

## Rozdział 2

# Metody pomiaru i gromadzenia danych dla potrzeb łańcucha dostaw

### 2.1. Pomiar jako podstawa gromadzenia danych logistycznych

Przedmiotem zainteresowania logistyki jest zarządzanie przepływem materiałów i informacji w obrębie przedsiębiorstwa oraz między partnerami wymiany (wzdłuż całego łańcucha tworzenia wartości). Przepływ ten powinien być tak zorganizowany, by mógł zapewnić pożądaną przez klientów poziom obsługi logistycznej przy jak najmniejszych kosztach. Współcześnie zarządzanie procesami logistycznymi odbywa się w warunkach permanentnie wzrastającej niepewności, kompleksowości i stosunkowo dużego ryzyka funkcjonowania. A to stwarza zapotrzebowanie na informacje inicjujące przepływy, warunkujące ich sprawność oraz pozwalające na ich kompleksową analizę.

Jedną z najważniejszych metod poznawczych jest pomiar, który pozwala na wnioskowanie o istocie i charakterze zjawisk ekonomicznych. W ujęciu ogólnym pomiar można zdefiniować jako proces gromadzenia informacji prowadzący do poznania rzeczywistości. Analiza wyników pomiaru umożliwia zrozumienie relacji między obiektami badanego zjawiska. W tym kontekście pomiar to ustalenie metrycznego uporządkowania między różnymi przejawami poszczególnych własności oraz nadanie obiektom przydatności do opisu matematycznego<sup>1</sup>. W ujęciu węższym pomiar to przyporządkowanie mierzonym obiektom symboli (w postaci liter, oznaczeń graficznych, liczb) zgodnie z przyjętymi regułami, tak aby odzwierciedlały relacje zachodzące

---

<sup>1</sup> P. Caws, *Definitions and measurement in physics*, Churchman, Ratoosh 1959, s. 3 i n.

między nimi<sup>2</sup>. K. Ajdukiewicz twierdzi, że pomiar jest rodzajem obserwacji ilościowej polegającej na przyporządkowaniu obiektom miar wyrażonych liczbowo. Ujęcie takie pozwala nie tylko badać relacje między obiektami i ich cechami, ale także przewidywać przyszłe obserwacje. A to jest podstawą sprawdzenia prawidłowości i weryfikacji przyjętych hipotez<sup>3</sup>.

Pomiar jako operacja metryczna, przypisująca liczby obiektom, zdarzeniom lub cechom, wymaga zdefiniowania i ustalenia skali pomiarowych<sup>4</sup>. Te stanowią narzędzia do mierzenia zmiennych, a wyniki pokazywane przez skale jedynie z pewnym prawdopodobieństwem odwzorowują rzeczywiste wartości zmiennej<sup>5</sup>. Można zatem uznać, że podstawą teorii pomiaru jest pojęcie skali, a przedmiotem pomiaru nie jest osoba, rzecz, stan czy zdarzenie, lecz cechy tych kategorii, które obejmować mogą np. szczególne wrażenie, jakie dany obiekt wywołuje w porównaniu z innymi obiektami<sup>6</sup>. Cechy można podzielić na ilościowe i jakościowe.

W przypadku badań ilościowych istnieją obiektywne mierniki badanego zjawiska, jak np. wielkość sprzedaży. Bardziej skomplikowany jest pomiar cech jakościowych, dotyczący np. badania postaw, motywów postępowania, zadowolenia nabywców. Takie badania opierają się na założeniach teoretycznych, dla których nie istnieją jednoznaczne i ogólnie obowiązujące mierniki czy wskaźniki. Podstawowym warunkiem zgromadzenia danych jakościowych jest odpowiednia operacjonalizacja założeń teoretycznych<sup>7</sup>. Formułowanie założeń polega na opisie pojęcia za pomocą innych pojęć przyjętych za zrozumiałe, a operacjonalizacja jest poszukiwaniem wskaźników lub równoważników empirycznych, które umożliwią nie tylko weryfikację postawionych założeń, ale także podjęcie trafnych decyzji<sup>8</sup>. Operacjonalizacja polega na uściśleniu elementów zawartych w założeniach teoretycznych i określeniu zaleceń służących pomiarowi zdefiniowanych cech<sup>9</sup>.

Bez pomiaru i skonstruowania instrumentu pomiarowego niemożliwe jest gromadzenie danych, ich analiza oraz wnioskowanie. W badaniach oczekuje się kwantyfikacji nawet takich cech, które są niemierzalnymi elementami psychiki człowieka<sup>10</sup>.

---

<sup>2</sup> R. Maynz, K. Holm, K. Hübner, *Einführung in die Methoden der empirischen Soziologie*, Westdeutscher Verlag, Opladen 1974, s. 38; M. Walesiak, *Metody analizy danych marketingowych*, PWN, Warszawa 1996, s. 19; P. Pietrzak, *Wybrane aspekty pomiaru zjawisk ekonomicznych w rachunkowości finansowej i rachunkowości zarządczej*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, 2011, nr 265, s. 186 i n.

<sup>3</sup> K. Ajdukiewicz, *Logika pragmatyczna*, PWN, Warszawa 1975, s. 232.

<sup>4</sup> H. Meffert, *Marketingforschung...*, op. cit., s. 183.

<sup>5</sup> S. Nowak, *Metodologia badań społecznych*, PWN, Warszawa 2007, s. 157.

<sup>6</sup> S. Kaczmarczyk, *Badania...*, op. cit., s. 96.

<sup>7</sup> G. Menges, H.J. Skala, *Grundriß der Statistik*, Teil 2, Westdeutscher Verlag, Opladen 1973, s. 41.

<sup>8</sup> L. Berekoven, W. Eckert, P. Ellenrieder, *Marktforschung. Methodische Grundlagen und praktische Anwendung*, Gabler, Wiesbaden 2004, s. 192.

<sup>9</sup> D.A. DeVaus, *Surveys in Social Research*, Routledge, Londyn 2001, s. 24.

<sup>10</sup> *Badania rynkowe i marketingowe*, praca zbiorowa pod. red. J. Kramer, op. cit., s. 43.

Najogólniej wyróżnić można cztery poziomy pomiaru, które wyznaczane są poprzez zastosowane skale (por. tab. 2.1) niemetryczne (nominalna, porządkowa) i metryczne (przedziałowa, ilorazowa)<sup>11</sup>.

Pomiar, począwszy od skali nominalnej, a na ilorazowej skończywszy jest coraz bardziej rygorystyczny i pozwalający na stosowanie precyzyjniejszych metod obliczeniowych, prowadzących do wzrostu dokładności wyników. Wskazane poziomy pomiaru same w sobie tworzą skalę kumulatywną, gdyż każdy wyższy poziom skali charakteryzuje się cechami skal niższych. Kumulatywność oznacza możliwość wykorzystania na poziomach wyższych metod adekwatnych dla poziomów niższych.

**Tabela 2.1.** Poziomy i charakterystyka skal

	Poziom pomiaru	Właściwości matematyczne mierzonych cech	Charakterystyka wielkości mierzonych	Dozwolone działania statystyczne	Przykłady
Skale niemetryczne	Skale nominalne	$A = A \neq B$	<i>Klasyfikacja:</i> Cechy dwóch obiektów mogą być identyczne bądź nie	Mediana Wielkości % Współczynnik wielodzzielczości	<i>Dwuklasowe:</i> Mężczyzna–kobieta <i>Wieloklasowe:</i> dyskont–market–hurtownia
	Skale porządkowe	$A > B > C$	<i>Rangowanie:</i> Cechy obiektów mogą być względem siebie $<$ , $>$ , $=$	Mediana Kwartyle Korelacja rangowa	<i>Mierzenie preferencji i upodobań:</i> Produkt X jest ładniejszy niż produkt Y
Skale metryczne	Skale przedziałowe	$A > B > C$ i $A - B = B - C$	<i>Rangowanie i określanie odległości:</i> można stwierdzić równość odstępów	Średnia arytmetyczna Odchylenie standardowe	Kalendarz Skale temperaturowe
	Skale ilorazowe	$A = x \cdot B$	<i>Absolutny punkt zerowy:</i> można stwierdzić różnice odległości, ustalić relacje między wartościami cech	Średnia geometryczna Średnia harmoniczna Współczynnik zmienności	Osiągnięta wielkość sprzedaży

Źródło: opracowanie własne na podstawie: P. Hamman, B. Erichson, *Marktforschung*, Gabler, Stuttgart 2006, s. 93 i n.

<sup>11</sup> J. Bley Müller, G. Gehlert, H. Gülicher, *Statistik für Wirtschaftswissenschaftler*, Vahlen, München 2002, s. 277; Kaczmarczyk, *Badania marketingowe. Podstawy metodyczne*, PWN, Warszawa 2011.

Na najniższym szczeblu szczegółowości wykorzystywane są skale nominalne, oparte na cechach jakościowych (np. płci, koloru, narodowości, przynależności religijnej), służące identyfikacji i klasyfikacji badanych obiektów oraz pozwalające stwierdzić różnice między nimi. Skala pozwala stwierdzić częstotliwość występowania cechy bez możliwości dokonywania obliczeń statystycznych. Na drugim szczeblu pomiaru znajdują się skale porządkowe klasyfikujące objekty i porządkujące je według relacji „większy”, „mniejszy”, „równy”. Umożliwiają skonstruowanie skali rang, bez wskazania wielkości różnic między nimi (np. skala ocen w szkole). Skale porządkowe dzielimy na jedno- i dwubiegunowe, stopniowe oraz ciągłe. Klasyfikacja skal jest rozłączna, tzn. skala ciągła oraz stopniowa może być jedno- i dwubiegunowa<sup>12</sup>. W skali jednobiegunowej jeden biegun jest negacją drugiego, np. słodki – nie słodki, a w dwubiegunowej – przeciwieństwem, np. słodki – gorzki. W skalach stopniowych, bez względu na rodzaj biegunów, występuje podział na stopnie w formie przedziałów. Skale ciągłe nie mają wyodrębnionych przedziałów i stanowią pewne kontinuum od poziomu najniższego do najwyższego. Dane z pomiaru przedziałowego można poddać analizie za pomocą dominanty, mediany, kwartyli i korelacji rangowej. Weryfikacja hipotez następuje za pomocą testów nieparametrycznych.

Do najczęściej stosowanych skal porządkowych zaliczamy skalę Likerta, dyferencjału semantycznego i Stapela<sup>13</sup>. Skale te stosuje się wówczas, gdy w kwestionariuszu występuje kilka lub kilkanaście pytań dotyczących tego samego zagadnienia (np. oceny niezawodności dostaw).

Skala Likerta stanowi zestaw wielu pozycji zdań oznajmujących, którym przyporządkowane są dwubiegunowe skale intensywności. Stopnie opisane są werbalnie i numerycznie. Wartości liczbowe oznaczają nastawienie respondenta względem badanego obiektu, a kierunek ich przyporządkowania uzależniony jest od sprzyjającego lub niesprzyjającego sformułowania pozycji skali<sup>14</sup>. Ocen dokonuje się poprzez sumowanie zakreślonych wartości liczbowych. Im wynik jest wyższy, tym pozytywniejsza jest ocena badanego zjawiska.

Skala Stapela wykorzystywana jest do pomiaru kierunku i natężenia postaw względem ocenianych obiektów. Składa się z zestawu kilku skal jednobiegunowych, na których respondent zaznacza odpowiednią wartość odzwierciedlającą jego odczucia i wyobrażenia<sup>15</sup>. Natomiast skala dyferencjału semantycznego odzwierciedla obraz badanego obiektu zakodowany w psychice konsumenta. W tym przypadku

---

<sup>12</sup> M. Häder, Michael, *Scaling*, [w:] *Handbook of Public Opinion Research*, ed. W. Donsbach, M.W. Traugott, M.W., Sage Publishing, Los Angeles 2008.

<sup>13</sup> A. Sagan, *Badania marketingowe. Podstawowe kierunki*, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Kraków 2004; S. Kauf, A. Tłuczak, *Metody i techniki badań ankietowych na przykładzie zachowań komunikacyjnych*, Opole 2013, s. 61 i n.

<sup>14</sup> V. Tromsdorff, *Konsumentenverhalten*, Kohlhammer, Stuttgart 2009, s. 193 i n.

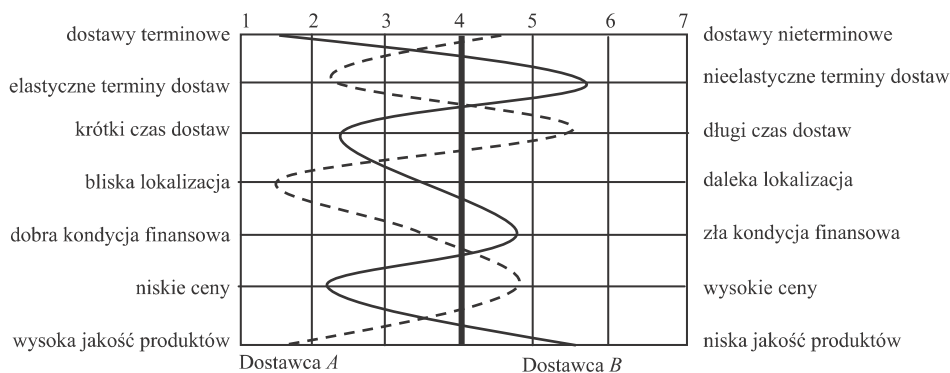
<sup>15</sup> E. Aronson, T.D. Wilson, R.M. Akert, *Sozialpsychologie*, Kohlhammer, Stuttgart 2008, s. 192 i n.



respondenci proszeni są o ocenę każdej cechy badanego obiektu poprzez zakreślenie na skali intensywności wartości najbardziej odpowiadającej ich preferencjom i upodobaniom. Każda pozycja skali oznaczona jest parą antonimów, a liczba przedziałów je dzieląca może być różna<sup>16</sup>. Ocena postaw dokonywana jest poprzez zliczenie wyników z wszystkich kwestionariuszy i zaprezentowanie ich w postaci szeregów statystycznych. Prezentacja wyników przybiera postać wykresu odzwierciedlającego preferencje i image badanego obiektu. Konstrukcja profili polaryzacji polega na obliczeniu średnich arytmetycznych ważonych lub mediany dla danych z poszczególnych skal i połączeniu wyników liniami. Każda linia może obrazować inny obiekt lub inną grupę respondentów<sup>17</sup>. Profile polaryzacji przedstawiające preferencje i postawy respondentów wobec badanych obiektów uzyskuje się z porównania wszystkich linii.

Na rys. 2.1. przedstawiono hipotetyczny profil postaw i preferencji wobec charakterystyk dwóch oferentów usług logistycznych (dostawców). Uzyskany profil polaryzacji umożliwia dalszą analizę i wnioskowanie.

**Rysunek 2.1.** Hipotetyczny profil polaryzacji ocen dwóch dostawców A i B



Źródło: opracowanie własne.

Kolejny poziom pomiaru stanowią skale interwałowe (np. temperaturowe), pozwalające nie tylko na stwierdzenie relacji pomiędzy cechami, ale także równości odstępów między przedziałami skali. Umownie przyjęty punkt „0” umożliwia dokładne określenie różnic pomiędzy mierzonymi cechami<sup>18</sup>. Do analizy danych z pomiaru interwałowego można wykorzystać szerokie spektrum metod statystyki opisowej

<sup>16</sup> Najczęściej wykorzystuje się skalę siedmiostopniową z neutralnym przedziałem środkowym; *Badania marketingowe*, red. nauk. K. Mazurek-Łopacińska, op. cit., s. 157.

<sup>17</sup> S. Kaczmarczyk, *Badania...*, op. cit., s. 163.

<sup>18</sup> Zastosowanie takiej skali daje dane rzeczywiście ilościowe.

i indukcyjnej, a dla uogólnienia danych o populacji generalnej można stosować testy parametryczne<sup>19</sup>. Największym stopniem szczegółowości charakteryzują się skale ilorazowe<sup>20</sup>, mające absolutny, neutralny i stały punkt „0” (np. miary długości, wagi) oraz pozwalające na zastosowanie wszystkich metod analizy statystycznej i indukcyjnej.

Przekształcenie cech subiektywnych (postaw, motywów, preferencji) z charakterystyk jakościowych w ilościowe wymaga zastosowania tzw. skal szacunkowych (*rating-skalen*)<sup>21</sup>. W tym przypadku konieczne jest przyporządkowanie cechom obiektów wartości zawartych w skali odpowiedzi. Skale szacunkowe są skalami porządkowymi, których pozycje opisane są werbalnie (np. od dobry do zły). W prezentacji graficznej odstęp między rangami postrzegane są jako takie same: różnica między oceną dobrą i bardzo dobrą jest taka sama jak między dobrą i dostateczną. Założenie równości przedziałów sprawia, że skale szacunkowe spełniają wymogi skal interwałowych i pozwalają na wykorzystanie szeregu działań statystycznych.

Głównym celem pomiaru jest zgromadzenie użytecznych informacji przyczyniających się do poprawy trafności decyzji logistycznych. W konsekwencji skala powinna być tak skonstruowana, by dostarczała informacji oczekiwanych przez decydentów. Problem gromadzenia informacji jest ściśle związany z doбором kategorii skal i ich liczby, a także z wyczerpującym oraz adekwatnym wyborem aspektów składających się na przedmiot badania. Jedynie odpowiedni dobór skal zapewni wiarygodność i użyteczność uzyskanych wyników. A to stwarza konieczność sprawdzenia skal pod względem ich rzetelności i trafności.

**Tabela 2.2.** Błędy pomiaru

Pomiary	Rzetelne	Nierzetelne
Trafne	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ograniczają i eliminują błędy systematyczne oraz przypadkowe</li> <li>• zapewniają uzyskanie wyników zgodnych z celem badań</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obarczone są małymi błędami systematycznymi i dużymi przypadkowymi</li> <li>• niewystarczająca rzetelność pomiarów zmniejsza ich trafność</li> <li>• uzyskane wyniki mogą być niewystarczające dla osiągnięcia celu badań</li> </ul>

<sup>19</sup> P. Hamman, B. Erichson, *Marktforschung*, op. cit., s. 93 i n.

<sup>20</sup> Zwane również stosunkowymi lub proporcjonalnymi.

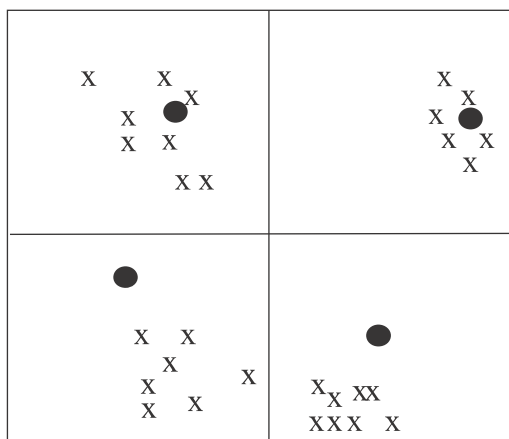
<sup>21</sup> W. Schneider, *Marketing-Forschung und Käuferverhalten. Effiziente Beschaffung und Analyse von Markt und Kundeninformation*, Oldenbourg, München 2013, s. 185.

Pomiary	Rzetelne	Nierzetelne
Nietrafne	<ul style="list-style-type: none"> <li>obarczone są małymi błędami przypadkowymi i dużymi systematycznymi</li> <li>uzyskane wyniki nie zawsze są przyczyną niezrealizowania celu badania</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obarczone są dużymi błędami systematycznymi i przypadkowymi</li> <li>wyniki z takich badań są nieprzydatne i niewiarygodne</li> </ul>

Źródło: S. Kauf, A. Tłuczak, *Metody i techniki badań ankietowych na przykładzie zachowań komunikacyjnych opolan*, Uniwersytet Opolski, Opole 2013, s. 67.

Przyjmuje się, że skale dostarczają wyników trafnych, gdy mierzą te cechy, które powinny, a rzetelnych, gdy wynik uzyskany z pomiaru powtórzonego jest taki sam. Wyniki trafne pozbawione są błędów systematycznych (ich znaczenie rośnie wraz ze wzrostem wielkości próby), a rzetelne – przypadkowych (nie wzrastają wraz ze wzrostem liczebności próby)<sup>22</sup>. Możliwość kombinacji trafności i rzetelności pomiaru prowadzi do wyodrębnienia czterech rodzajów błędu (tab. 2.2).

**Rysunek 2.2.** Związek między rzetelnością i trafnością pomiaru



Źródło: E. Gatnar, M. Walesiak, *Metody statystycznej analizy wielowymiarowej w badaniach marketingowych*, Wydawnictwo AE we Wrocławiu, Wrocław 2004, s. 64.

Między rzetelnością a trafnością pomiaru zachodzą istotne zależności (rys. 2.2.) Wysoka rzetelność gwarantuje uzyskanie, w kolejnych pomiarach, wartości zbliżonych

<sup>22</sup> P. Hamman, B. Erichson, *Marktforschung*, op. cit., s. 93 i n.

do badanej zmiennej, ale nie jej prawdziwego poziomu. Konsekwencją wysokiej trafności jest równomierne odchylenie pomiarów od wartości prawdziwej. Reasumując: wysoka rzetelność nie jest równoznaczna z wysoką trafnością, ale niska rzetelność oznacza niską trafność.

Trafność i rzetelność podlegają pomiarowi. Najprostszy współczynnik rzetelności jest stosunkiem wariancji badanej zmiennej prawdziwej ( $x_j$ ) i z pomiaru:

$$r_{x_j, x_j^T} = \frac{s^2(x_j^T)}{s^2(x_j)} \quad (2.1)$$

$x_j$  – wartość zmiennej  $x_j$  uzyskana w  $i$ -tym pomiarze;

$x_j^T$  – prawdziwa wartość zmiennej.

Wartość współczynnika  $r_{x_j, x_j^T}$  jest równa kwadratowi współczynnika korelacji między wartością pomiaru a wartością prawdziwą:

$$r^2(x_j, x_j^T) = \frac{[\text{cov}(x_j, x_j^T)]^2}{s^2(x_j)s^2(x_j^T)} \quad (2.2)$$

Do najczęstszych metod szacowania rzetelności pomiaru zaliczamy<sup>23</sup>:

- metody powtarzania pomiaru (*test-retest reliability*) – powtórny pomiar z zastosowaniem tej samej skali<sup>24</sup>; wymaga określenia odstępu czasowego między pomiarami (nie powinien być za długi – może spowodować zmiany postaw – ani za krótki – by respondenci nie udzielili automatycznie tych samych odpowiedzi)<sup>25</sup>. Sprawdzenie zgodności pomiarów wymaga porównania wyników i obliczenia wskaźnika korelacji<sup>26</sup>. Im różnice będą większe, tym rzetelność pomiaru będzie mniejsza;
- metody pomiarów równoległych (*alternative-forms reliability*) – zbudowanie skali pierwotnej i wtórnej; pomiar przeprowadza się w dwóch różnych momentach czasowych. Sprawdzenie zgodności pomiarów następuje przez porównanie wszystkich pozycji i obliczenie wskaźnika równoważności;
- metody połówkowej (*split-half reliability*) – „przepełowienie” instrumentu pomiarowego (oddzielenie pozycji parzystych od nieparzystych); otrzymane połówki traktuje się jako samodzielne instrumenty pomiarowe. Metoda mierzy wewnętrzną spójność instrumentu, a pomiar polega na obliczeniu współczynnika

<sup>23</sup> G. Fischer, *Einführung in die Theorie psychologische Tests, Grundlagen und Anwendungen*, Hans Huber, Bern 1974, s. 36 i n.

<sup>24</sup> Konieczne jest przeprowadzenie pomiaru powtórnego w warunkach zbliżonych.

<sup>25</sup> J. Bazarnik, T. Grabiński, E. Kąciak, S. Mynarski, A. Sagan, *Badania...*, op. cit., s. 57.

<sup>26</sup> Powinien przyjmować wartość 0,8–0,9.

$\alpha$ -Cronbacha<sup>27</sup>, będącego wynikiem uogólnienia wszystkich współczynników korelacji obliczonych dla różnych wersji połówkowych tego samego instrumentu. Współczynnik przedstawia wzór:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[ 1 - \frac{\sum_{j=1}^k s_j^2}{s^2} \right] \quad (2.3)$$

gdzie:

$k$  – liczba pytań;

$s_i^2$  – wariancja odpowiedzi na  $i$ -te pytanie;

$s^2$  – wariancja sumy odpowiedzi na wszystkie pytania.

Współczynnik może przyjmować wartości od 0 – brak prawdziwego pomiaru oraz wystąpienie błędu losowego do 1 – oznaczającej pomiar rzetelny; przyjmuje się, że pomiar jest rzetelny, gdy współczynnik przybiera wartość nie mniejszą niż 0,7<sup>28</sup>;

– metody Kudera-Richardsona – dzielące instrument na tyle części, ile jest w nim pozycji; każda pozycja rozpatrywana jest jako oddzielny instrument. W praktyce najczęściej stosowany jest wzór oznaczony symbolem  $KR_{20}$ <sup>29</sup>:

$$KR_{20} = \frac{k}{k-1} \left[ \frac{S^2(x_s) - \sum_{j=1}^k p_j q_j}{S^2(x_s)} \right] \quad (2.4)$$

gdzie:

$p_j$  – frakcja odpowiedzi prawidłowych  $j$ -tej pozycji;

$q_j$  – frakcja odpowiedzi nieprawidłowych.

Na prostym przykładzie przeanalizujemy sposób szacowania współczynników  $\alpha$ -Cronbacha oraz Kudera-Richardsona. Założmy, że chcemy zmierzyć stopień zadowolenia przedsiębiorców polskich z jakości dostępnej infrastruktury logistycznej.

<sup>27</sup> <http://www.odn.poznan.pl/doradcy/warsztat/pliki/Pomiar.pdf>, <http://www.statsoft.pl/czytelnia/marketing/rzetelnosc.pdf>.

<sup>28</sup> W badaniach marketingowych przyjmuje się że wartość współczynnika  $\alpha$ -Cronbacha powinna zawierać się w przedziale (0,7; 0,9). Porównaj: E. Gatnar, M. Walesiak, op. cit., s. 63.

<sup>29</sup> E. Gatnar, M. Walesiak, op. cit., s. 60–64; <http://www.odn.poznan.pl/doradcy/warsztat/pliki/Pomiar.pdf>, <http://www.statsoft.pl/czytelnia/marketing/rzetelnosc.pdf>.

W tym celu przeprowadzono badania sondażowe na pewnej grupie przedsiębiorców. Przedstawiono im kilka zdań oznajmujących i poproszono o ustosunkowanie się do nich:

P1. W kraju jest wystarczająca liczba centrów logistycznych.

P2. Infrastruktura drogowa jest na dobrym poziomie.

P3. Koszty transportu w kraju są na odpowiednim poziomie.

Opinię respondenci mieli wyrazić w oparciu o pięciostopniową skalę Likerta:

- całkowicie zgadzam się
- zgadzam się
- nie mam zdania
- nie zgadzam się
- zupełnie się nie zgadzam.

Odpowiedzi kodowane są w postaci liczb całkowitych od 1 do 5. Po zsumowaniu odpowiedzi na wszystkie pytania i podzieleniu tej sumy przez liczbę pytań uzyskujemy miejsce respondenta na konstruowanej skali zadowolenia z wyposażenia w infrastrukturę logistyczną. Załóżmy, że badania sondażowe przeprowadzono na grupie sześciu osób, a uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 2.3.

**Tabela 2.3.** Odpowiedzi ankietowanych respondentów (1)

Przedsiębiorca Pytanie	A	B	C	D	E	F	Wariancja $s_i^2$
P1	1	2	5	2	4	4	2,40
P2	2	1	5	4	4	1	2,97
P3	5	1	3	1	1	2	2,57
Skala	8	4	13	7	9	7	$s^2 = 8,80$

Źródło: opracowanie własne.

Ostatni wiersz w tabeli 2.3 zawiera wartości na skali zadowolenia przedsiębiorców z infrastruktury logistycznej. Jakość takiego pomiaru mierzy się za pomocą wspomnianego współczynnika  $\alpha$ -Cronbacha (wzór 2.3):

$$\alpha = \frac{3}{2} \left( 1 - \frac{2,40 + 2,97 + 2,57}{8,80} \right) = 0,14$$

Na podstawie powyższego wyniku można stwierdzić, że precyzja przeprowadzonego skalowania jest bardzo mała.



Celem wyjaśnienia sposobu pomiaru rzetelności metodą Kudera-Richardsona rozważmy tych samych sześciu przedsiębiorców. Załóżmy że odpowiadają oni teraz na pytania:

P1. Czy długość autostrad jest w Polsce wystarczająca?

P2. Czy wystarczająca jest liczba węzłów kolejowych?

P3. Czy w Polsce potrzebny jest transport rzeczny?

P4. Czy liczba centrów logistycznych w dużych miastach jest zadowalająca?

P5. Czy koszty transportu lotniczego są na odpowiednim poziomie?

Możliwe są tylko dwie odpowiedzi Tak – 1 lub Nie – 0. Przykładowy zestaw odpowiedzi zawiera tabela 2.4.

**Tabela 2.4.** Odpowiedzi ankietowanych respondentów (2)

Przedsiębiorca \ Pytanie	P1	P2	P3	P4	P5	Suma
1	1	1	1	0	1	4
2	1	0	0	0	0	1
3	0	1	1	1	1	4
4	1	0	0	1	0	2
5	1	0	1	0	1	3
6	0	1	1	0	1	3
Suma	4	3	4	2	4	17
p	0,67	0,5	0,67	0,33	0,67	
q = 1 – p	0,33	0,5	0,33	0,67	0,33	
pq	0,22	0,25	0,22	0,22	0,22	1,14
Wariancja sumy odpowiedzi						1,37

Źródło: opracowanie własne.

$$KR_{20} = \frac{5}{5-1} \left[ \frac{1,37 - 1,14}{1,37} \right] = 0,208$$

Uzyskany wynik, jak współczynnik  $\alpha$ -Cronbacha, przyjmuje również bardzo niską wartość, która sugeruje bardzo niską rzetelność pomiaru.

Problemem znacznie bardziej skomplikowanym jest sprawdzenie trafności instrumentu, tzn. dokładności, z jaką mierzy on to, co ma zmierzyć. Pomiarów trafności dokonuje się najczęściej przez zbadanie trafności:

- prognostycznej – odzwierciedlającej współczynnik korelacji między wynikami pomiaru, a kształtowaniem się mierzonej cechy w przyszłości. W tym celu dokonuje się powtórnego pomiaru, a stopień zgodności wyników mierzy się za pomocą współczynników korelacji;
- diagnostycznej – polegającej na obliczeniu współczynnika korelacji między wynikami pomiaru a kształtowaniem się mierzonej (inną skalą<sup>30</sup>) cechy w tym samym okresie. Pomiar silnie skorelowane świadczą o trafności zbieżnej<sup>31</sup>, a słabo – o dyskryminacyjnej<sup>32</sup>;
- wewnętrznej (*content validity*)<sup>33</sup> – sprawdzającej, na podstawie kryteriów subiektywnych przedmiot badania, a nie stopień dokładności instrumentu pomiarowego. Pomiar trafny, uwzględnia wszystkie istotne czynniki wpływające na kształtowanie się badanej cechy;
- teoretycznej – potwierdzającej w badaniach empirycznych wnioski teoretyczne. Trafność oznacza korelacje między wielkościami z pomiaru i rzeczywistymi.

Między objętością instrumentu pomiarowego a jego trafnością i rzetelnością istnieją ściśle zależności: im obszerniejszy instrument, tym większa trafność i rzetelność. Ta rośnie bardziej równomiernie aniżeli trafność (osiąga szybciej górną granicę)<sup>34</sup>.

## 2.2. Określenie metody doboru i liczebności próby badawczej w badaniach logistycznych

Kompleksowość procesów logistycznych oraz dynamika postępujących zmian stawia przed praktykami i badaczami ogromne wyzwania. Coraz trudniej jest określić kierunki i nasilenie zmian, które pozwolą na przewidywanie przyszłych tendencji rynkowych. Ich identyfikacja wymaga zgromadzenia szeregu danych, które, we współczesnych realiach rynkowych, coraz trudniej zgromadzić. Wynika to niejednokrotnie z trudności wyboru jednostek reprezentatywnych<sup>35</sup>, a często z ich niechęci

<sup>30</sup> Skala ta musi wykazywać się trafnością pomiaru.

<sup>31</sup> Współczynnik korelacji przybiera wartości wysokie.

<sup>32</sup> Współczynnik korelacji przybiera wartości niskie

<sup>33</sup> F.R. Wilson, W. Pan, D.A. Schumsky, *Recalculation of the critical values for Lawshe's content validity ratio*, „Measurement and Evaluation in Counseling and Development” 2012, No 45(3), s. 197 i n.

<sup>34</sup> K. Backhaus, B. Erischson, W. Plinke, R. Weiber, *Multivariate Prognosemethoden*, Gabler, Berlin–Heidelberg–New York, 1996, s. 135 nn.

<sup>35</sup> Reprezentatywność oznacza możliwość wnioskowania o populacji generalnej (wszystkie jednostki, które powinny być przebadane w badaniach pełnych) na podstawie wyników uzyskanych z badań niepełnych.

uczestnictwa w badaniach. A uzyskanie z pomiaru wyników właściwych wymaga wyboru odpowiedniej próby badawczej. W tym celu konieczne jest<sup>36</sup>:

- określenie populacji generalnej, odpowiadającej zakresowi i przedmiotowi badań;
- sporządzenie wykazu jednostek populacji generalnej (operat losowy);
- zdefiniowanie, na podstawie cech populacji, jednostek próby;
- wybranie metody doboru próby;
- określenie liczebności próby.

W literaturze przedmiotu zagadnienie metod doboru próby oraz określenia ich liczebności jest szeroko omawiane, dlatego w niniejszym opracowaniu zaprezentowane zostaną jedynie te najczęściej wykorzystywane. Wśród metod doboru próby wyróżnić możemy metody<sup>37</sup>:

- losowe – polegające na znanym i określonym prawdopodobieństwie dostania się każdej jednostki do próby badawczej; pozwalają na samorzutne kształtowanie się struktury populacji oraz statystyczne określenie błędu próby losowej. Wyróżniamy dobór: prosty, systematyczny, warstwowy, zespołowy (grupowy), wielostopniowy i wielofazowy;
- nielosowe – opierające się na arbitralnie określonych charakterystykach jednostek wchodzących w skład próby. Należą do nich dobór: kwotowy, jednostek typowych, przez eliminację, celowy i przypadkowy.

Zastosowanie doboru losowego jest warunkiem uzyskania reprezentatywności wyników, a o liczebności próby decyduje wewnętrzne zróżnicowanie populacji generalnej<sup>38</sup>, schemat losowania, przyjęty poziom ufności i zastosowana metoda estymacji parametrów zbiorowości<sup>39</sup>. Poziom ufności i dopuszczalny błąd próby empirycznej można określić w sposób arbitralny, na podstawie dostępnych danych. Przyjmuje się, że powinien on mieścić się w granicach  $\pm 2\%$ <sup>40</sup>. Trudniejsze jest określenie odchylenia standardowego średnich z prób od średniej z populacji. Można je obliczyć na podstawie wyników badania pilotażowego oraz próby wstępnej<sup>41</sup>, z wykorzystaniem wzoru (2.5)<sup>42</sup>.

<sup>36</sup> M. Rószkiewicz, *Metody ilościowe w badaniach marketingowych*, PWN, Warszawa 2007, s. 136.

<sup>37</sup> Szerzej S. Kauf, A. Tłuczak, *Metody i techniki...*, op. cit.

<sup>38</sup> Im większe zróżnicowanie, tym większa powinna być próba badawcza.

<sup>39</sup> Wzrost liczebności próby powoduje wzrost precyzji estymatora; S. Kauf, *Badania...*, op. cit., s. 70.

<sup>40</sup> K. Holm, *Die Befragung*, München 1975, s. 148.

<sup>41</sup> Szerzej na temat szacowania błędu standardowego próby badawczej – S. Kaczmarczyk, *Badania...*, op. cit., s. 79 i n.; V. Barnett, *Elementy teorii pobierania prób*, PWN, Warszawa 1982, s. 58 i n.

<sup>42</sup> S. Ostasiewicz, Z. Rusnak, U. Siedlecka, *Statystyka. Elementy teorii i zadania*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław, 2011, s. 71 i n.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.5)$$

gdzie:

$n$  – liczebność próby wstępnej;

$\bar{x}$  – średnia badanej cechy.

Stopień zgodności między strukturą próby badawczej a strukturą populacji generalnej określa się poprzez:

- porównanie struktur otrzymanej próby badawczej i procentowej populacji;
- analizę różnic między parametrami próby empirycznej i populacji generalnej (wartość średnia i wariancja cechy w populacji)<sup>43</sup>.

$$s^2 = \frac{1}{n_0 - 1} \sum_{i=1}^{n_0} (x_i - \bar{x})^2 \quad (2.6)$$

gdzie:

$n$  – liczebność populacji generalnej;

$s^2$  – wariancja cechy;

$\bar{x}$  – średnia wartość cechy.

W metodach reprezentacyjnych chodzi o taki dobór próby losowej, aby różnica pomiędzy rzeczywistą i oszacowaną wartością parametru nie przekraczała z góry określonej wartości z prawdopodobieństwem równym  $1 - \alpha$ . To zadane z góry prawdopodobieństwo nosi nazwę współczynnika ufności (wartość powinna być bliska 1). Warunek ten dotyczy najprostszej metody doboru losowego, jakim jest dobór prosty<sup>44</sup>. Polega on na bezpośrednim i nieograniczonym doborze jednostek badania do próby, bezpośrednio z populacji generalnej. W tym celu każda jednostka z populacji generalnej opisywana jest numerem i umieszczana w urnie<sup>45</sup>. Następnie losuje się taką liczbę losów, by spełnione zostało kryterium reprezentatywności. W sytuacji, kiedy próbę badawczą wybieramy metodą losowania niezależnego (dla populacji skończonej) liczebność próby dla oszacowania średniej populacji, gdy cecha  $\bar{x}$  ma rozkład zbliżony do normalnego obliczamy na podstawie wzoru<sup>46</sup>:

<sup>43</sup> A. Aczel *Statystyka w zarządzaniu*, PWN, Warszawa, 2000, s. 210.

<sup>44</sup> Dobór losowy prosty może przybierać formę losowania niezależnego (bez zwracania) i zależnego (ze zwracaniem).

<sup>45</sup> Dobór losowy prosty może być także dokonany z wykorzystaniem liczb losowych.

<sup>46</sup> R. Zastępa, *Badania statystyczne metodą reprezentacyjną*, PWN, Warszawa 1962, s. 79 i n.

$$n = \frac{N}{1 + \frac{N\Delta^2}{t_\alpha^2 S^2}} \quad (2.7)$$

gdzie:

$n$  – liczebność próby;

$N$  – liczebność populacji generalnej;

$\Delta$  – dopuszczalna tolerancja odchyłeń;

$S^2$  – wariancja cechy;

$t_\alpha$  – wartość funkcji testowej, odczytywana z tablic t-studenta na poziomie istotności  $\alpha$ .

Liczebność próby jest wprost proporcjonalna do liczebności populacji generalnej, wariancji cechy w populacji oraz wartości funkcji testowej, a odwrotnie proporcjonalna do przyjętej tolerancji odchyłeń. W przypadku nieznanego odchylenia standardowego należy je oszacować na podstawie wyników uzyskanych z badań pilotażowych.

W doborze systematycznym procedura postępowania zakłada wybór co  $k$ -tego<sup>47</sup> elementu zbiorowości generalnej. Jednostka od której rozpoczyna się wybór jest losowana. Następnie dobierane są co  $k$ -te jednostki tak długo, aż uzyska się niezbędną liczebność próby. Wspomniane metody doboru znajdują zastosowanie w przypadku homogenicznych zbiorowości generalnych.

W badaniach reprezentacyjnych, w przypadku zbiorowości o znacznej heterogeniczności wewnętrznej najczęściej wykorzystuje się metodę doboru warstwowego. Polega ona na podziale, w oparciu o wyodrębnione kryteria, heterogenicznej zbiorowości generalnej na kilka zbiorowości względnie homogenicznych. Doboru próby dokonuje się oddzielnie dla każdej z wyodrębnionych grup, wykorzystując nieograniczony dobór prosty<sup>48</sup>. Jako podstawę podziału na warstwy najczęściej przyjmuje się takie cechy jak: dochody, wiek, miejsce zamieszkania (są zwykle najbardziej skorelowane z analizowanym problemem). W przypadku zastosowania takiej procedury losowania, przy założeniu proporcjonalności doboru populacji skończonej, niezbędną liczebność próby określa się wzorem<sup>49</sup>:

---

<sup>47</sup> Określany także jako interwał losowania,  $k$ -ty element obliczany jest przez podzielenie liczebności populacji generalnej przez niezbędną liczebność próby.

<sup>48</sup> J. Bley Müller, G. Gehlert, H. Gülicher, *Statistik...*, op. cit., s. 55.

<sup>49</sup> S. Mynarski, *Badania rynkowe w warunkach konkurencji*, AE Kraków, Kraków 1995, s. 35.

$$n = \frac{\sum_{h=1}^L W_h S_h^2}{\frac{d^2}{u_\alpha^2} + \frac{1}{N} \sum_{h=1}^L W_h S_h^2} \quad (2.8)$$

gdzie:

$S_h^2$  – wariancja w warstwie  $h$  populacji;

$W_h$  – frakcja elementów w warstwie  $h$ ;

$d$  – dopuszczalny maksymalny błąd szacunku średniej;

$u_\alpha^2$  – wartość odczytana z tablic rozkładu normalnego na poziomie ufności  $1 - \alpha$ <sup>50</sup>.

Następnie, na podstawie wzoru 2.9 określa się liczbę jednostek, które powinny być wylosowane z każdej warstwy<sup>51</sup>:

$$n_h = \frac{N_h}{N} \cdot n \quad (2.9)$$

gdzie:

$N_h$  – liczba elementów w warstwie  $h$ ;

$N$  – liczba elementów w populacji;

$n$  – liczba elementów w próbie;

$n_h$  – liczba elementów warstwy  $h$  w próbie.

Przypuśćmy, że dysponujemy 1500 przedsiębiorcami chętnymi do wzięcia udziału w badaniu na temat miesięcznych wydatków na świadczenia socjalne dla swoich pracowników. Zakładamy, że 100 z nich ma kategorię średnich (zatrudnia powyżej 50 pracowników, a mniej niż 250), 200 ma kategorię mikroprzedsiębiorstwa (zatrudnia mniej niż 10 pracowników), a pozostałych 1200 ma kategorię małych. Liczebności w każdej warstwie oraz odchylenia standardowe wydatków przedstawiono w tabeli 2.5.

<sup>50</sup> Najczęściej poziom ufności ustala się na poziomie  $1 - \alpha = 0,9$ , wówczas  $u_{0,1} = 1,645$ ; jeśli  $1 - \alpha = 0,95$ , to  $u_{0,05} = 1,96$ , natomiast w przypadku gdy  $1 - \alpha = 0,99$ , to  $u_{0,01} = 2,576$ .

<sup>51</sup> Patrz również J. Bley Müller, *Stichprobenverfahren für Wirtschaftswissenschaftler*, Vahlen, Stuttgart 1989, s. 157.



**Tabela 2.5.** Struktura warstwowa przedsiębiorstw, wydatki na świadczenia socjalne oraz obliczenia pomocnicze

$h$	Wielkość przedsiębiorstwa	$n_h$	$s_h$	$s_h^2$	$w_h$	$w_h \cdot s_h^2$
1	Mikro	200	300	90 000	0,13	12 000
2	Małe	1 200	200	40 000	0,80	32 000
3	Średnie	100	150	22 500	0,07	1 500
Suma		1 500				45 500

Źródło: opracowanie własne.

Przyjmijmy dodatkowo, że maksymalny błąd szacunku średnich wydatków na świadczenia socjalne kształtuje się na poziomie 5,5 tys. zł. Dla zadanego poziomu ufności 0,95 wartość odczytana z tablic rozkładu normalnego wynosi 1,96. Podstawiając powyższe do wzoru 2.8 otrzymujemy:

$$n = \frac{45500}{\left(\frac{5,5}{1,96}\right)^2 + \frac{45500}{1500}} = 1190,86 \approx 1191$$

Z obliczeń wynika, że należy do badania wybrać 1191 przedsiębiorstw. Wówczas zachowamy wymaganą dokładność średnich wydatków na świadczenia socjalne. Rozkład proporcjonalny tej próby w poszczególnych warstwach przedstawia tabela 2.6.

**Tabela 2.6.** Proporcjonalny rozkład liczby przedsiębiorstw w próbach

$h$	$W_h$	$n_h$
1	0,13	155
2	0,80	953
3	0,07	83

Źródło: opracowanie własne.

Często stosowanymi metodami losowego doboru próby jest dobór zespołowy, polegający na podziale populacji na grupy heterogeniczne wewnątrznie i homogeniczne względem siebie<sup>52</sup>, oraz wielostopniowy, charakteryzujący się podziałem zbiorowości

<sup>52</sup> Por. także J. Bazarnik, T. Grabiński, E. Kąciak, S. Mynarski, A. Sagan, *Badania...*, op. cit., s. 14.

na warstwy hierarchiczne<sup>53</sup>. Dobór polega na wylosowaniu najpierw dużych zespołów jednostek i podzieleniu ich na mniejsze<sup>54</sup>, które można podzielić na jeszcze mniejsze, aż do uzyskania podziału na jednostki podstawowe. Oznacza to podział populacji generalnej na  $K$  równo- lub różnolicznych zespołów zawierających po  $N_i$  jednostek. Po dokonaniu podziału na zespoły z każdej wyodrębnionej grupy wybiera się odpowiednią liczbę jednostek, które zostaną poddane badaniu. W sytuacji występowania grup równolicznych niezbędną liczbę jednostek określa się według wzoru<sup>55</sup>:

$$k = \left( \frac{K}{1 + \frac{K\bar{n}_0 d^2}{9s_0^2}} \right) \quad (2.10)$$

gdzie:

$K$  – liczba zespołów w populacji generalnej;

$d$  – dopuszczalny poziom błędów;

$s^2$  – wariancja.

Określenie liczebności próby na podstawie wzoru 2.10 wymaga obliczeń pomocniczych z wykorzystaniem wzorów:

$$\bar{n}_0 = \frac{1}{k_0} \sum_{i=1}^{k_0} n_{0i} \quad (2.11)$$

$$s_0^2 = \frac{1}{k_0 - 1} \sum_{i=1}^{k_0} (a_{0i} - n_{0i} \bar{x}_0)^2 \quad (2.12)$$

gdzie:

$k_0$  – liczba wylosowanych zespołów w próbie wstępnej;

$n_{0i}$  – liczebność  $i$ -tego zespołu w próbie wstępnej;

$a_{0i}$  – suma wartości badanej cechy w  $i$ -tym zespole próby wstępnej;

$\bar{x}_0$  – średnia wartość badanej cechy w próbie.

Trudności w pozyskaniu informacji oraz wysoki koszt badania skłaniają badaczy do stosowania wielofazowego doboru próby do badań, który sprowadza się do

<sup>53</sup> P. Hamman, B. Erichson, *Marktforschung*, op. cit., s. 147.

<sup>54</sup> Jednostki te określane są mianem jednostek losowania drugiego stopnia.

<sup>55</sup> J. Steczkowski, *Zastosowanie metody reprezentacyjnej w badaniach społeczno-ekonomicznych*, PWN, Warszawa 1988, s. 239; S. Mynarski, *Badania...*, op. cit., s. 47.

wylosowania najpierw dużej grupy jednostek, a później z niej jednej lub kilku grup mniejszych<sup>56</sup>.

Do prześledzenia procedury losowania zespołowego posłużmy się przykładem właściciela sieci sklepów w na osiedlach w kilku miastach. Właściciel ów posiada 10 sklepów w różnych miastach, każdy sklep odwiedza różna liczba klientów. Wykaz sklepów oraz liczbę klientów robiących zakupy w okresie jednego dnia przedstawia tabela 2.7.

**Tabela 2.7.** Wykaz sklepów oraz liczba klientów

Nr sklepu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Liczba klientów	15	18	21	12	28	34	14	41	19	21

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie zwykłego losowania bez zwracania do wstępnej próby wybrano 3 sklepy, którymi były sklepy o numerach 3, 7, 9. W sklepach tych odnotowano kwotę na jaką klienci dokonali zakupów (tab. 2.8).

**Tabela 2.8.** Kwota na jaką dokonano zakupów

Sklep 3		Sklep 7		Sklep 9	
Nr klienta	Kwota zakupów	Nr klienta	Kwota zakupów	Nr klienta	Kwota zakupów
1	160	1	165	1	175
2	170	2	70	2	165
3	135	3	145	3	145
4	150	4	155	4	140
5	55	5	125	5	150
6	160	6	75	6	125
7	200	7	65	7	170
8	160	8	135	8	45
9	165	9	160	9	120
10	150	10	135	10	90
11	190	11	200	11	85

<sup>56</sup> Szerzej S. Kauf, *Badania...*, op. cit., s. 59 i n.

Sklep 3		Sklep 7		Sklep 9	
Nr klienta	Kwota zakupów	Nr klienta	Kwota zakupów	Nr klienta	Kwota zakupów
12	180	12	165	12	75
13	70	13	125	13	45
14	115	14	80	14	190
15	170			15	150
16	70			16	135
17	140			17	80
18	105			18	155
19	155			19	125
20	75				
21	120				
Suma	2895		1800		2365

Źródło: opracowanie własne.

Do wyznaczenia niezbędnej liczby zespołów dokonujemy następujących obliczeń:

$$\bar{n}_0 = \frac{1}{3}(21 + 14 + 19) = 18$$

$$\bar{x}_0 = \frac{1}{54}(2895 + 1800 + 2365) = 130,74$$

$$s_0^2 = \frac{1}{2} \left[ (2895 - 21 \cdot 130,74)^2 + (1800 - 14 \cdot 130,74)^2 + (2365 - 19 \cdot 130,74)^2 \right] = 18717,65$$

Założmy dodatkowo, że błąd średnich wydatków na świadczenia socjalne wynosi 10%, czyli  $d = 10\% \cdot 130,74 = 13,074$ . Zatem:

$$k = \frac{10}{1 + \frac{10 \cdot 18^2 \cdot 13,074^2}{9 \cdot 18717,65}} = 2,33$$

Z powyższych obliczeń wynika, że niezbędna liczba zespołów powinna wynosić 2,33 (czyli 3), zatem do próby wstępnej nie należy już nic dołoso wywać.

W doborze nielosowym najczęściej wykorzystuje się metodę kwotową opierającą się na znajomości struktury populacji generalnej, z uwzględnieniem jej podstawowych cech. W skład próby wchodzi wszystkie jednostki spełniające żądane kryteria, tak by ich rozkład odpowiadał rozkładowi w populacji generalnej<sup>57</sup>.

Np. jeżeli w badanej populacji liczącej 1000 przedsiębiorstw mikroprzedsiębiorstwa stanowią 52%, czyli jest ich 520, to w próbie liczącej 100 przedsiębiorstw też będą stanowiły 52%, ale będzie ich 52.

W metodzie doboru jednostek typowych zakłada się występowanie jednostek odpowiadających w przybliżeniu jednostkom przeciętnym. Niewielkie rozbieżności między jednostkami przeciętnymi pozwalają na dobór niezbyt licznej próby. Metoda ta dostarcza jedynie informacji ogólnych i nie wskazuje na ilościowe zróżnicowanie badanego zjawiska. Natomiast metoda eliminacji uwzględnia zjawisko koncentracji i polega na wyborze jednostek skupiających najwięcej interesujących badacza cech oraz eliminacji tych mało atrakcyjnych.

W badaniach logistycznych, ze względu na specyfikę przedmiotu badania, częste zastosowanie znajduje dobór celowy, w którym typ i struktura próby wynikają z przyjętych celów badawczych. Elementy próby wybierane są przez badacza zupełnie subiektywnie i stanowią je te najlepiej odpowiadające celom badania. Inną, równie często stosowaną metodą nielosową jest dobór przypadkowy obejmujący tylko jednostki, które wyraziły zgodę na uczestnictwo w badaniu. W przypadku gdy badaczowi trudno jest zidentyfikować członków populacji, np. w identyfikacji zależności i relacji pomiędzy uczestnikami łańcucha/sieci dostaw, można wykorzystać metodę „kuli śnieżnej”<sup>58</sup>. W tym przypadku badacz gromadzi informacje o kilku członkach populacji (ogniwach sieci), a następnie prosi o dostarczenie informacji o pozostałych.

Badania prowadzone w obszarze logistyki mogą odnosić się do oferty logistycznej kierowanej do odbiorców indywidualnych i instytucjonalnych. W pierwszym przypadku zastosowanie znajdują zazwyczaj metody doboru losowego prostego, systematycznego i warstwowego, a w drugim nielosowego – celowego lub przypadkowego. Te wykorzystywane są głównie ze względu na trudności pozyskania informacji od przedsiębiorstw produkcyjnych, handlowych czy usługowych. Mimo że dobór nielosowy nie znajduje teoretycznego uzasadnienia stosowania, to często jest to jedyna metoda dotarcia do określonej grupy jednostek.

---

<sup>57</sup> B. Flybjerg, *Five Misunderstandings About Case Study Research*, „Qualitative Inquiry” 2006, vol. 12, no. 2, s. 219 i n.

<sup>58</sup> Określenie „kula śnieżna” odzwierciedla proces akumulacji, gdyż każda jednostka podaje następną.

## 2.3. Wybrane metody gromadzenia danych ze źródeł pierwotnych

Nowe i coraz bardziej kompleksowe uwarunkowania rynkowe, przejawiające się w przejściu od rynku producenta do konsumenta, spowodowały istotne zmiany w funkcjonowaniu przedsiębiorstw. Podejmowanie racjonalnych wyborów wymusiło na przedsiębiorstwach konieczność badania i szczegółowego identyfikowania potrzeb wszystkich ogniw łańcucha/sieci dostaw, w aspekcie ich zasobów materiałowo-technicznych, świadczonych usług logistycznych, w tym sposobu organizacji dostaw. Przeprowadzenie niezbędnych analiz w oparciu o dostępne dane wtórne często jest niewystarczające, co skłania do gromadzenia danych pochodzących z pomiarów pierwotnych. Mogą być one realizowane z wykorzystaniem różnych metod badawczych, wymagających zastosowania innych technik<sup>59</sup>. Te możemy podzielić według kryteriów<sup>60</sup>:

- metod gromadzenia danych – obserwacyjne, eksperymentalne, oparte na wzajemnym komunikowaniu się. Przedmiotem obserwacji są werbalne i niewerbalne zachowania ludzi, a ich wykorzystanie wymaga zapoznania się m.in. z symboliką kultury; ta w warunkach umiędzynarodowienia i globalizacji coraz częściej wpływa na relacje między ogniwami łańcucha/sieci dostaw. Badania eksperymentalne, realizowane w warunkach specjalnie w tym celu stworzonych, pozwalają określić wpływ zmiennej niezależnej na badane zjawisko. Metody oparte na wzajemnym komunikowaniu się polegają na przepływie informacji między badaczem a jednostką badaną;
- form kontaktu – pośrednie (np. metody ankietowe) i bezpośrednie (np. wywiady);
- stopnia standaryzacji – standaryzowane (np. kwestionariusze) i niestandaryzowane<sup>61</sup>.

Obserwacja rynku i otoczenia konkurencyjnego wpisana jest w cykl rozwoju i funkcjonowania pojedynczych przedsiębiorstw oraz całych łańcuchów dostaw. Obserwowanie zmian na rynku, dobór właściwej oferty logistycznej, obserwacja polityki cenowej i jakościowej nie może być zdarzeniem incydentalnym, tylko stałym elementem planowania zarządzania łańcuchem dostaw. Systematycznie prowadzone badania obserwacyjne, polegające na celowym, systematycznym i zamierzonym postrzeganiu

---

<sup>59</sup> Technika badawcza oznacza zastosowanie określonego zespołu zarówno środków technicznych, jak i intelektualnych.

<sup>60</sup> J. Lutyński, *Techniki otrzymywania materiałów i ich podział*, [w:] *Wywiad kwestionariuszowy. Analizy teoretyczne i badania empiryczne*, red. nauk. K. Lutyńska, A.P. Wejland, IFIS PAN, Warszawa–Kraków–Gdańsk–Łódź, 1983, s. 24.

<sup>61</sup> Standaryzacja rozumiana jest jako stopień ujednoczenia badania według z góry określonego wzorca.



zjawisk odbywające się w miejscu oraz czasie ich występowania<sup>62</sup>, pozwalają na odpowiednio wczesne reagowanie na zmiany. Obserwacja może odbywać się bez bezpośredniej ingerencji badacza lub z wykorzystaniem urządzeń mechanicznych, np. kamer wideo, magnetofonów. Do zmysłowo postrzegalnych czynników rzeczowych zaliczamy elementy i obiekty (np. skład asortymentowy), charakterystyki socjo-demograficzne, czynności obiektywne (np. zmiany fizyczne jednostek obserwowanych) i subiektywne (np. zachowania nabywców podczas zakupu)<sup>63</sup>.

Obserwację można prowadzić z wykorzystaniem różnych wariantów metodycznych zależnych od celu i przedmiotu badania. Wśród metod obserwacyjnych wyróżniamy kontrolowane, tzn. z aktywnym udziałem badacza oraz niekontrolowane, polegające na rejestrowaniu zachowań i zjawisk bez wpływu obserwatora. Każda z nich może występować w postaci obserwacji ukrytej (badana jednostka nie jest świadoma bycia przedmiotem badania) i jawnej – realizowanej w sytuacji niemożności ukrycia badania. Ten rodzaj obserwacji może prowadzić do zniekształceń wyników.

Stopień dowolności i swobody wyboru metod oraz technik analitycznych uzależniony jest od stopnia standaryzacji obserwacji. W niestandaryzowanej badacz dysponuje całkowitą swobodą wyboru metod i oceny badania, a w standaryzowanej konieczne jest uprzednie określenie warunków prowadzenia obserwacji i normalizacji wyników.

Przydatność wyników uzależniona jest nie tylko od stopnia świadomości respondenta, ale również od otoczenia, w którym badanie jest realizowane. Obserwacja może być przeprowadzana w warunkach naturalnych, tzn. otoczeniu, w którym przedmiot badania zachowuje się naturalnie i nieskrępowanie. Może też odbywać się w warunkach laboratorium, specjalnie w tym celu stworzony i przebiegając według ściśle ustalonego scenariusza.

Zaletą badań obserwacyjnych jest możliwość identyfikacji spontanicznych zachowań jednostek badanych przy jednoczesnej rejestracji okoliczności je wywołujących<sup>64</sup>. Ponadto metoda ta charakteryzuje się stosunkowo niewielką pracochłonnością, relatywnie dużą sprawnością badania oraz niską kosztownością. Do wad obserwacji zaliczamy m.in. niedoskonałość zmysłów ludzkich, subiektywizm i wzajemne oddziaływanie obserwatora oraz jednostki badanej oraz niemożność identyfikacji motywów postępowania jednostki obserwowanej.

Prowadzenie obserwacji wymaga określenia miejsca, czasu i charakteru zależności między obserwowanymi zjawiskami. Ważna jest także kwantyfikacja obserwacji; łatwa

---

<sup>62</sup> W. Becker, *Beobachtungsverfahren in der demoskopischen Marktforschung*, Ulmer, Stuttgart, 1973, s. 6.

<sup>63</sup> K. Müller, J. David, T. Straatmann, *Qualitative Beobachtungsverfahren*, [w:] *Qualitative Marktforschung in Theorie und Praxis*, hrsg. G. Naderer, E. Balzer, Wiesbaden 2011, s. 318.

<sup>64</sup> U. Mangold, A. Kunert, *Qualitative Marktforschung in Theorie und Praxis*, Lucius, Wiesbaden 2007, s. 309 i n.

w obserwacji elementów policzalnych (np. liczba klientów dokonujących zakupu) i utrudniona w sytuacji zjawisk złożonych, np. zachowań nabywców. Ograniczenia badań obserwacyjnych występują w zakresie pomiarów czynników subiektywnych (motywy, preferencje) wpływających na określone zachowania. Ograniczenia badań obserwacyjnych powodują, że powinny one stanowić jedynie uzupełniające źródło informacji.

Realizacja głównego celu działalności logistycznej, jakim jest oferowanie jak najlepszego poziomu obsługi przy jak najniższych kosztach, wymaga tworzenia modeli związków przyczynowo-skutkowych i prowadzenia na nich eksperymentów<sup>65</sup>. Łańcuch dostaw, będąc nieliniową siecią pętli sprzężeń zwrotnych, których interakcje są głównym źródłem chaosu i złożoności, wymaga zrozumienia. Jedynie wówczas ogniwa łańcucha będą mogły radzić sobie ze złożonością i współzależnością. Eksperymenty pozwalają na symulowanie skutków potencjalnych decyzji i odpowiednie zarządzanie relacjami z partnerami wymiany. Są one formą powtarzalnego badania, realizowanego według określonego scenariusza. Jego celem jest empiryczna weryfikacja hipotez polegająca na pomiarze siły oddziaływania jednej lub kilku zmiennych niezależnych na badane zjawisko (zmienną zależną<sup>66</sup>). W obszarze logistyki badania eksperymentalne wykorzystywane są m.in. do określenia wpływu instrumentarium logistycznego na takie wielkości, jak udział w rynku czy obroty. Ponieważ wielkości te zależą także od innych czynników (np. ogólnoeconomicznych, konkurencyjnych), konieczne jest wyeliminowanie jak największej i ich części.

Badania eksperymentalne prowadzone są zazwyczaj na podstawie doboru dwóch grup respondentów, dwóch obszarów działania lub dwóch innych środowisk o możliwie podobnych cechach<sup>67</sup>. Badaniu podlega z reguły jedna grupa (tzw. eksperymentalna), druga (kontrolna) wykorzystywana jest do porównań. W sytuacji niemożności wyodrębnienia dwóch grup dokonuje się porównań stanu sprzed eksperymentu z tym zastanym po jego realizacji. Należy pamiętać, że struktura sprzężeń zwrotnych generuje wzorce zachowań odsunięte w czasie, a to powoduje trudności w znajdowaniu związków przyczynowo-skutkowych<sup>68</sup>.

Metody eksperymentalne możemy podzielić według kryterium czasu i otoczenia, w którym dokonuje się pomiarów. Zgodnie z kryterium czasu wyróżniamy eksperymenty<sup>69</sup>:

- projekcyjne – zjawisko obserwowane jest od momentu wprowadzenia zmiennej niezależnej aż do uzyskania efektów jej oddziaływania na zmienną zależną;

<sup>65</sup> Odbywają się w warunkach kontrolowanych.

<sup>66</sup> L. Berekoven, W. Ecker, P. Ellenrieder, *Marktforschung. Methodische Grundlagen und Praktische Anwendung*, Gabler, Wiesbaden 2006, s. 152 i n.

<sup>67</sup> E. Duliniec, *Badania...*, op. cit., s. 29.

<sup>68</sup> W. Kramarz, *Modelowanie symulacyjne sieci produkcyjnologicznej*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej” 2011, z. 56, s. 136 i n.

<sup>69</sup> H. Meffert, *Marketingforschung...*, op. cit., s. 208 i n.

- *ex post facto* – określenia zależności przyczynowych dokonuje się po wystąpieniu zmian między zmiennymi.

Ze względu na kryterium miejsca realizowania pomiaru wyróżniamy eksperymenty rynkowe realizowane w otoczeniu rzeczywistym i laboratoryjne, przeprowadzane w warunkach sztucznych<sup>70</sup>. Szczególną odmianą badań eksperymentalnych są badania symulacyjne, które umożliwiają weryfikowanie decyzji w warunkach zbliżonych do rzeczywistości. Pozwalają na bezkosztową obserwację efektów, jakie spowoduje decyzja. Badania symulacyjne mogą przybrać postać gry symulacyjnej, w której uczestniczy grono specjalistów i osób odpowiedzialnych za kształtowanie instrumentarium oddziaływania na nabywcę.

Badania eksperymentalne podlegają projektowaniu wyróżniamy eksperymenty z jedną zmienną zależną i wieloma zmiennymi niezależnymi oddziaływującymi równocześnie<sup>71</sup>. Wśród eksperymentów z jedną zmienną wyróżnić można<sup>72</sup>:

- quasi-eksperymenty – stwarzają relatywnie niewielkie szanse na ustalenie wpływu określonego czynnika na badane zjawisko,
- eksperymenty rzeczywiste – z dużym prawdopodobieństwem eliminują wpływ czynników niepożądanych na badane zjawisko (pomiar przed i po wprowadzeniu zmiennej),
- eksperymenty z serią pomiarów – zwiększają dokładność wyników i precyzyjność wnioskowania.

Eksperymenty z wieloma zmiennymi niezależnymi można podzielić na statystyczne i losowe<sup>73</sup>. W pierwszej grupie znajduje zastosowanie eksperyment w postaci kwadratu łacińskiego, pozwalający badać jednoczesny wpływ dwóch zmiennych na badane zjawisko oraz eksperyment w postaci modelu czynnikowego. Ten wykorzystywany jest w pomiarach wpływu dwu lub więcej zmiennych (przybierających różne wartości) na badane zjawisko. W grupie eksperymentów losowych znajdują się eksperymenty całkowicie losowe i losowo-warstwowe, wykorzystywane w przypadku grup charakteryzujących się znacznym zróżnicowaniem wewnętrznym.

Koncepcja eksperymentu w postaci kwadratu łacińskiego pozwala osobie przeprowadzającej eksperyment na jednoczesne kontrolowanie dwóch zmiennych ograniczających, dzięki którym uzyskuje się określony rozkład zmiennych niezależnych. Podstawowym ograniczeniem metody jest konieczność występowania takiej samej liczby wariantów w każdej zmiennej. Wówczas, rozważając ich rozkład, można brać

<sup>70</sup> P. Hamman, B. Erichson, *Marktforschung*, op. cit., s. 185 i n.

<sup>71</sup> Böcker F., Kieselbach B., *Formale Feldexperimente als Instrument der Absatzforschung*, Erlangen–Nürnberg 1974, s. 46.

<sup>72</sup> S. Kaczmarczyk, *Badania...*, op. cit., s. 293 i n.; S. Kauf, *Badania rynkowe w sferze...*, op. cit., s. 98 i n.

<sup>73</sup> Szerzej na temat eksperymentów statystycznych S. Kaczmarczyk, *Badania...*, op. cit., s. 300 i n., *Badania marketingowe...*, red. nauk. K. Mazurek-Łopacińska, op. cit., s. 143 i n.

pod uwagę macierz kwadratową. Zmienne, które powinny być niezależne, nie mogą przyjmować tych samych wartości w kolumnach ani w wierszach<sup>74</sup>. Przy takich założeniach kwadrat łaciński to tablica, w której wiersze stanowią grupy jednej zmiennej, a kolumny – drugiej. Dodatkowym założeniem w projektowaniu eksperymentu przy użyciu kwadratu łacińskiego jest to, że zmienne niezależne (w naszym przypadku ceny) nie powinny się powtarzać ani w wierszach, ani w kolumnach<sup>75</sup>. Aby zrozumieć ideę eksperymentu w formie kwadratu łacińskiego posłużmy się przykładem z rozdziału pierwszego, gdzie rozważaliśmy właściciela sieci sklepów składającego zamówienia na towar u chińskiego producenta. W eksperymencie tym można jednocześnie kontrolować kilka zmiennych jednocześnie: liczba klientów w sklepach (są 4 sklepy wyrażone popytem na 200, 300, 400 lub 500 sztuk towaru), ceny towaru (12, 10, 8, 6 zł<sup>76</sup>) oraz okresu analizy (I, II, III, IV kwartał roku kalendarzowego). Mając trzy zmienne po cztery warianty każda należałoby przeprowadzić 64 pomiary, jednakże planując eksperyment metodą kwadratu łacińskiego, ilość ta zostaje zredukowana do 16 (tab. 2.9). Wszystkie możliwości dokonania pomiaru zwarte są w tabeli 2.9; jak łatwo zauważyć nie ma dwóch takich samych wariantów.

**Tabela 2.9.** Model eksperymentu w formie kwadratu łacińskiego

Sklep Kwartał	Sklep 1 (popyt na 200 szt.)	Sklep 2 (popyt na 300 szt.)	Sklep 3 (popyt na 400 szt.)	Sklep 4 (popyt na 500 szt.)
I kwartał	$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_4$
II kwartał	$p_2$	$p_3$	$p_4$	$p_1$
III kwartał	$p_3$	$p_4$	$p_1$	$p_2$
IV kwartał	$p_4$	$p_1$	$p_2$	$p_3$

Źródło: opracowanie własne na podstawie *Badania marketingowe*, red. K. Mazurek-Łopacińska, s. 145.

Kwadrat łaciński jest prostym sposobem na zaplanowanie eksperymentu w taki sposób, aby uwzględniając wszystkie możliwości, wykluczyć powtórzenia. Za wadę eksperymentu wielu uznaje to, że zmienne ograniczające muszą przyjmować taką

<sup>74</sup> Analogicznie do zasad sudoku, gdzie ani w wierszach, ani w kolumnach liczby nie mogą się powtarzać.

<sup>75</sup> S. Kaczmarczyk, *Badania marketingowe. Metody i techniki*, op. cit., s. 238 i n.

<sup>76</sup> W wersji pierwotnej w przykładzie w rozdziale pierwszym podane były tylko dwie ceny produktu, jednak aby zadośćuczynić wymogowi równej liczby wariantów na potrzeby kwadratu łacińskiego rozważać będziemy cztery poziomy cen.

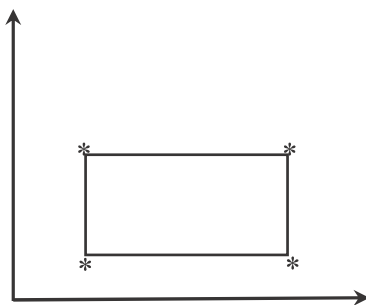
samą liczbę kategorii. Dodatkowo w modelu tym nie jesteśmy w stanie zbadać zachodzących interakcji między zmiennymi.

Eksperyment metodą czynnikaową polega na badaniu wpływu dwóch lub więcej czynników na analizowane zjawisko. Eksperyment taki pozwala na analizowanie każdej kombinacji czynników na badane zjawisko, np. wpływu tylko jednego bądź obu/kilku naraz. Liczba kombinacji uzależniona jest od liczby zmiennych niezależnych (czynników) i wynosi  $2^k$ , gdzie  $k$  oznacza liczbę czynników.

Czynniki, jako zmienne niezależne po dokonaniu standaryzacji<sup>77</sup> przyjmują dwie wartości: min i max, najczęściej oznaczane są przez „-1” i „+1” lub „-” i „+”. Rozpisanie wszystkich możliwości nazywa się pełnym projektem eksperymetu czynnikowego. Celem jest opracowanie planu eksperymetu, to znaczy określenie  $N$  zestawów  $K$  wartości. Każdy z tych zestawów użyty będzie w jednej z serii  $N$  doświadczeń wykonywanych w trakcie zaplanowanego eksperymetu. W takim ujęciu plan eksperymetu powinien określać nie tylko warunki wykonywania poszczególnych doświadczeń (zestaw zmiennych wejściowych), ale również ich liczbę.

W pełnym doświadczeniu czynnikowym na dwóch poziomach rozpatruje się takie zestawy wartości wejść, w których każdy czynnik występuje raz na poziomie „+1” i raz na poziomie „-1”. W przypadku dwóch zmiennych obszar badań jest prostokątem, a doświadczenia wykonujemy w jego wierzchołkach (rysunek 2.3).

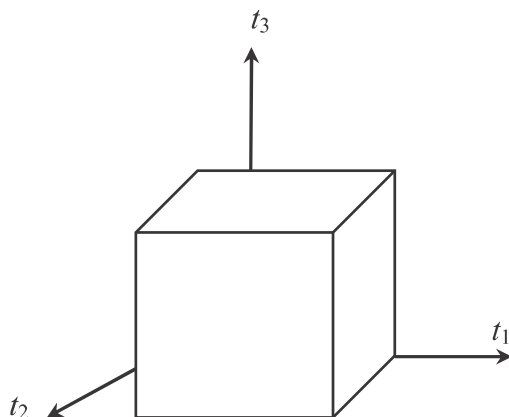
**Rysunek 2.3.** Plan całkowitego eksperymetu czynnikowego na dwóch poziomach dla dwóch zmiennych



Źródło: opracowanie własne na podstawie: [http://www2.fct.put.poznan.pl/MPE\\_Rozdzial3.pdf](http://www2.fct.put.poznan.pl/MPE_Rozdzial3.pdf).

W przypadku trzech zmiennych obszar badań jest sześcianem i eksperymety wykonujemy w wierzchołkach tego sześcianu (rysunek 2.4), w przypadku ogólnym będą to wierzchołki wielowymiarowej kostki.

<sup>77</sup> Standaryzacja omówiona w pozycji S. Kauf, A. Tłuczak, *Logistyka miasta i regionu...*, op. cit.

**Rysunek 2.4.** Plan całkowitego eksperymentu czynnikowego na dwóch poziomach dla trzech zmiennych

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [http://www2.fct.put.poznan.pl/MPE\\_Rozdzial3.pdf](http://www2.fct.put.poznan.pl/MPE_Rozdzial3.pdf).

Przedstawmy teraz prostotę eksperymentu za pomocą modelu czynnikowego na przykładzie dwóch czynników o dwóch poziomach. Taki eksperyment daje nam  $2^2$  możliwości (według wzoru:  $(\text{liczba poziomów})^{\text{liczba czynników}}$ ). Przypuśćmy, że zarządca centrum handlowego chce zbadać skłonność mieszkańców według płci (K, M) mieszkających na osiedlach A i B do robienia zakupów w jego centrum. Eksperyment przy użyciu modelu czynnikowego będzie składać się z analizy czterech możliwości: kobieta z osiedla A, kobieta z osiedla B, mężczyzna z osiedla A i mężczyzna z osiedla B. Każda kombinacja jest opisana przez inne poziomy analizowanych zmiennych (płeć K, M; osiedle A, B), kombinacje są różne od siebie, tzn. nie powtarzają się. Tabela 2.10 przedstawia plan eksperymentu czynnikowego typu  $2^2$ .

**Tabela 2.10.** Plan eksperymentu czynnikowego typu  $2^2$ 

Nr możliwości/kombinacji	Płeć (K→+, M→-)	Osiedle (A→+, B→-)
1	+	+
2	+	-
3	-	+
4	-	-

Źródło: opracowanie własne.



Dla porównania zobaczymy jak wygląda zapis planu eksperymentu dla trzech zmiennych (tab. 2.11), czyli eksperyment typu  $2^3$ . Zgodnie z przyjętą zasadą, w planie tym poszczególne zmienne niezależne przyjmują wartości na dwóch poziomach: górnym „+1” i dolnym „-1”. W interpretacji geometrycznej planu, poszczególne punkty doświadczalne stanowią wierzchołki jednostkowego sześcianu.

**Tabela 2.11.** Plan eksperymentu czynnikowego typu  $2^3$  (1)

Nr	$x_1$	$x_2$	$x_3$
1	+	+	+
2	-	+	+
3	+	-	+
4	-	-	+
5	+	+	-
6	-	+	-
7	+	-	-
8	-	-	-

Źródło: opracowanie własne.

Plany eksperymentów czynnikowych buduje się w sposób sekwencyjny, składając w odpowiedni sposób plany o stopniu niższym. I tak plan dla dwóch czynników, czyli typu  $2^2$  otrzymujemy składając dwa plany typu  $2^1$ , plan typu  $2^3$  otrzymujemy z dwóch planów typu  $2^2$ . Kolejne wyższe plany otrzymujemy analogicznie.

Najprostszym modelem, jaki może opisać badana zależność jest model liniowy będący wielomianem pierwszego stopnia:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_k) = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_k x_k \quad (2.13)$$

gdzie  $f(x_1, x_2, \dots, x_k)$  to odpowiedź wyznaczona w wyniku eksperymentu, zaś  $\alpha_i$  to parametry funkcji regresji oszacowane klasyczną metodą najmniejszych kwadratów ( $i = 1, 2, \dots, k$ ). W przypadku modelu czynnikowego badane są tylko efekty główne, jakie wywierają poszczególne zmienne niezależne na badane zjawisko. Zapis formalny eksperymentu czynnikowego zaprezentowanego w tabeli 2.11 przyjmie zatem postać:

$$f(x_1, x_2, x_3) = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3 \quad (2.14)$$

Przedstawiony równaniem 2.13 model jest tzw. modelem prostym bez interakcji. Uwzględniając interakcje pomiędzy zmiennymi plan eksperymentu czynnikowego przyjmie postać przedstawioną w tabeli 2.12.

**Tabela 2.12.** Pełny plan eksperymentu czynnikowego typu  $2^3(2)$

Nr	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1x_2$	$x_1x_3$	$x_2x_3$	$x_1x_2x_3$
1	–	–	–	+	+	+	–
2	–	–	+	+	–	–	+
3	–	+	–	–	+	–	+
4	–	+	+	–	–	+	–
5	+	–	–	–	–	+	+
6	+	–	+	–	+	–	–
7	+	+	–	+	–	–	–
8	+	+	+	+	+	+	+

Źródło: opracowanie własne.

Matematyczny zapis, jakim można opisać powyższy plan przybiera postać:

$$f(x_1, x_2, x_3) = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_{12}x_1x_2 + a_{23}x_2x_3 + a_{13}x_1x_3 + a_{123}x_1x_2x_3 \quad (2.15)$$

W modelu (2.15) występują interakcje między parami czynników (różni się on od modelu 2.14 obecnością iloczynów zmiennych). Uwzględniając wszystkie możliwe iloczyny czynników powstaje zależność zwana pełnym modelem liniowym.

Planując eksperyment za pomocą modelu czynnikowego można posłużyć się zapisem kodowym. W tym celu kolejne litery alfabetu A, B, ... przyporządkowuje się kolejnym kombinacjom. Uproszczony sposób planowania eksperymentu metodą czynnikową przeanalizujemy, wykorzystując ponownie przykład właściciela sieci sklepów z rozdziału pierwszego. Założmy, że ów właściciel chce zbadać preferencje klientów w zależności od pory roku (kwartały) i sklepu, w którym dokonują oni zakupów (sklep rozpatrywany jest poprzez wielkość popytu). Obie zmienne, jakie będziemy rozważać mają 4 warianty. Tabela 2.13 uwzględnia 16 różnych kombinacji pór roku i numeru sklepu (1–16). Eksperyment polega na tym, że każda preferencja odpowiadająca innej kombinacji pory roku i numeru sklepu była oceniana przez inną grupę osób. Badane osoby każdej kombinacji przypisywały ocenę od 1 do 5, a średnia otrzymana z tych ocen dawała każdej kombinacji wynik pomiaru.

**Tabela 2.13.** Model eksperymentu w postaci modelu czynnikowego

Kwartał \ Sklep	Sklep 1 (popyt na 200 szt.)	Sklep 2 (popyt na 300 szt.)	Sklep 3 (popyt na 400 szt.)	Sklep 4 (popyt na 500 szt.)
I kwartał	A	B	C	D
II kwartał	E	F	G	H
III kwartał	I	J	K	L
IV kwartał	M	N	O	P

Źródło: opracowanie własne na podstawie *Badania marketingowe*, red. K. Mazurek-Łopacińska, s. 145.

Badania eksperymentalne umożliwiają badanie krótkotrwałego wpływu zmiennej niezależnej na badane zjawisko. Pomiar oddziaływania długookresowego są utrudnione i nie przynoszą zamierzonych efektów. Nie przynoszą też wyników o wystarczającej szczegółowości, a występowanie czynników ubocznych jest często konsekwencją braku gotowości do współpracy partnerów w łańcuchu dostaw.

Do zestawu metod badawczych często stosowanych w obszarze logistyki i identyfikacji zależności między ogniwami łańcucha dostaw należą wywiady. Stanowią one specyficzną formę rozmowy, w trakcie której powstaje wiedza będąca efektem interakcji między badaczem a respondentem<sup>78</sup>. Wywiady dzielimy na indywidualne i grupowe.

Wśród wywiadów indywidualnych na szczególną uwagę zasługują wywiady głębinowe, polegające na całkowicie swobodnej rozmowie badacza z respondentem. Są oparte na scenariuszu rozmowy, pytaniach otwartych i nieformalnym sondowaniu; respondentowi pozostawia się całkowitą swobodę w zakresie treści i formy wypowiedzi. Istotną zasadą przy prowadzeniu wywiadu jest otwartość na nieoczekiwane informacje i elastyczne reagowanie badacza na potrzeby respondenta. Bardzo często czas trwania wywiadu jest nielimitowany i wymaga niezwyklej uwagi oraz skupienia badacza<sup>79</sup>. Rola prowadzącego badanie sprowadza się do uważnego śledzenia zawartych w wypowiedzi informacji oraz notowania lub nagrywania całego przebiegu seansu.

Uzupełnieniem wywiadu głębinowego jest wywiad zogniskowany, w trakcie którego uwaga respondenta koncentruje się na przedmiocie badania. Umożliwia to wyeliminowanie danych mało ważnych, niejasnych oraz wyeksponowanie i skonkretyzowanie

<sup>78</sup> S. Kvale, *Prowadzenie wywiadów*, PWN, Warszawa 2010, s. 19–20.

<sup>79</sup> R. Bieniada, *Metoda behawioralna w naukach europeistycznych*, [w:] *Studia europejskie. Zagadnienia metodologiczne*, red. nauk. A. Wojtaszczyk, W. Jakubowski, Wydawnictwa Akademickie i Profesjonalne, Warszawa 2010, s. 200.

informacji o znaczeniu podstawowym. Wywiady te istotne są np. w procesie projektowania produktów i identyfikacji ich charakterystyk istotnych dla klienta (np. oczekiwanego poziomu obsługi czy elastyczności dostaw).

Dużą popularnością cieszą się zogniskowane wywiady grupowe (tzw. fokusy), zorientowane na gromadzenie informacji w ramach tzw. pretestów czy badań o charakterze podstawowym. W trakcie badania prowadzone są dyskusje na zaplanowane z góry tematy (np. identyfikacja potrzeb aktualnych i przyszłych nabywców, efektywność poziomu obsługi klienta) w celu uzyskania informacji niezbędnych do rozwiązania problemu. Wywiad taki polega na jednoczesnym poddaniu badaniu homogenicznej grupy respondentów (ok. 6–12), którzy w trakcie dyskusji mogą się ze sobą kontaktować i komunikować. Osoba prowadząca wywiad pełni rolę moderatora, którego zadaniem jest wywoływanie i kontrolowanie dyskusji pomiędzy uczestnikami grupy. Celem wywiadu jest rejestrowanie zachowań związanych z badanym tematem, tzn. uzyskanie zróżnicowanych opinii<sup>80</sup>.

Dobór jednostek badawczych jest celowy, a na potrzeby jednego badania konstruuje się zazwyczaj kilka heterogenicznych względem siebie grup.

Szczególną odmianą wywiadu grupowego jest burza mózgów. Jest to nieskrępowana wymaganiami formalnymi dyskusja, mająca na celu wyłonienie najciekawszych pomysłów drogą wymiany intuicyjnych sądów<sup>81</sup>. Burza mózgów pozwala na identyfikację możliwych rozwiązań problemów oraz potencjalnych alternatyw doskonalenia np. poziomu obsługi klienta.

Odmianą wywiadu grupowego jest również metoda delficka<sup>82</sup> należąca do metod eksperckich, której celem jest długookresowe przewidywanie przyszłości. Stanowi ona formę asynchronicznej dyskusji grupowej na odległość. Jest ustrukturalizowaną formą procesu komunikacji grupowej, której celem jest zapewnienie skuteczności działania niezależnych osób, jako całość dążących do rozwiązania kompleksowego problemu<sup>83</sup>. Metoda delficka polega na starannym przygotowaniu serii powtarzanych badań ankietowych adresowanych do grupy niepracujących razem ekspertów z różnych dziedzin. Przy zastosowaniu specjalnej procedury postępowania, w drodze

---

<sup>80</sup> J. Lisek-Michalska, P. Daniłowicz, *Fokus – zogniskowany wywiad grupowy. Zarys metody*, [w:] *Zogniskowany wywiad grupowy. Studia nad metodą*, red. nauk J. Lisek-Michalska, P. Daniłowicz, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2004, s. 14.

<sup>81</sup> M. Urbaniak, *Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka*, Difin, Warszawa 2004, s. 306 i n.; S. Mynarski, *Analiza rynku. Problemy i metody*, Warszawa 1987, s. 189 i n.

<sup>82</sup> H. Bieniok et al., *Metody sprawnego zarządzania*, Warszawa 2004, s. 60; W. Kroeber-Riel, B. Neibecker, *Konsumentenemotionen. Messung durch Computergestützte Verfahren – eine empirische Validierung nicht verbale Methoden*, Physica, Würzburg 1985, s. 136.

<sup>83</sup> M. Matejun, *Metoda delficka w naukach o zarządzaniu*, [w:] *Zarządzanie w regionie. Teoria i praktyka*, red. nauk. E. Kuczmera-Ludwicyńska, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2012, s. 175.

wzajemnych interakcji uzgadniane są indywidualne poglądy ekspertów<sup>84</sup>. Metoda ta charakteryzuje się niezależnością opinii ekspertów, anonimowością wypowiedzianych sądów, wieloetapowością postępowania oraz dążeniem do uzgadniania i sumowania opinii uczestników<sup>85</sup>. Zastosowanie metody delfickiej jest szczególnie uzasadnione w obszarze logistyki, który cechuje się dużą dynamiką i niepewnością funkcjonowania<sup>86</sup>. W tym obszarze bodaj najtrudniejsze jest sformułowanie prognoz dotyczących zasadniczych kierunków zmian oraz ich dynamiki. Zasadność zastosowania metody delfickiej wynika z nieprzydatności osiągalnych danych do rozwiązania problemu, braku lub niedostatecznej liczby odpowiednich informacji oraz ograniczeń czasowych lub kosztowych związanych z zebraniem danych.

Jedną z najpopularniejszych technik badawczych stanowi ankieta. Zakres przedmiotowy gromadzonych za jej pomocą danych jest bardzo szeroki. Podstawowym problemem decyzyjnym badań ankietowych jest sformułowanie celów, tzn. określenie i jakości informacji, które należy pozyskać oraz zdefiniowanie populacji generalnej. Istotny jest także sposób realizacji badania, czyli wybór próby badawczej, formy oraz taktyki badania. Badania ankietowe stosuje się w celu szybkiego przebadania dużych zbiorowości<sup>87</sup>. Można je określić jako technikę pośredniego gromadzenia informacji<sup>88</sup>, polegającą na zaplanowanym wypytywaniu badanego.

Ankieta należy do badań skategoryzowanych, tzn. precyzyjnie określonych przez zespół wytycznych i sposobów postępowania właściwych określonemu badaniu. Ankieta jest narzędziem badawczym o dużym stopniu standaryzacji. Jest zbiorem celowo zaprojektowanych i odpowiednio ułożonych pytań. Technika gromadzenia informacji polega na samodzielnym, dobrowolnym i świadomym wypełnianiu kwestionariusza przez ankietowanego (respondenta).

Badania ankietowe możemy podzielić ze względu na sposób udzielania odpowiedzi i docierania do respondentów. W pierwszym przypadku mamy do czynienia z ankietami jawnymi i anonimowymi. Klasyfikacja ankiet uwzględniająca sposób rozdawania kwestionariuszy ankietowych pozwala zaś wyodrębnić ankiety<sup>89</sup>: środowiskowe, audytoryjne, prasowe, telefoniczne, pocztowe, internetowe i rozdawane.

Istotą ankiety jest zadanie pytania, które powinno pobudzić świadomość respondenta i skłonić go do udzielenia odpowiedzi. Jej zaletą jest uproszczenie zapisywania danych,

---

<sup>84</sup> Poprzez informowanie respondentów o wynikach poprzedniej ankiety.

<sup>85</sup> M. Cieślak, *Prognozowanie gospodarcze. Metody i zastosowania*, PWN, Warszawa 2002, s. 165.

<sup>86</sup> D.R. McDermott, J.R. Stock, *An Application of the Project Delphi Forecasting Method to Logistics Management*, „Journal of Business Logistics” 1980, vol. 2, nr 1, s. 3.

<sup>87</sup> J. Sztumski, *Wstęp do metod i technik badań społecznych*, Śląsk Wydawnictwo Naukowe, Katowice, 2005.

<sup>88</sup> M. Łobocki, *Wprowadzenie do metodologii badań pedagogicznych*, Oficyna Wydawnicza Impuls, Kraków 2007.

<sup>89</sup> Szerzej S. Kauf, A. Tłuczak, *Metody i techniki...*, op. cit., s. 27.

ułatwienie pracy ankietera oraz opracowania wyników. Do wad zaliczamy możliwość dotarcia jedynie do tych grup respondentów, których znane są adresy zamieszkania, przebadania grup incydentalnych bądź celowych. Znacznym ograniczeniem jest niewielka responsywność<sup>90</sup> badania, ograniczoność możliwych do zadania pytań oraz trudności w określeniu stopnia samodzielności odpowiedzi. Zgromadzone tą drogą mają walor informujący, a nie wyjaśniający, a zebrane dane opierają się na werbalnych zachowaniach respondentów, nie zawsze odzwierciedlających stan rzeczywisty.

Podstawą badań ankietowych, podobnie jak wywiadów ustrukturyzowanych, a także często obserwacji i eksperymentów jest kwestionariusz<sup>91</sup>. Powinien on motywować respondenta do rzetelnego udzielania odpowiedzi. S. Nowak definiuje kwestionariusz jako zbiór uprzednio przygotowanych i podporządkowanych badaniu pytań<sup>92</sup>, zapisanych w określony sposób na kartkach papieru lub w innej formie w celu wywołania żądanych odpowiedzi<sup>93</sup>.

Budowę kwestionariusza należy rozpocząć od sporządzenia rozwiniętej listy potrzebnych informacji, uwzględniających wytyczne i decyzje podjęte w trakcie projektowania badania. Już na tym etapie niezbędne jest zgromadzenie informacji pozwalających sformułować hipotezy. Te zwiększają trafność badania, są pomocne we właściwym sformułowaniu pytań, przyczyniają się do zdefiniowania rodzaju i źródeł niezbędnych danych. Hipoteza to wymagające udowodnienia szczegółowe zdanie oznajmujące<sup>94</sup>, sprawdzalne oczekiwaniem wobec rzeczywistości i wynikające z ogólniejszej tezy<sup>95</sup>. Hipotezy można tworzyć na podstawie hipotetycznych wniosków wysuwanych z istniejących teorii, poprzez uogólnienie zebranych danych i w oparciu o doświadczenia oraz własne domysły<sup>96</sup>.

Przygotowując kwestionariusz ankiety niezbędne jest precyzyjne określenie struktury, definiowanej przez populację generalną obiektu oraz formy pomiaru (np. wywiad), determinującej szczegółowość i wizualizację ankiety<sup>97</sup>. W kolejności opracowuje się wstępną listę wyskalowanych pytań, podlegającą sprawdzeniu pod kątem poprawności sformułowania pytań, zastosowanego słownictwa czy skal. Pierwszego sprawdzenia polegającego na dogłębnej analizie każdego pytania i odpowiedzi dokonuje osoba sporządzająca kwestionariusz. Kolejnej weryfikacji dokonują osoby trzecie,

<sup>90</sup> Stopa zwrotności ankiet.

<sup>91</sup> A.N. Oppenheim, *Kwestionariusze, wywiady, pomiary postaw*, Zysk i S-ka, Warszawa 2004.

<sup>92</sup> S. Nowak, *Metody badań socjologicznych*, PWN, Warszawa 1965, s. 66.

<sup>93</sup> S. Kaczmarczyk, *Badania marketingowe. Metody i techniki*, PWE, Warszawa 2003, s. 123.

<sup>94</sup> Hipoteza różni się od tezy mniejszą ogólnością stosowania.

<sup>95</sup> E. Babbie, *Badania społeczne w praktyce*, PWN, Warszawa 2007, s. 56.

<sup>96</sup> J. Sztumski, op. cit., s. 55.

<sup>97</sup> Np. kwestionariusz, który wypełniany jest bez udziału ankietera powinien być bardziej rozbudowany i precyzyjniej sformułowany niż przy współudziale osoby badającej, która może wyjaśnić wszelkie wątpliwości respondenta.



niebiorące udziału w konstrukcji kwestionariusza (teoretycy, praktycy z doświadczeniem w projektowaniu instrumentów pomiarowych). W konsekwencji powstaje kwestionariusz próbny, testowany w badaniu pilotażowym<sup>98</sup>.

Każdy fragment kwestionariusza winien być celowy, tzn. nie zawierać pytań zbędnych (chyba że istnieje uzasadnienie – np. chęć ukrycia celu badania, uzyskanie odpowiedzi na pytanie drażliwe)<sup>99</sup>. Ważna jest zdolność i skłonność respondenta do udzielenia odpowiedzi, jej brak może być źródłem błędów. Jednym ze sposobów ich minimalizacji jest metoda losowanych odpowiedzi, polegająca na prezentacji respondentom dwóch pytań: kontrowersyjnego i neutralnego. Respondent losowo wybiera pytanie, na które nie znając jego treści, odpowiada (tak, nie). Liczba odpowiadających twierdząco na pytanie kontrowersyjne szacowana jest wzorem<sup>100</sup>:

$$\Pi_A = \frac{\lambda - (1 - P)\Pi_B}{P} \quad (2.16)$$

gdzie:

$\Pi_A$  – proporcja odpowiedzi twierdzących na pytanie kontrowersyjne;

$\lambda$  – proporcja odpowiedzi twierdzących na obydwa pytania;

$P$  – prawdopodobieństwo wyboru pytania kontrowersyjnego;

$\Pi_B$  – proporcja odpowiedzi twierdzących na pytanie neutralne.

Pytania w kwestionariuszu powinny być zrozumiałe, a złożoność zagadnień wymaga opracowania krótkich, jasnych i rzeczowych instrukcji<sup>101</sup>. Ważny jest dobór odpowiedniego słownictwa, unikanie sugestywności i emocjonalności w zdaniu, a to wymaga dostosowania do grupy odniesienia (np. dzieci, dorosłych). Istotna jest forma gramatyczna i stylistyczna; niewłaściwa może prowadzić do niepoprawnych wyników i wnioskowania. Na jakość odpowiedzi wpływa również kolejność pytań, stale wzbudzająca zainteresowanie i stopniowo dążąca do wyczerpania tematu<sup>102</sup>. Dla weryfikacji poprawności odpowiedzi stosuje się pytania sprawdzające.

Pytania kwestionariuszowe dzielimy na dwie grupy: merytoryczne, związane z podstawowym celem i przedmiotem badania oraz klasyfikacyjne, charakteryzujące osobę

---

<sup>98</sup> Pomiar próbny przeprowadza się zazwyczaj na części wybranej próby badawczej, w praktyce pomiar próbny przeprowadza się z reguły na grupie 12 do 30 jednostek.

<sup>99</sup> W. Möhring, D. Schlütz, *Die Befragung in der Medien- und Kommunikationswissenschaft: Eine praxisorientierte Einführung*, Springer, Wiesbaden 2010, s. 483 i n.

<sup>100</sup> S. Kaczmarczyk, *Badania...*, op.cit., s. 132 i n.

<sup>101</sup> Szerzej S. Kauf, A. Tuczak, *Metody i techniki...*, op. cit., s. 33 i n.

<sup>102</sup> L. Berekoven, W. Eckert, P. Ellenrieder, *Marktforschung. Methodische Grundlagen und praktische Anwendung*, Gabler, Wiesbaden 2008, s. 105 i n.



respondenta<sup>103</sup>. Dzięki nim uzyskujemy informacje o zróżnicowaniu (lub jego braku) preferencji respondentów. Wśród pytań merytorycznych wyróżniamy dotyczące:

- zachowań – pozwalają m.in. ustalić bieżącą i potencjalną pozycję produktu na rynku oraz schematy zachowań rynkowych;
- postaw – identyfikują poglądy, opinie i wyobrażenia nabywców na dany temat.

Pytania merytoryczne przyjmować mogą wiele form. Najczęściej rozróżnia się pytania bezpośrednie, wymagające otwartej odpowiedzi respondenta na temat swoich preferencji/zachowań i pośrednie, ukrywające cel badania. Te bazują na projekcji osobowości<sup>104</sup>, tzn. identyfikacji motywów postępowania za pośrednictwem osób trzecich. Wyróżniamy również pytania otwarte, pozostawiające respondentowi pełną swobodę udzielenia odpowiedzi, i zamknięte. Najprostszą formą pytania zamkniętego jest alternatywa, która daje możliwość udzielenia tylko jednej z dwóch odpowiedzi (tak, nie). Inną formą jest kafeteria, podająca listę możliwych wariantów odpowiedzi. Wyróżniamy kafeterię<sup>105</sup>:

- zamkniętą – wybór tylko spośród podanych alternatyw;
- zamkniętą dysjunktywną – wybór tylko jednego wariantu odpowiedzi;
- zamkniętą koniunktywną – możliwość wyboru kilku odpowiedzi;
- półotwartą – możliwość wyboru wariantu odpowiedzi lub wygłoszenie własnej opinii.

W kwestionariuszu mogą być zawarte także m.in. fragmenty dialogów, opowiadań, obrazków czy fotografii, które respondent ma skomentować i się do nich ustosunkować.

Dla wyniku końcowego korzystne jest równoczesne stosowanie kilku metod badawczych. Wówczas uzyskuje się bardziej wszechstronne, wiarygodne naświetlenie problemu i unika niebezpieczeństwa jednostronności. Na równoczesne zastosowanie wielu metod badawczych pozwala *case study*. Polega na metodycznie uporządkowanym przedstawieniu całego procesu zarządzania, stanowi ogniwo łączące szczegółową analizę danych empirycznych z modelami teoretycznymi. W ramach *case study* stosuje się: analizę dokumentów źródłowych (wewnętrznych, zewnętrznych), wywiady osobiste, obserwacje i kwestionariusze, a uzyskane z pomiaru dane mogą mieć charakter ilościowy i jakościowy<sup>106</sup>. Metoda *case study* pozwala na dwukierunkowy sposób uogólnień<sup>107</sup>:

<sup>103</sup> Do najczęściej stosowanych charakterystyk respondenta zaliczamy m.in.: płeć, wiek, wykonywany zawód, dochód, poziom wykształcenia, miejsce zamieszkania, stan cywilny, wielkość gospodarstwa domowego, skład osobowy rodziny.

<sup>104</sup> Projekcja osobowości to przypisywanie innym własnych poglądów, zachowań lub cech.

<sup>105</sup> R. Porst, *Fragebogen – Ein Arbeitsbuch*, Gabler, Wiesbaden 2009, s. 185.

<sup>106</sup> Z. Jaworowska-Oblój, *Studium przypadku jako metoda diagnozy klinicznej*, [w:] *Metody badań psychologicznych*, t. 4, red. nauk. L. Wołoszynowa, PWN, Warszawa 1968.

<sup>107</sup> B. Hillebrandt, R.A. Kok, W.G. Biemans, *Theory – Testing Using Case Studies*, „Industrial Marketing Management” 2001, Vol. 30, s. 652.

1. tradycyjny – przewidywanie wyników dla określonej grupy przypadków i sprawdzanie ich zgodności z budowaną teorią;
2. teoretyczny – poszukiwanie logicznych przyczyn występowania zależności, tzn. logicznych dowodów na poparcie uzyskanych wyników statystycznych.

Metoda ta, pomimo iż uważana jest za słabą i o niewystarczającej precyzji, znajduje coraz szersze zastosowanie w naukach o zarządzaniu. Wydaje się ona być zgodna z quasi-empirycznym podejściem do prowadzenia badań, w którym głównym wzorcem krytycznej oceny jest proliferacja<sup>108</sup> i falsyfikacja<sup>109</sup>.

Zaprezentowane, wybrane metody gromadzenia danych pierwotnych znajdują zastosowanie w realizacji funkcji poznawczej i projekcyjnej zarządzania logistycznego. Pozwalają na uzyskanie odpowiedzi na pytanie: jak jest, jak powinno być i jakie rozwiązanie jest najkorzystniejsze? Dzięki nim łatwiej jest zrozumieć rzeczywistość i podjąć trafne decyzje logistyczne.

---

<sup>108</sup> Proliferacja postuluje formułowanie jak największej liczby alternatywnych teorii lub hipotez względem obowiązującego ujęcia.

<sup>109</sup> I. Lakatos, *Renesans empiryzmu we współczesnej filozofii matematyki?*, [w:] *Współczesna filozofia matematyki*, red. nauk. R. Murawski, PWN, Warszawa 2002, s. 225.