wartość zero lub jeden, co oznacza, że albo danemu robotnikowi przydzielono daną operację $x_{ij} = 1$, albo nie $x_{ij} = 0$.

Zależności (3) oraz (4) noszą nazwę **ograniczeń przydziału**. Jeśli zdefiniujemy kwadratową macierz $n \times n$

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nn} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

to ograniczenia te mówią, że w każdym wierszu i w każdej kolumnie tej macierzy jest jedna i tylko jedna jedynka. Ograniczenie (3) dla ustalonej operacji J_j mówi, że tylko jeden robotnik jest przydzielony do jej wykonywania. Podobnie ograniczenie (4) dla ustalonego robotnika R_i oznacza, że robotnik ten wykonuje tylko jedną operację. Zależność (2) oznacza, że poszukujemy takiego przydziału, tj. takiej macierzy X , która spełnia (1), (3) oraz (4), dla którego czas wykonywania najdłuższej operacji ($\max t_{ij}$) jest jak najkrótszy ($\min(\max t_{ij})$). Zależność (2) nazywamy **funkcją celu**, natomiast $V(\text{MMZP})$ nazywamy **wartością (rozwiązaniem)** minimaksowego zagadnienia przydziału pracy.

Podsumowując, minimaksowe zagadnienie przydziału pracy to problem badań operacyjnych z funkcją celu (2) i ograniczeniami (1), (3) oraz (4). Macierz (5) spełniająca wszystkie te ograniczenia nazywa się **rozwiązaniem dopuszczalnym** minimaksowego zagadnienia przydziału pracy. Rozwiązanie dopuszczalne, dla którego zależność (2) przyjmuje najmniejszą wartość, nazywa się **rozwiązaniem optymalnym** minimaksowego zagadnienia przydziału pracy. Inaczej mówiąc, rozwiązanie optymalne to najlepsze rozwiązanie dopuszczalne w sensie funkcji celu (2).

Z tych rozważań wynika przybliżona metoda rozwiązywania minimaksowego zagadnienia przydziału pracy. W macierzy czasów realizacji poszczególnych operacji przez robotników (6)

$$T = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \dots & t_{1n} \\ t_{21} & t_{22} & \dots & t_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{n1} & t_{n2} & \dots & t_{nn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

należy wybrać przydział po jednym elemencie w każdym wierszu i w każdej kolumnie. Największa z tych n liczb jest wartością funkcji celu (2) dla tego rozwiązania dopuszczalnego (zadanie Z5.5).

W badaniach operacyjnych znanych jest kilka modyfikacji minimaksowego zagadnienia przydziału pracy. W tym punkcie rozpatrzmy jedną z nich, nazywaną zwykle (liniowym lub klasycznym) **zagadnieniem przydziału pracy (ZPP)**.

Niech $c_{ij} \geq 0$ oznacza koszt przyuczenia robotnika R_i do wykonywania operacji J_j , $i, j \in N$, $N = \{1, 2, \dots, n\}$. Zagadnienie przydziału pracy polega na przypisaniu robotników do operacji tak, aby

łączne koszty przyzuczenia były jak najmniejsze. Zatem w zagadnieniu tym funkcja celu przyjmuje postać:

$$v(\text{ZPP}) = \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}, \quad (7)$$

przy ograniczeniach (1), (3) oraz (4).

Zagadnienie przydziału pracy występuje jako podzadanie (część) w wielu bardziej złożonych problemach badań operacyjnych. Ma ono wiele ciekawych własności (patrz przegląd literatury w punkcie 5.8).

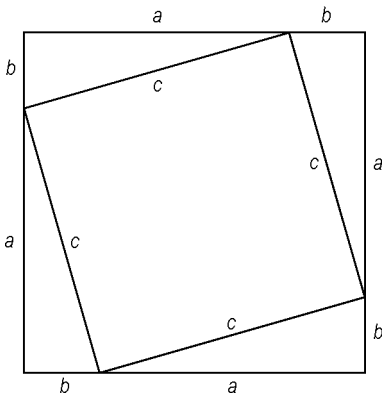
5.7. Wielkie twierdzenie Fermata

Na zakończenie tego rozdziału opiszemy w terminologii WTP jedno z największych odkryć matematycznych i naukowych ostatnich lat.

Ze szkoły średniej pamiętamy **twierdzenie Pitagorasa**, które mówi, że w trójkącie prostokątnym o bokach a , b oraz c zachodzi zależność:

$$a^2 + b^2 = c^2 \quad (1)$$

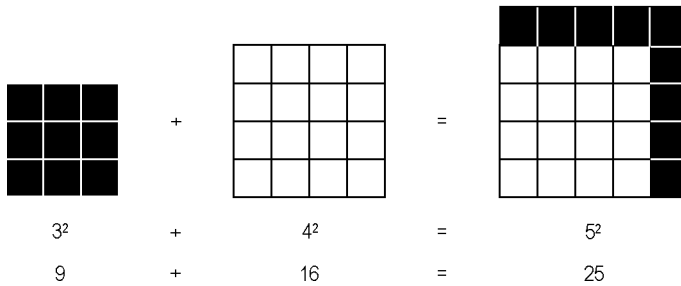
czyli suma kwadratów przyprostokątnych jest równa kwadratowi przeciwprostokątnej. I odwrotnie, jeżeli w trójkącie o bokach a , b oraz c zachodzi zależność (1), to ten trójkąt jest prostokątny. Rysunek 5.6 podaje ideę dowodu tego twierdzenia (zadanie Z5.7).



Rys. 5.6. Idea dowodu twierdzenia Pitagorasa

W czasach Pitagorasa, w szóstym wieku przed naszą erą, zależność (1) wykorzystywano w praktyce jako miarę/sprawdzian kąta prostego. Oznacza to też praktycznie, że kwadrat ułożony z 25 kwadratowych kafelków jak na rysunku 5.7 można rozłożyć na dwa kwadraty zawierające 16 oraz 9 kafelków, bo:

$$3^2 + 4^2 = 9 + 16 = 5^2.$$



Rys. 5.7. Graficzna interpretacja twierdzenia Pitagorasa

Mówimy, że trzy liczby całkowite x , y oraz z tworzą **trójkę pitagorejską** jeżeli:

$$x^2 + y^2 = z^2. \quad (2)$$

Zatem trójka pitagorejska to całkowitoliczbowe rozwiązanie kwadratowego równania (2) z trzema niewiadomymi. Wiemy już, że 3, 4 oraz 5 tworzą trójkę pitagorejską. Następna taka trójka to $x=5$, $y=12$ oraz $z=13$, bo:

$$5^2 + 12^2 = 25 + 144 = 13^2.$$

Można pokazać, że różnych trójek pitagorejskich istnieje nieskończenie wiele, podobnie jak liczb całkowitych 1, 2, 3, Zatem równanie (2) ma nieskończenie wiele rozwiązań w liczbach całkowitych.

A co będzie, gdy wykładnik potęgi w równaniu (2) zwiększymy o jeden? Czy można sześciąt o boku, powiedzmy, 9, złożony z 729 małych sześciątów (klocków) rozłożyć na dwa sześciąty, podobnie jak to zrobiliśmy na rysunku 5.7 z kwadratowymi kafelkami? Proste obliczenia pokazują, że to się nie uda, bo:

$$6^2 + 8^2 = 216 + 512 = 728 = 729 - 1 = 9^3 - 1.$$

Zatem zabrakło jednego klocka i trójka $x=6$, $y=8$ oraz $z=9$ nie jest rozwiązaniem równania trzeciego stopnia w liczbach całkowitych z trzema niewiadomymi

$$x^3 + y^3 = z^3.$$

Stąd już jest tylko krok, aby zapytać, a jak to będzie w ogólnym przypadku, dla dowolnej potęgi (całkowitoliczbowej) $n > 2$? Inaczej mówiąc, pytamy, czy dla n większych od 2 równanie z trzema niewiadomymi

$$x^n + y^n = z^n \quad (3)$$

ma rozwiązania w zbiorze liczb całkowitych? Matematycy formułują takiego typu pytania w formie tez (zdań), które trzeba udowodnić, że są prawdziwe albo fałszywe. W tym przypadku to zdanie brzmiało bardzo prosto: **Dla $n > 2$ równanie (3) nie ma rozwiązań w zbiorze liczb całkowitych.**

Problem (3) był jednym z wielu zadań, którymi zajmuje się matematyka, aż do czasów Pierre de Fermata (1601–1665). Był on prawnikiem (sędzią) z zawodu, a matematyką zajmował się jako amator. Osiągnął w tej dziedzinie bardzo wiele (patrz przegląd literatury w punkcie 5.8) i jest powszechnie uważany za księcia matematyków-amatorów. O rezultatach swoich badań pisał w listach do znanych matematyków, zwykle opuszczając dowody twierdzeń, co bardzo denerwowało niektóre matematyczne autorytety. Między innymi Kartezjusz nazwał go publicznie „chwalipiętą”. Około roku 1637 studiując prace starożytnych matematyków związane z problemem (3) doszedł do wniosku i udowodnił (?), że problem ten nie ma rozwiązań. Na marginesie jednej z książek napisał wtedy słynne zdanie, które przez ponad 350 lat fascynowało w zasadzie wszystkich wybitnych matematyków:

Odkryłem prawdziwie cudowny dowód tego faktu, jednak ten margines jest zbyt wąski, by go zamieścić.

Od tego czasu problem (3) zaczęto nazywać **wielkim twierdzeniem Fermata** i stał się on niezwykle popularny, zgodnie z powszechnym przekonaniem, że jeżeli udowodnił to amator, to dlaczego nie ja.

Tym przekonaniem kierował się 10-letni Andrew Wiles, gdy po raz pierwszy zetknął się z problemem (3). Andrew uwielbiał rozwiązywać zadania matematyczne i początkowo potraktował wielkie twierdzenie Fermata jako jeszcze jeden problem do rozwiązania. Po latach, gdy stwierdził, że tak się nic nie uzyska, został matematykiem i zaczął studiować prace tysięcy matematyków, związane z tym problemem. Wtedy wielkie twierdzenie Fermata stało się jego pasją, sensem jego życia, jego obsesją. W 1975 roku rozpoczął studia doktoranckie na uniwersytecie w Cambridge, by po trzech latach obronić doktorat z matematyki w specjalności zbliżonej do problemu (3). W 1980 roku wyemigrował do USA, gdzie przyjął profesurę na uniwersytecie w Princeton. Ponieważ wielkie twierdzenie Fermata pochłaniało go coraz bardziej, to na siedem lat wyłączył się z udziału we wszelkich międzynarodowych konferencjach, seminariach itp. Wreszcie, 23 czerwca 1993 roku na konferencji matematyków w Cambridge podczas wykładu ogłosił, że udowodnił, iż wielkie twierdzenie Fermata jest prawdziwe.

Dowód Wilesea jest obszerny, liczy ponad 100 stron i korzysta z najnowszych osiągnięć wielu działów matematyki. Matematycy do dziś toczą spory, czy jest to dowód „prawdziwie cudowny”, czy nie istnieje inny dowód tego twierdzenia. Dwa fakty w tej dyskusji są bezsporne. Po pierwsze, dowód Fermata, jeśli był, to różnił się istotnie od dowodu Wilesea, bo wielu działów i osiągnięć matematyki, z których korzysta Wiles, po prostu w czasach Fermata nie było. Po drugie, chociaż autor z jego znajomością najnowszych dziedzin matematyki nie ma prawa wypowiadać się w kwestii, czy dowód ten jest „prawdziwie cudowny”, ale jego zdaniem sam fakt pokazany przez Wilesea, że matematyka jest jedna, że do rozwiązania problemu, który rozumie uczeń szkoły średniej, potrzeba najnowszych osiągnięć praktycznie wszystkich działów matematyki, jest „prawdziwie cudowny”.

Nie ulega wątpliwości, że poszukiwanie dowodu wielkiego twierdzenia Fermata to problem twórczy, rozwiązywany przez ponad 350 lat na szczególnego rodzaju WTP. Na tej WTP pracowały pokolenia matematyków, profesjonalistów i amatorów połączonych chęcią, a nawet obsesją znalezienia tego dowodu. Nie było wtedy Internetu i teleinformatyki, ale ich role spełniały czasopisma matematyczne i listy prywatne. Przez ponad 350 lat problem (3) był wielokrotnie przeformułowywany, tj. nasza WTP podlegała samoorganizacji. Na przykład Leonhard Euler (1707–1783), wybitny matematyk, obdarzony fenomenalną pamięcią, o którym po jego śmierci mówiono, że „przeszedł oddychać i rachować”, udowodnił wielkie twierdzenie Fermata dla $n = 3$. W końcu po publikacji pracy Andrew

Wileśa nasza WTP się zatrzymała, a ostatnim efektem szeregu samoorganizacji jest pełne koło na rysunku 5.5b, co oznacza, że dany problem został w 100%, rozwiązany.

W punkcie 5.5 mówiliśmy, że eksperci są często motywowani pośrednio. Historia dowodu wielkiego twierdzenia Fermata i w tej materii jest bardzo pouczająca. Jest to związane z nazwiskiem Paula Wolfskehla, niemieckiego przemysłowca z Darmstadt, średniej klasy matematyka, który trochę interesował się teorią liczb. W młodości Wolfskehl zakochał się bezgranicznie w pięknej kobiecie, której tożsamości nigdy nie udało się ustalić i która go odrzuciła. Pograżony w bezkresnej rozpacz Wolfskehl postanowił popełnić samobójstwo, strzelając sobie w skroń dokładnie o północy. Jako osoba dobrze zorganizowana, przed ustaloną godziną uporządkował wszystkie rzeczy, spisał testament i napisał listy pożegnalne do krewnych. Ponieważ do północy zostało mu trochę czasu, to przeszedł do biblioteki i zaczął czytać aktualną pracę o dowodzie wielkiego twierdzenia Fermata. Ta praca tak go wciągnęła, że przegapił północ, a nad ranem szczęśliwy, że znalazł lukę w dowodzie wybitnego niemieckiego matematyka, podarł testament i listy pożegnalne. Jest to jeszcze jeden dowód na to, że nauka może przywrócić chęć do życia. W 1908 r., po śmierci Wolfskehla, rodzina była zdziwiona, że w nowym testamencie ufundował on nagrodę 100 000 marek, dziś około miliona dolarów, dla osoby, która jako pierwsza udowodni wielkie twierdzenie Fermata. Warto zauważyć, że temu, kto obali wielkie twierdzenie Fermata, Wolfskehl nie dawał ani feniga.

Początkowo nagroda nie wzbudziła wielkiego zainteresowania wśród wybitnych matematyków, ale za to ruszyła lawina listów z błędnymi dowodami od wszelkiego rodzaju amatorów i cwaniaków. Były tam listy typu: „To jest tylko szkic dowodu. Uzupełnijcie go, a podzielę się z Wami nagrodą” albo taki: „Udowodniłem wielkie twierdzenie Fermata, wypłaćcie mi nagrodę, albo przekażę dowód Sowietom” (list był pisany w czasach zimnej wojny). Ostatecznie, 27 czerwca 1997 roku Andrew Wiles otrzymał Nagrodę Wolfskehla, która w środowisku matematyków jest wyżej ceniona niż Nagroda Nobla, przyznawana co roku, co prawda w innych dziedzinach niż matematyka.

Wielkie twierdzenie Fermata ma również bardzo głęboką treść filozoficzną. Dla $n=1$ zależność (3) jest banalna i możemy ją pomijać w naszych rozważaniach. Wielkie twierdzenie Fermata mówi, że tylko i wyłącznie dla $n=2$ równanie z trzema niewiadomymi (3) ma nieskończenie wiele rozwiązań w zbiorze liczb całkowitych. Nie ma natomiast takich rozwiązań, czyli ma zero rozwiązań dla każdej innej potęgi. Potęga dwa wprowadza pojęcie prostopadłości między trzema wymiarami naszej rzeczywistości: długością, szerokością i wysokością. Jest to naturalny dla nas układ współrzędnych (osi, wymiarów, cech itp.), które są wzajemnie ortogonalne, prostopadłe. W punkcie 2.5, omawiając graficzną interpretację zasady ortogonalności, pokazaliśmy, że z nieskończonej liczby możliwych układów współrzędnych (patrz rysunek 2.4) tylko i wyłącznie układ ortogonalny wiernie opisuje rzeczywistość, tj. nie wprowadza dodatkowego błędu. To, zdaniem autora, dowodzi jeszcze raz, że nauka jest jedna, że tak abstrakcyjne i teoretyczne problemy jak (3) znajdują swoje odbicie w tak przyziemnych i praktycznych naukach, jak ekonomia, rachunkowość czy księgowość.

5.8. Przegląd literatury

- 5.1. Klasyczna taśma produkcyjna jest opisana w praktycznie każdym podręczniku akademickim z zarządzania produkcją (patrz na przykład Low i Kalafut [2004])
- 5.2. Idea wirtualnej taśmy produkcyjnej została po raz pierwszy przedstawiona w pracy Walukiewicza z 2006 roku. Doktorat Wiktorzak [2009] jest poświęcony zastosowaniom WTP w edukacji. Mazurowska [2010] pokazała, jak WTP można wykorzystać w analizie pracy hotelu na przykładzie hotelu Monopol w Katowicach.
- 5.3. Wszystkie przykłady są prezentowane po raz pierwszy. Przykład z klastrami zasugerowała dr Barbara Szymoniuk, a przykład z rzeźbieniem w bursztynie – prof. Bolesław Niemierko.
- 5.4. Definicja problemu twórczego jest nowa.
- 5.5. Porównanie KTP z WTP jest prezentowane po raz pierwszy. Bliskości są zdefiniowane w pracy Menzla [2006].
- 5.6. Zagadnienia przydziału pracy są prezentowane w zasadzie w każdym podręczniku z badań operacyjnych (patrz na przykład Nykowski [1980], Walukiewicz [1984] oraz [1991]). Tam też opisane są inne modyfikacje tego zagadnienia.
- 5.7. Opis wielkiego twierdzenia Fermata i jego związków z WTP oraz z zasadą ortogonalności są nowe. Książka Singha [1999] w tłumaczeniu Pawła Strzeleckiego w sposób popularny i fascynujący (wyrazy podziwu dla tłumacza!) przedstawia historię wielkiego twierdzenia Fermata. Tam też opisane są osiągnięcia matematyczne Fermata.

5.9. Zadania i zagadnienia

- Z5.1. Korzystając z zamieszczonych w Internecie instrukcji, opisać procedurę rozpatrywania wniosków kredytowych jako KTP.
- Z5.2. Co powinno się zmienić w instrukcjach z zadania Z5.1, aby zamiast KTP mieć WTP?
- Z5.3. Podać przykład KTP oraz WTP w wybranym zakładzie przemysłowym.
- Z5.4. Dla danej macierzy czasów wykonywania poszczególnych operacji znaleźć trzy rozwiązania dopuszczalne zagadnienie minimaxowego przydziału pracy.

$$\begin{bmatrix} 3 & 2 & 5 & 1 & 3 \\ 3 & 1 & 4 & 2 & 5 \\ 1 & 3 & 2 & 1 & 1 \\ 5 & 4 & 2 & 3 & 1 \\ 1 & 2 & 4 & 3 & 2 \end{bmatrix}$$

- Z5.5. Dane podane w poprzednim zadaniu potraktować jako koszty przyuczenia i rozwiązać w sposób przybliżony zadanie minimalizacji kosztów przyuczenia.

Z5.6. Porównać liczbę patentów z Polski, rejestrowanych w obecnym dwudziestoleciu w międzynarodowych biurach patentowych, z liczbą takich rejestracji w ostatnich 20 latach PRL-u.

Z5.7. Korzystając z rysunku 5.6 udowodnić twierdzenie Pitagorasa.

Zagadnienie 5.1. Analiza efektywności procesu podziału pracy i wiedzy.

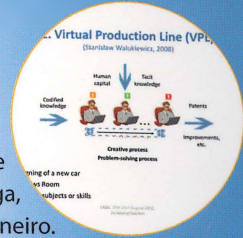
Zagadnienie 5.2. Opisać proces budowy WTP z punktu 5.4.

Stanisław Walukiewicz po ukończeniu Moskiewskiego Instytutu Energii i Automatyki PAN, który po kilku reorganizacjach stał się Instytutem Automatyki PAN, w Instytucie przeszedł wszystkie szczeble kariery naukowej od asystenta-stażysty do profesora. Podoktoracie przebywał rok w USA na stypendium National Science Foundation, pracując na Carnegie-Mellon University w Pittsburghu oraz na University of California at Berkeley.

Przez wiele lat zajmował się matematycznymi metodami wspomagającymi podejmowanie decyzji. Napisał monografię *Programowanie dyskretne*, która została przetłumaczona na język angielski. Wykładał badania operacyjne i programowanie matematyczne w wielu uczelniach w kraju i zagranicą: Kopenhaga, Odense (Dania), Linköping (Szwecja), Rzym, Lizbona, Rio de Janeiro.

Od ponad 10 lat zajmuje się kapitałem społecznym i ludzkim.

Był koordynatorem wielu projektów badawczych Unii Europejskiej, realizowanych w ramach programów TEMPUS, PHARE, TESSA oraz programów ramowych, od czwartego poczynając. Obecnie koordynuje projekt *Kapitał ludzki i kapitał społeczny jako nowe przedmioty akademickie*, współfinansowany ze środków UE w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



W książce stawiamy tezę, że każdy z nas, traktowany jako *homo economicus*, posiada kapitał ludzki o dodatniej wartości, który powinien pomnażać ucząc się, zdobywając nowe doświadczenia, dbając o własne zdrowie itp. O ile wartości materialne (w naszej terminologii kapitał finansowy i rzeczowy) świata są i muszą być ograniczone, o tyle nie istnieją żadne racjonalne granice na wzrost wartości zarówno kapitału ludzkiego, jak i kapitału społecznego. Dlatego hasło *Kapitałiści ludzcy łączcie się!* ma bardzo głęboki sens i nie jest naigrywaniem się ze znanego sloganu.

ISBN: 83-894-7531-6



9 788389 475312 >

Projekt i publikacja współfinansowane ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego Program Operacyjny Kapitał Ludzki

EGZEMPLARZ BEZPŁATNY