

IDŹ DO

PRZYKŁADOWY ROZDZIAŁ

SPIS TREŚCI

KATALOG KSIĄŻEK

KATALOG ONLINE

ZAMÓW DRUKOWANY KATALOG

TWÓJ KOSZYK

DODAJ DO KOSZYKA

CENNIK I INFORMACJE

ZAMÓW INFORMACJE
O NOWOŚCIACH

ZAMÓW CENNIK

CZYTELNIA

FRAGMENTY KSIĄŻEK ONLINE

Wspomaganie zarządzania projektami informatycznymi. Poradnik dla menedżerów

Autor: Kazimierz Waćkowski, Jacek Chmielewski

ISBN: 978-83-246-0747-1

Format: B5, stron: 448



Kompletny przewodnik po procesie realizacji przedsięwzięć informatycznych

- Poznaj skuteczne metody zarządzania projektami
- Naucz się realistycznie planować przebieg przedsięwzięć
- Zapewnij sukces własnym projektom informatycznym

Czy potrafisz wskazać udaną informatyzację na wielką skalę? A nieudaną? Na pewno w tym drugim przypadku przyszło Ci na myśl o wiele więcej organizacji. Z badań wynika, że zaledwie 30 procent przedsięwzięć informatycznych kończy się pełnym sukcesem, a pozostała część kończy się albo przekroczeniem terminu i budżetu, albo niepełną realizacją oczekiwanej funkcjonalności, albo nawet całkowitym niepowodzeniem i odstąpieniem od realizacji. Co możesz zrobić, aby Twoje projekty znalazły się w tej pierwszej grupie?

Dzięki tej książce poznasz skuteczne i sprawdzone metody realizacji przedsięwzięć informatycznych. Dowiesz się, jakie są najczęściej spotykane przyczyny niepowodzeń projektów oraz jak ich uniknąć, a także jakie zadania stoją przed kierownikiem projektu, który chce sprawnie zarządzać realizacją zadań. Nauczysz się przeprowadzać analizę potrzeb biznesowych oraz tworzyć budżet i harmonogram prac, co zwiększy szansę na udane zakończenie Twoich projektów. W poradniku omówiono m.in. następujące zagadnienia:

- Metodyki i metodologie prowadzenia projektów
- Zadania kierownika projektu
- Analiza strategii firmy i definiowanie wymagań
- Szacowanie ryzyka oraz kosztów i zysków
- Przygotowywanie harmonogramu
- Zarządzanie projektem przy użyciu programu MS Project
- Słownik specjalistycznych pojęć i skrótów

Nie pozwól, aby projekty wyrwały Ci się spod kontroli

Spis treści

Wstęp	5
Rozdział 1. Ogólne informacje o projektach	15
1.1. Co to jest projekt?	15
1.2. Przyczyny niepowodzeń wielu przedsięwzięć informatycznych	16
1.3. Zarządzanie projektem	18
1.4. Rola kierownika projektu	20
Rozdział 2. Na początku zawsze jest potrzeba	27
2.1. Wprowadzenie do transformacji przedsiębiorstw	27
2.2. Transformacja przedsiębiorstwa jako generator potrzeb biznesowych (w tym informatyzacyjnych)	29
2.3. Rola inżynierii systemowej i informacyjnej	61
2.4. Analiza strategii biznesu	67
2.5. Ocena ryzyka projektu	165
Rozdział 3. Budżetowanie i określenie efektywności projektu	173
3.1. Szacowanie kosztów	173
3.2. Analiza kosztów i oszczędności	175
3.3. Przykład zastosowania MS Excel 2003 do kalkulacji kosztów i transz płatności przedsięwzięcia informatycznego	175
3.4. Ocena efektywności przedsięwzięcia (inwestycji)	177
3.5. Prognozowanie	192
3.6. Zastosowanie MS Excel do wyznaczania predykcji regresji i prognozowania trendów	193
3.7. Zastosowanie MS Excel do programowania liniowego	231
Rozdział 4. Harmonogramowanie projektu — narzędzia kierownika projektu wspomagające zarządzanie przedsięwzięciami	239
4.1. Narzędzia informatyczne wspomagające zarządzanie projektami	241
4.2. MS Project narzędziem kierownika projektu	242
4.3. Definiowanie podstawowych informacji	246
Rozdział 5. Zarys metodyk stosowanych do zarządzania przedsięwzięciami informatycznymi	335
5.1. Skrócony słownik pojęć użytych w tym rozdziale	336
5.2. Zarys metodyki (metodologii) projektowania strategii biznesu Business Engineering firmy Computer Science Corporation stosowanej do kompleksowej informatyzacji przedsiębiorstwa	337
5.3. Zarys metodyki zarządzania projektami PROMPT	356

	5.4. Zarys metodyki PRINCE 2	359
	5.5. Zarys metodyki Enterprise Project Management (EPM)	398
	5.6. Informacja o metodyce Zarządzanie Cyklem Życia Projektu (PCM)	405
	Podsumowanie	407
Dodatek A	Słownik i użyte skróty	411
Dodatek B	Literatura	419
Dodatek C	Załącznik	427
	Skorowidz	431

Rozdział 3.

Budżetowanie i określenie efektywności projektu

3.1. Szacowanie kosztów

Na bardzo ogólnym poziomie koszty projektu są szacowane poprzez spojrzenie na koszty robocizny i na pozycje niezwiązane z opłacaniem pracy. Koszt robocizny jest ustalany na podstawie liczby godzin zatrudnienia każdej osoby przy projekcie i przemnożenia jej przez koszt jednej godziny pracy. W wielu przedsiębiorstwach przyjmowany jest zerowy koszt robocizny pracowników własnych, ponieważ koszt ich zatrudnienia jest już uwzględniony w budżecie właściwego działu. To nie oznacza jednak, że tych kosztów nie ma. Jest to raczej założenie, że nie występują dodatkowe koszty robocizny poza tymi, które już są płacone przez firmę. Jeżeli wyliczono przybliżony godzinowy koszt przypadający na pracownika, to kwota ta może (lub nie) zawierać zysk. W niektórych firmach zyski wypracowywane przez pracownika są dodawane do oszacowania kosztów całego projektu. W innych ta pozycja nie jest uwzględniana w kosztach. Jeżeli chce się włączyć zysk do kosztów, zazwyczaj jest on wyliczany jako stały procent kosztów godzinowych. Jeżeli zatrudniono pracowników spoza firmy lub pracowników konsultingowych, ich koszty zawsze muszą być obliczone i uwzględnione w budżecie. Kierownik projektu musi ustalić, jakich osób spoza firmy będzie potrzebował oraz ich godzinowe stawki. Następnie należy pomnożyć te czynniki, by otrzymać koszt całkowity na osobę. Przed zawarciem umowy nikt nie jest pewny, ile wynosi rzeczywisty koszt zatrudnienia jakiejś osoby z zewnątrz. W celu oszacowania tych kosztów powinno się przyjąć najczęściej stosowane stawki w przypadku zatrudniania takich osób. Na przykład może to być standardowy koszt roboczogodziny dla pracowników, kontrahentów księgowych lub programistów. Jeżeli na tym etapie nie wiadomo, czy projekt będzie wymagał zatrudnienia osób spoza firmy, można sporządzić podstawowe założenia dotyczące ekipy i udokumentować je.

Koszty niezwiązane z robocizną obejmują wszelkie koszty niełączące się bezpośrednio z wynagrodzeniem i kosztami kontrahenta. (Mogą to być też pośrednie pozycje, takie jak podróże czy szkolenia). Te koszty zawierają:

- ◆ sprzęt komputerowy i oprogramowanie;
- ◆ wydatki związane z podróżami, konferencjami;
- ◆ szkolenia;
- ◆ integrację zespołu;
- ◆ udogodnienia;
- ◆ wyposażenie;
- ◆ materiały i dostawy;
- ◆ transport itp.

Oszacowaniu podlegają koszty stałe i zmienne projektu. Koszty zmienne to takie, które zmieniają się w zależności od tego, ile jednostek nakładu będzie zużytych. Oczwistym kosztem zmiennym projektu są kontrakty pracy oraz, w mniejszym stopniu, robocizna pracowników wewnętrznych. Im więcej roboczogodzin potrzeba na realizację zadania przez kontrahenta lub konsultanta, tym większy będzie koszt dla projektu. Koszty często zależą także od własnych określonych zasobów ludzkich. Koszt pracownika własnego może wynosić 50 zł na godzinę (plus zyski), podczas kiedy koszt podobnego rodzaju pracownika kontraktowego może wynieść 90 zł na godzinę.

Koszty stałe to takie, które są niezmiennie dla projektu bez względu na użyte zasoby. Na przykład w przypadku budowy domu koszt budulca i betonu będzie ustalony, jak tylko zostanie uzgodniony projekt techniczny. Jeżeli część projektu zostanie zlecona stronie trzeciej za ustaloną cenę, staje się ona także kosztem stałym (niezależnie czy projekt trwa dłużej czy krócej, niż jest to przewidziane, jego koszt nie może przekroczyć ustalonych kosztów stałych).

Nigdy nie pozna się wszystkich szczegółów projektu przed jego rozpoczęciem. Dlatego ważne jest, aby dokumentować wszystkie założenia, które zostały przyjęte podczas szacowania kosztów.

Na rynku dostępnych jest już wiele narzędzi wspomagających pracę kierownika projektu. O ile narzędzia te ułatwiają w znacznym stopniu szacowanie kosztów robocizny i materiałów potrzebnych do realizacji przedsięwzięcia, o tyle ich funkcjonalność w zakresie rozliczeń finansowych jest niedostateczna. Nie są one w stanie sprostać wszystkim potrzebom kierownika projektu, szczególnie w aspekcie kontroli finansów przedsięwzięcia i analizy trendów. Poza obliczeniem i śledzeniem kosztów kierownik projektu musi obserwować realizację umów z wykonawcami zewnętrznymi, terminowość pozyskiwania funduszy od inwestorów oraz terminowość płatności, czyli musi bezbłędnie rozliczać się z budżetu, którym dysponuje. W tym zakresie arkusz kalkulacyjny nadal pozostaje niezbędnym i podstawowym narzędziem kierownika projektu.

Różne są formy finansowania przedsięwzięć. Zależą one od wielkości firmy, rodzaju jej działalności, wielkości projektu, rodzaju przedsięwzięcia i wielu innych czynników.

Poniżej na rysunku 3.1 przedstawiono przykład arkusza kalkulacyjnego uwzględniającego terminy, kwoty i sposób finansowej obsługi przedsięwzięcia informatycznego realizowanego w latach 2005 – 2007 w Polskim Komitecie Normalizacyjnym.

3.2. Analiza kosztów i oszczędności

Analiza obiektów, funkcji, procesów, problemów i ich rozwiązań przeprowadzana w ramach przedsięwzięcia umożliwia, we wczesnym stadium projektu, wykonanie wstępnego zestawienia korzyści wynikających z wdrożenia w przedsiębiorstwie proponowanych rozwiązań.

Znacznie łatwiej opracowuje się efekty o charakterze jakościowym niż zestawienie ilościowe (zawsze mile widziane przez zleceniodawców) pt.: „Szacunkowe (przybliżone) koszty i oszczędności”.

W poniższym przykładzie 3.1. prezentujemy właśnie takie zestawienie.

Przykład 3.1

Zestawienia kosztów i oszczędności (wynikających z zastosowania proponowanych rozwiązań) dla Przedsiębiorstwa X podzielono na dwie części: sprzedaż i zysk — patrz rysunek 3.2.

3.3. Przykład zastosowania MS Excel 2003 do kalkulacji kosztów i transz płatności przedsięwzięcia informatycznego

W większości firm procesy planowania, prognozowania i budżetowania opierają się przede wszystkim na wiedzy specjalistów i rozwiązaniach wykorzystujących Microsoft Excel. Ten arkusz kalkulacyjny ma wiele zalet. Zapewnia odpowiednią elastyczność, która pozwala na dokonywanie nawet najbardziej skomplikowanych analiz. Poniżej na rysunkach 3.3 i 3.4 zaprezentowano przykład rzeczywistego przedsięwzięcia informatycznego realizowanego w Polskim Komitecie Normalizacyjnym pod nazwą Portal e-Norma.

Do informatycznego wspomaganie zarządzania tym projektem zastosowano MS Project 2003 oraz MS Excel 2003. Harmonogramowi projektu — wykres Gantta — odpowiada arkusz rozliczeń finansowych sporządzony w Excelu.

[illegible]

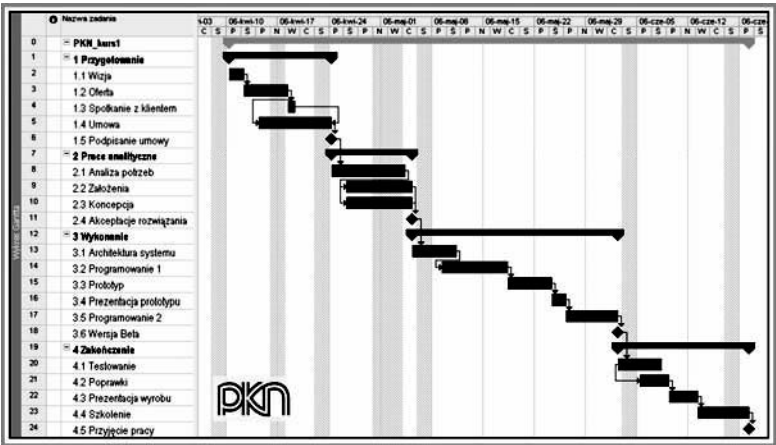
Rysunek 3.1. Przykład kalkulacji sporządzonej w MS Excel obrotu finansowego przedsięwzięcia zsynchronizowanego z terminami realizacji poszczególnych grup zadań

Rysunek 3.2.
Oszacowanie efektów kompleksowej informatyzacji przedsiębiorstwa — przykład

ZESTAWIENIE OCZEKIWANYCH EFEKTÓW		
1. SPRZEDAŻ		
— redukcja administracji; zwiększenie czasu przeznaczonego na sprzedaż	35%	
— udoskonalona obsługa dostaw	30%	
— lepsza obsługa i opinia	45%	
— udoskonalone techniki obsługi zasobów finansowych	3%	
— właściwy zapas, właściwe miejsce, właściwy czas	25%	
— dobrze wykształceni, zadowoleni pracownicy	25%	
OGÓLNY OCZEKIWANY WZROST SPRZEDAŻY	163%	
2. ZYSK		
— bardziej precyzyjny i udoskonalony system informowania kierownictwa	3%	
— lepsza kontrola płatności	1%	
— zmniejszenie zapasów nieprawidłowych	3%	
OGÓLNY WZROST ZYSKU	7%	

Źródło: opracowanie własne

Rysunek 3.3.
Przykład rzeczywistego ogólnego harmonogramu przedsięwzięcia, którego finansowanie wspomaga przedstawiony na rysunku 3.4 arkusz MS Excel



3.4. Ocena efektywności przedsięwzięcia (inwestycji)

Opisane w tym rozdziale wskaźniki są istotne przy ocenie atrakcyjności inwestycyjnej projektu. Szczególnie ważne jest ich obliczenie przy projektach o charakterze konkurencyjnym w stosunku do siebie, kiedy spośród kilku możliwości należy wybrać najlepszą.

Rysunek 3.4.

*Przykład
rzeczywistego
rozliczenia
finansowego
przedsięwzięcia,
sporządzonego
w arkuszu
kalkulacyjnym
MS Excel*

Lp	Nazwa zadania	2006											
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			
1.	Opracowanie projektu systemu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
2.	Budowa bazy danych	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
3.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
4.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
5.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
6.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
7.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
8.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
9.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
10.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
11.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
12.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
13.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
14.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
15.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
16.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
17.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
18.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
19.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
20.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
21.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
22.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
23.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
24.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
25.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
26.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
27.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
28.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
29.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
30.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
31.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
32.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
33.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
34.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
35.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
36.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
37.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
38.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
39.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
40.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
41.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
42.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
43.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
44.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
45.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
46.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
47.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
48.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
49.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
50.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
51.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
52.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
53.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
54.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
55.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
56.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
57.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
58.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
59.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
60.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
61.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
62.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
63.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
64.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
65.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
66.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
67.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
68.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
69.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
70.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
71.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
72.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
73.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
74.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
75.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
76.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
77.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
78.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
79.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
80.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
81.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
82.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
83.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
84.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
85.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
86.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
87.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
88.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
89.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
90.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
91.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
92.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
93.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
94.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
95.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
96.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
97.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
98.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
99.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
100.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
101.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
102.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
103.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
104.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
105.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
106.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
107.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
108.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
109.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
110.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
111.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
112.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
113.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
114.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
115.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
116.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
117.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
118.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
119.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
120.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
121.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
122.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
123.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
124.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
125.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
126.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
127.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
128.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
129.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
130.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
131.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
132.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
133.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
134.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
135.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
136.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
137.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
138.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
139.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
140.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
141.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
142.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
143.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
144.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
145.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
146.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
147.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
148.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
149.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
150.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
151.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
152.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
153.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
154.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
155.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
156.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
157.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
158.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
159.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
160.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
161.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
162.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
163.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
164.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
165.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
166.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
167.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
168.	Budowa systemu zintegrowanego	-	-	-	-								

Efektywność przedsięwzięcia (inwestycji) to relacja efektów uzyskanych w wyniku poniesienia określonych nakładów inwestycyjnych do wartości poniesionych nakładów. Ocena efektywności inwestycji składa się zazwyczaj z rachunku efektywności, uwzględniającego mierzalne efekty nakładów inwestycyjnych, oraz z opisu prezentującego te efekty, które nie poddają się kwantyfikacji.

Ocena ta służy do podejmowania decyzji inwestycyjnych w dwóch płaszczyznach:

- ◆ Ocena bezwzględna odpowiada na pytanie: *czy inwestować?*
- ◆ Ocena względna odpowiada na pytanie: *jak inwestować?* czyli, który z możliwych wariantów jest najlepszy.

W rachunku efektywności projektu uwzględnia się trzy podstawowe wielkości zwane jego składnikami materialnymi:

- ◆ nakłady inwestycyjne,
- ◆ koszty operacyjne,
- ◆ efekty — przychody ze sprzedaży produktów i usług.

Rachunkiem należy objąć tylko te efekty, które wynikają z poniesionych nakładów, i tylko te nakłady, które są niezbędne do osiągnięcia zaplanowanych efektów. Wymienione składniki muszą być ujęte **całościowo** i dotyczyć **tego samego okresu**.

Definicja rachunku efektywności projektu wynika bezpośrednio z definicji efektywności przedsięwzięcia i brzmi następująco:

Rachunek efektywności projektu to porównywanie efektów uzyskanych w wyniku realizacji danego projektu z nakładami inwestycyjnymi poniesionymi na jego realizację. Prowadzi się go w jednostkach walutowych. Może być rachunkiem bezwzględnym,

oceniającym dany pojedynczy projekt przedsięwzięcia gospodarczego, bądź rachunkiem względnym mającym za zadanie wyłonić spośród wielu możliwych do realizacji wariantów przedsięwzięcia ten, który jest najbardziej efektywny i opłacalny.

W rachunku efektywności inwestycji wyróżnia się dwie grupy metod obliczeniowych różniących się nieuwzględnianiem (pierwsza grupa) bądź uwzględnianiem (grupa druga) wpływu czynnika czasu na wartości pieniężne ujęte w obliczeniach. Metody te dzielimy na:

1. Statyczne (proste).
2. Dynamiczne (złożone).

3.4.1. Metody statyczne określania efektywności projektu

Metody statyczne stosowane są zwykle:

- ♦ we wstępnych fazach (etapach) procesu inwestycyjnego;
- ♦ do oceny małych projektów inwestycyjnych o stosunkowo krótkim okresie realizacji i eksploatacji.

W grupie metod statycznych wyróżniamy:

- ♦ rachunek porównawczy kosztów;
- ♦ rachunek porównawczy zysków;
- ♦ rachunek rentowności;
- ♦ rachunek okresu i stopy zwrotu.

3.4.1.1. Rachunek porównawczy kosztów

Rachunek porównawczy kosztów jest często wykorzystywany w procesie podejmowania decyzji inwestycyjnych zwłaszcza o charakterze odtworzeniowo-modernizacyjnym. Zwykle jest narzędziem wyboru najlepszego wariantu spośród tych realnych rozpatrywanych, cechujących się identycznością korzyści (przychodów), lecz różniących się pod względem ponoszonych kosztów. Rozstrzygającym kryterium decyzyjnym jest minimalizacja całkowitych kosztów rocznych, odniesionych do konkretnej inwestycji.

Roczne koszty inwestycyjne składają się z sumy kosztów amortyzacji (A) i zysku kalkulacyjnego (Z). Horyzont czasowy rachunku obejmuje najczęściej jeden rok.

Amortyzację (A) oblicza się ze wzoru:

$$A = \frac{N_i - W_r}{n}$$

gdzie:

N_i — nakłady inwestycyjne,

W_r — wartość rezydualna obiektu,

n — przyjęty okres eksploatacji.

Zysk kalkulacyjny (Z) jest obliczany w stosunku do przeciętnej sumy kosztów nabycia i instalacji obiektu inwestycyjnego oraz wartości końcowej (rezydualnej) z uwzględnieniem przyjętej stopy zysku kalkulacyjnego:

$$Z = \frac{N_i - W_r}{2} \times S_{zk}$$

Roczne koszty inwestycyjne:

$$R_{ki} = A + Z \rightarrow \min$$

Należy wybrać ten wariant, którego roczne koszty całkowite będą najmniejsze.

Zaletą tej metody jest prostota algorytmu obliczeniowego; ma ona jednak i wady, które można sformułować w trzech punktach:

- ◆ krótki zakres czasowy,
- ◆ trudności związane z podziałem kosztów na stałe i zmienne,
- ◆ nieuwzględnianie przychodów.

3.4.1.2. Rachunek porównawczy zysków

Rachunek porównawczy zysków jako narzędzie oceny wariantów inwestycyjnych łączy jednocześnie przychody z kosztami ich uzyskania. Ograniczenie się w praktyce do sporządzania materiałów decyzyjnych wyłącznie w oparciu o rachunek porównawczy kosztów może prowadzić, w pewnych warunkach, do podjęcia błędnych decyzji.

Przykład 3.2

Projekt inwestycyjny zakłada wymianę wyeksploatowanej linii technologicznej na linię nowej generacji. Przyjmuje się, że nowa inwestycja zapewni wyższą ilość i jakość produktów, w co się z tym wiąże, wyższą ich podaż i cenę. Prognozy wskazują, że skok jakościowy produktów doprowadzi także do wzrostu popytu na nie.

W tej sytuacji posiłkowanie się wyłącznie rachunkiem porównawczym nie umożliwi podjęcia właściwej decyzji o uruchomieniu projektu. Intuicja podpowiada, że jest to jednak dobry pomysł. W sytuacji kiedy pojawiają się tego typu wątpliwości, dobrze jest mieć w zanadrzu metodę, która pozwoli je wyjaśnić.

Tą metodą może być **metoda rachunku porównawczego zysków**. W skrócie można opisać ją następująco:

Zysk to różnica pomiędzy przychodem a kosztami:

$$Z = P - K$$

Przy spełnieniu warunków dla konkretnych wariantów inwestycji:

$$Z_n \geq 0$$

i porównując alternatywne rozwiązania oznaczone symbolami 1, 2, ..., n, wybierzemy wariant k , jeśli spełniona będzie nierówność:

$$Z_k > Z_n$$

W praktyce do oceny opłacalności wariantów projektów rachunek porównawczy zysków jest rzadziej stosowany niż rachunek porównawczy kosztów.

3.4.1.3. Rachunek porównawczy rentowności

Rachunek porównawczy rentowności (stóp zwrotu) można sprowadzić do następującej formuły:

Rentowność projektu (inwestycji) wyraża się relacją otrzymanego z niej rocznego zysku do zaangażowanego kapitału.

$$R_e = \frac{Z_0}{D_k}$$

gdzie:

R_e — wskaźnik rentowności,

Z_0 — zysk z inwestycji,

D_k — zaangażowany kapitał.

Sprawą niezwykle istotną w tym rachunku jest ustalenie rozmiarów rzeczywistego zaangażowania kapitału. W praktyce rzeczywisty kapitał jest stopniowo zmniejszany dzięki odpisom amortyzacyjnym.

$$R_{ekw} = \frac{Z_n}{D_{kw}}$$

gdzie:

R_{ekw} — rzeczywisty wskaźnik rentowności,

Z_n — zysk z inwestycji netto,

D_{kw} — zaangażowany kapitał po odliczeniu amortyzacji.

3.4.1.4. Stopa i okres zwrotu

Stopa zwrotu w rachunku efektywności projektu (inwestycji) to wyrażona w procentach relacja rocznej nadwyżki netto (po opodatkowaniu), uzyskiwanej z określonego przedsięwzięcia, do wartości poniesionego nominalnego nakładu inwestycyjnego. Informuje ona o tym, jaka część wyłożonego kapitału zwróci się inwestorowi w ciągu roku w postaci dochodu. Jest jednym z najprostszych statycznych wskaźników służących do porównywania opłacalności różnych przedsięwzięć inwestycyjnych lub różnych wariantów tego samego przedsięwzięcia.

Okres zwrotu w rachunku efektywności inwestycji jest jednym z mierników oceny finansowej opłacalności projektów inwestycyjnych. Jest to czas, w którym przychody z projektu zrównoważą poniesiony wydatek początkowy. Odzwierciedla on relację nakładów inwestycyjnych do zysku. Wartość wskaźnika najczęściej podawana jest w latach, w ciągu których nakłady poniesione na realizację danego projektu zwrócą się w postaci zysku.

W tej metodzie nie uwzględnia się wartości pieniądza w czasie (choć oczywiście można dyskontować przychody z projektu). Nie uwzględnia się także przychodów po okresie spłaty.

Przykład 3.3

Dane są dwa projekty A i B. Koszt inwestycji każdego z nich wyniósł 950 tys. zł. Poniżej przedstawiono sumy strumieni pieniężnych w tysiącach zł na koniec każdego okresu rozliczeniowego (roku).

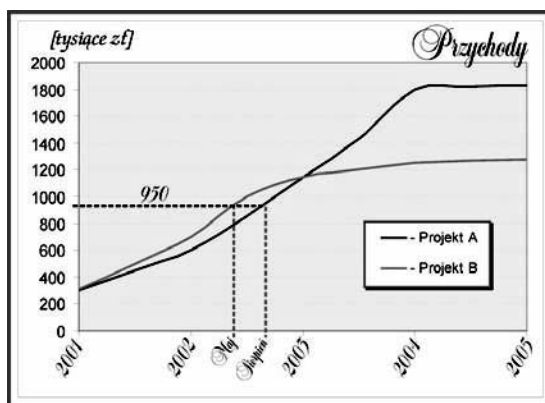
	2001	2002	2003	2004	2005
Projekt A	300	600	1 150	1 800	1 830
Projekt B	310	700	1 150	1 250	1 280

Sporządzono wykres przychodów z obu projektów — wpływu strumieni pieniężnych obliczanych w ramach bilansu na koniec okresu rozliczeniowego. Przedstawia go rysunek 3.5. Oba projekty charakteryzują się podobnym okresem zwrotu. Jak można zauważyć, *projekt B* ma okres zwrotu minimalnie krótszy od *projektu A*. Oznacza to, że nominalnie zwróci się on w jeden rok i pięć miesięcy. Bazując tylko na tym wskaźniku, wybrano by go jako bardziej atrakcyjny.

Przy obliczaniu okresu zwrotu nie są brane pod uwagę pozostałe strumienie pieniężne. Wykres skumulowanych przychodów dla obu projektów pokazuje, że w dłuższym okresie *projekt A* jest bardziej rentowny. Z punktu widzenia sumy przychodów być może jest on jednak bardziej atrakcyjny od *projektu B*.

Kategoria zysku w tej metodzie rozumiana jest jako suma przewidywanego zysku netto (po opodatkowaniu), kosztów finansowych (odsetek od zaciągniętych kredytów) oraz amortyzacji. Ze względu na swoją prostotę okres zwrotu znajduje zastosowanie jako metoda selekcji projektów inwestycyjnych, zwłaszcza w warunkach zwiększonego ryzyka.

Rysunek 3.5.
Porównanie okresów
zwrotu dwóch
projektów



Źródło: opracowanie własne

3.4.2. Metody dynamiczne obliczania efektywności projektu

Metody te, zwane również metodami dyskontowymi, ujmują całościowo czynnik czasu oraz rozkład wpływów i wydatków związanych z przygotowaniem, realizacją i eksploatacją inwestycji. Stosowanie tych metod wymaga interdyscyplinarnej wiedzy teoretycznej i praktycznej.

Wyróżnić wśród nich można:

- ♦ metodę wartości zdyskontowanej netto, zwaną także metodą wartości bieżącej netto NPV (ang. *Net Present Value*);
- ♦ rachunek wewnętrznej stopy procentowej;
- ♦ rachunek annuitetowy¹.

3.4.2.1. Zdyskontowana wartość netto inwestycji

Zdyskontowaną wartość netto inwestycji definiuje się jako sumę zdyskontowanych, na określony moment, różnic wpływów i wydatków związanych z projektem inwestycyjnym. Innymi słowy, wartość bieżąca netto to różnica pomiędzy wartościami zdyskontowanych przyszłych strumieni pieniężnych a kosztem początkowym projektu.

Metoda zdyskontowanej wartości netto może służyć do oceny opłacalności pojedynczej inwestycji. Warunkiem nieodzownym do zaakceptowania projektu jest spełnienie poniższej nierówności:

$$NPV \geq 0$$

¹ Tzn. rocznych rat spłaty kapitału.

Dodatnia bieżąca wartość netto informuje, że stopa rentowności ocenianego przedsięwzięcia jest wyższa od stopy minimalnej (granicznej), określonej przez przyjętą stopę dyskontową. Oznacza to, że każda inwestycja charakteryzująca się wartością NPV większą od zera (lub przynajmniej równą zero) może być realizowana, gdyż jest efektywna z punktu widzenia firmy.

Ujemna wartość NPV oznacza, że rentowność inwestycji jest niższa, niż oczekiwano, i należy ją odrzucić jako nieracjonalną z punktu widzenia inwestora. Jeśli oceniamy kilka wariantów inwestycyjnych, jako kryterium wyboru stosujemy maksymalizację NPV.

Rachunek zdyskontowanej wartości netto może obejmować okres wieloletni. W takim przypadku wydatki i wpływy rozkładają się na poszczególne lata, ponieważ zachodzi potrzeba zdyskontowania oddzielnie dla każdego roku przepływów pieniężnych netto będących różnicą między strumieniem wpływów pieniężnych a wydatków pieniężnych. Suma zdyskontowanych wielkości w okresie objętym rachunkiem odpowiada wartości zaktualizowanej netto.

$$NPV = -NCF_0 \times D_0 + NCF_1 \times D_1 + NCF_2 \times D_2 + \dots + NCF_n \times D_n$$

gdzie:

NPV — zaktualizowana wartość netto,

NCF — przepływy pieniężne netto w kolejnych latach okresu obliczeniowego,

D_n — współczynnik dyskontowy w kolejnych latach okresu obliczeniowego.

Współczynnik dyskontowy oblicza się ze wzoru:

$$D = \frac{1}{(1+k)^t}$$

gdzie:

$t = 0, 1, \dots, n$ — okres życia projektu w latach.

Inna postać tego wzoru, łatwiejsza do wprowadzenia w arkuszu kalkulacyjnym, to:

$$NPV = -I_0 + \frac{NCF_1}{(1+k)^1} + \frac{NCF_2}{(1+k)^2} + \frac{NCF_3}{(1+k)^3} + \dots + \frac{NCF_n}{(1+k)^n}$$

gdzie:

I_0 — koszt inwestycji poniesiony w roku zerowym.

Przykład 3.4

Kierownictwo firmy rozważa sposób zainwestowania 100 000 zł na cztery lata. W grę wchodzi dwa projekty lub alternatywna możliwość ulokowania tych pieniędzy w zakup 10% obligacji państwowych. Projekt A przewiduje otrzymanie po kolejnych 12-miesięcznych okresach odpowiednio 60 000, 20 000, 30 000 i 5000 zł, projekt B odpowiednio

50 000, 50 000, 50 000 i 70 000 zł. Zakładamy, że wszystkie trzy inwestycje mają taki sam stopień ryzyka².

W celu wyboru najbardziej opłacalnej inwestycji należy obliczyć dla obu projektów wartość NPV przy stopie dyskonta 10%. Gdy NPV przyjmie wartość ujemną, dany projekt jest nieopłacalny, gdy przyjmie wartość dodatnią, jest opłacalny i warto go realizować. W przypadku NPV = 0 atrakcyjność danego projektu będzie równoważna zakupowi za przeznaczony na inwestycję kapitał obligacji państwowych oprocentowanych na 10%.

Jako narzędzia wspomagającego obliczenia użyto arkusza kalkulacyjnego MS Excel 2003.

Widok arkusza z danymi opisującymi oba projekty zamieszczono na rysunku 3.6.

Rysunek 3.6.

Porównanie okresów
zwrotu dwóch
projektów

	A	B	C	D	E	F
1	PROJEKT A					
2	Kolejne lata	0	1	2	3	4
3	Strumień pieniężny	-100 000,00 zł	60000	20000	30000	5000
4	Współczynnik dyskonta	1	1,1	1,21	1,331	1,4641
5	Zdyskontowane strumienie pieniężne (2)	-100 000,00 zł	54 545,45 zł	16 526,93 zł	22 539,44 zł	3 415,07 zł
6	Zdyskontowane strumienie pieniężne (1)	-100 000,00 zł	54 545,45 zł	16 526,93 zł	22 539,44 zł	3 415,07 zł
7			NPV(10%) (1)	NPV(10%) (2)		
8	Stopa dyskonta	10%	-2971,106531	-2701,007755		
9	PROJEKT B					
10	Kolejne lata	0	1	2	3	4
11	Strumień pieniężny	-100 000,00 zł	50000	50000	50000	70000
12	Współczynnik dyskonta	1	1,1	1,21	1,331	1,4641
13	Zdyskontowane strumienie pieniężne (2)	-100 000,00 zł	45 454,55 zł	41 322,31 zł	37 565,74 zł	47 810,94 zł
14	Zdyskontowane strumienie pieniężne (1)	-100 000,00 zł	45 454,55 zł	41 322,31 zł	37 565,74 zł	47 810,94 zł
15			NPV(10%) (1)	NPV(10%) (2)		
16	Stopa dyskonta	10%	72153,54142	65594,12857		

Źródło: opracowanie własne

W celu obliczenia współczynnika dyskonta dla *projektu A* wpisano w komórkę C4 formułę: $= (1 + B\$8)^{C2}$. Arkusz samoczynnie zamienia wartość procentową na ułamek dziesiętny. Ponieważ wartość stopy dyskonta znajduje się w pojedynczej komórce, jej adres należy zakotwiczyć symbolami \$. Formułę tę powielono na pozostałe komórki D4:F4. W wierszu piątym obliczono zdyskontowane strumienie pieniężne jako iloraz strumienia pieniężnego i współczynnika dyskonta. Formuła w komórce C5 wygląda następująco: $= C3 / C4$. Została ona powielona w pozostałych komórkach D5:F5 tego wiersza. W wierszu szóstym obliczono zdyskontowane strumienie pieniężne inną metodą. Wykorzystano zaimplementowaną w Excelu funkcję PV().

Funkcje w MS Excel:

Kategoria: *Finansowe*, postać: PV(Stopa;Liczba_rat;Rata;Wp;Typ)

² Dane do przykładu wzięto z opracowania Michała Dariusza Skrzyszewskiego — <http://www.qdnet.pl/unas/michal/npv/npv.htm> — 1996 r.

gdzie:

Stopa to stopa procentowa dla okresu. Na przykład osoba otrzymująca pożyczkę na samochód, oprocentowaną na 10% rocznie, spłacająca tę pożyczkę w miesięcznych ratach będzie płacić miesięczne oprocentowanie w wysokości $10\%/12$, czyli 0,83%. Dlatego jako oprocentowanie należy wprowadzić do formuły wartość $10\%/12$ albo 0,83% lub 0,0083.

Liczba_rat to całkowita liczba okresów płatności w okresie spłaty. Na przykład osoba otrzymująca czteroletnią pożyczkę na samochód, spłacająca tę pożyczkę w miesięcznych ratach, będzie ją spłacać w ciągu $4 \cdot 12$ (czyli 48) okresów. Dlatego jako argument **liczba_rat** należy wprowadzić do formuły liczbę 48.

Rata to płatność dokonywana w każdym okresie, niezmienniana przez cały okres pożyczki. Rata obejmuje zazwyczaj kapitał i odsetki z wyłączeniem innych opłat i podatków. Na przykład miesięczna spłata czteroletniej pożyczki na samochód w wysokości 10 000 zł, oprocentowanej na 12%, wynosi 263,33 zł. Jako argument **rata** należy wprowadzić do formuły wartość -263,33. Jeśli argument **rata** zostanie pominięty, musi zostać dołączony argument **Wp**.

Wp to przyszła wartość, czyli poziom finansowy, do którego zmierza się po dokonaniu ostatniej płatności. Jeśli argument jest pominięty, to jako jego wartość przyjmuje się 0 (np. przyszła wartość pożyczki wynosi 0). Na przykład, jeśli chce się zaoszczędzić 50 000 zł w ciągu 18 lat na określony cel, to 50 000 zł jest wartością przyszłą. Zakładając pewną stopę procentową, można obliczyć, ile pieniędzy trzeba odkładać co miesiąc. Jeśli argument **Wp** jest pominięty, musi zostać dołączony argument **rata**.

Typ to liczba 0 albo 1, która wskazuje, kiedy płatność jest należna.

Gdy przyjmuje wartość 0 lub jest pominięty, płatność przypada na koniec okresu, gdy przyjmuje wartość 1, płatność przypada na początek okresu³.

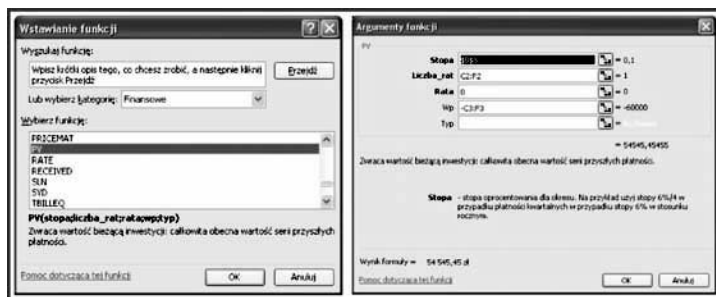
Kolejność czynności aktywujących tę funkcję przedstawia się następująco:

1. W komórce C6 wstawiono funkcję PV() z menu *Wstaw/Funkcja/Finansowe/PV*.

Okno dialogowe wstawienia funkcji PV() w arkusz i ustawienia jej parametrów przedstawiono na rysunku 3.7.

Rysunek 3.7.

*Użycie funkcji PV()
arkusza MS Excel*



Źródło: opracowanie własne

³ Na podstawie opisu funkcji w Pomocy do MS Excel 2003.

2. W otwartym tym działaniem oknie pola argumentów wypełniono następująco:

- ♦ *Stopa* — B8;
- ♦ *Liczba_rat* — C2:F2;
- ♦ *Rata* — 0;
- ♦ *Wp* — -C3:F3;
- ♦ *Typ* — *pozostawiono puste*.

Zatwierdzono ustawienia przyciskiem *OK*.

Funkcja dokonała obliczenia, ale aby obejrzeć wyniki, trzeba ją tablicować.

3. Należy z wciśniętym LPM uaktywnić zakres komórek *C6:F6*.

4. Wcisnąć klawisz funkcyjny *F2*, a następnie kombinację klawiszy *Shift+Ctrl+Enter*. Obliczone wartości zostały wpisane w aktywny zakres komórek.

Jak widać, otrzymano identyczne wyniki.

Wartość NPV obliczono jako sumę zdyskontowanych strumieni pieniężnych, w których wydatek inwestycyjny w roku zerowym potraktowano jako wartość ujemną. W komórce C8 wpisano formułę =SUMA(B5:F5).

Identyczną procedurę działania zastosowano w przypadku *projektu B*.

NPV obliczone dla *projektu A* wynosi -2 971 zł. Oznacza to, że wariant A jest mniej korzystny niż lokata na 10%. W przypadku *projektu B* NPV wynosi 72 154 zł. Oznacza to, że wariant B jest znacznie korzystniejszy niż wariant A i lokata na 10%.

W celach porównawczych obliczono NPV, korzystając z wbudowanej funkcji Excela.

Funkcje w MS Excel:

Kategoria: *Finansowe*, postać: NPV(*Stopa*; *Wartość_1*; *Wartość_2*; ...; *Wartość_29*).

Oblicza obecną wartość netto inwestycji na podstawie danej stopy dyskontowej oraz serii przyszłych płatności (wartości ujemne) i dochodów (wartości dodatnie).

Stopa to stopa dyskontowa stała we wszystkich okresach.

Wartość_1; *Wartość_2*, ... to od 1 do 29 argumentów przedstawiających płatności i przychody.

- ♦ Przyjmuje się, że *Wartość_1*, *Wartość_2*, ... są równomiernie rozmieszczone w czasie i przypadają na koniec każdego okresu.
- ♦ Funkcja NPV wykorzystuje sekwencję *Wartość_1*, *Wartość_2*, ..., by przedstawić przepływy pieniężne. Płatności i przychody należy koniecznie wprowadzać w poprawnej kolejności.

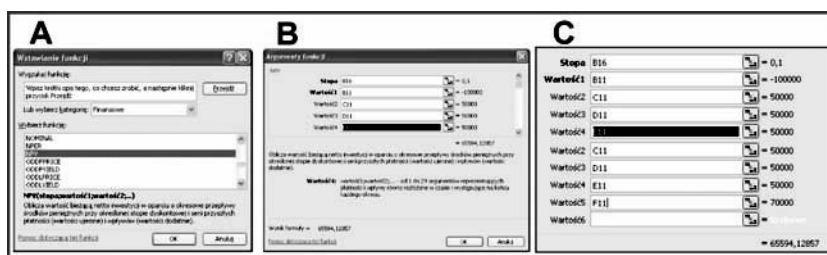
- ◆ Inwestycja w funkcji NPV rozpoczyna się jeden okres przed datą przepływu gotówki *Wartość_1*, a kończy się wraz z ostatnim przepływem gotówki znajdującym się na liście. Obliczenie wartości funkcji NPV jest wykonywane na podstawie przyszłych przepływów gotówki. Jeżeli pierwszy przepływ ma miejsce na początku pierwszego okresu, to wartość ta musi być dodana do wyniku NPV, a nie zawarta w wartościach argumentów⁴.

Obliczenia wartości funkcji dokonano w następujący sposób:

1. W komórce *D16* wstawiono funkcję NPV() z menu *Wstaw/Funkcja/Finansowe/NPV*.

Okna dialogowe wstawienia w arkusz funkcji NPV() przedstawiono na rysunku 3.8A, a okno dialogowe ustawienia jej parametrów na rysunku 3.8B.

Rysunek 3.8.
Użycie funkcji
NPV() arkusza
MS Excel



Źródło: opracowanie własne

2. W otwartym oknie *Argumenty funkcji* pola tych argumentów wypełniono jak na rysunku 3.8C.
3. Zakończenie potwierdzono przyciskiem *OK*.

Analogiczną procedurę działania zastosowano w przypadku *projektu A*.

Jak widać na rysunku 3.6, z porównania zawartości komórek *C8* i *D8* dla *projektu A* oraz odpowiednio *C16* i *D16* dla *projektu B* wynika, że wartości NPV wyliczone z wbudowanej funkcji Excela różnią się od wyliczonych „ręcznie”. Wynika to z zaimplementowanego w Excelu algorytmu obliczania tej funkcji. Niestety, nie jest on zbyt jasno opisany w polskiej wersji pomocy. Decyzję o stosowaniu metody obliczania NPV pozostawiamy Czytelnikowi.

3.4.2.2. Wewnętrzna stopa zwrotu (Internal Rate of Return — IRR)

Wewnętrzna stopa zwrotu — IRR — to stopa, przy której koszt projektu równy jest wartości bieżącej przyszłych strumieni pieniężnych.

W obliczeniach efektywnościowych zaprezentowanych w powyższym przykładzie przyjmowano określony, przyjęty przez inwestora, poziom granicznej stopy zysku. Przypominamy, że graniczna stopa zysku wyraża minimalną wielkość zysku od zaangażowanego kapitału.

⁴ Na podstawie opisu funkcji w Pomocy do MS Excel 2003.

Obecnie interesuje nas ustalenie faktycznej stopy zysku od zaangażowanego kapitału, by móc ją porównać z przyjętą minimalną stopą zysku. Umożliwia to rachunek wewnętrznej stopy procentowej IRR.

Wewnętrzna stopa procentowa jest odpowiednikiem stopy dyskontowej, przy której zaktualizowana wartość wydatków pieniężnych równa się zaktualizowanej wartości wpływów pieniężnych.

Jest to zatem taki poziom stopy dyskontowej, przy którym zaktualizowana wartość netto (NPV) jest równa zeru.

$$NPV(K = IRR) = 0$$

IRR jest miarą rentowności inwestycji. Im wyższą wartość przyjmuje IRR, tym inwestycja przynosi większy dochód. Z drugiej strony, **IRR jest maksymalną stopą kredytu inwestycyjnego**, który pozwoli jeszcze sfinansować projekt bez straty dla inwestora.

Wewnętrzną stopę procentową IRR ustala się metodą matematyczną i graficzną przy zastosowaniu następującej procedury:

1. Należy przygotować tabelę przepływów pieniężnych.
2. Odgadnąć prawdopodobny poziom stopy dyskontowej, przy którym NPV byłoby zbliżone do 0.
3. Obliczyć dla tego poziomu IRR wartość zdyskontowaną netto NPV.
4. Gdy $NPV > 0$, należy obliczenie powtórzyć, podwyższając odpowiednio wartość stopy dyskontowej, aż do spełnienia nierówności, w której $NPV \leq 0$.

Gdy ujemne i dodatnie wartości NPV, obliczone dla różnych poziomów stopy dyskontowej, zbliżone są do zera, IRR można ustalić precyzyjniej wg wzoru:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_{01}(i_2 - i_1)}{NPV_{01} + NPV_{02}}$$

gdzie:

i_1 — stopa dyskontowa niższa dla $NPV > 0$;

i_2 — stopa dyskontowa wyższa dla $NPV < 0$;

NPV_{01} , NPV_{02} — wartość zdyskontowana netto dla niższego i wyższego poziomu stopy dyskontowej.

Przykład 3.5

Obliczenie IRR dla projektów A i B z przykładu 3.4.

Przypominamy, że do obliczenia współczynników dyskonta użyto dla komórki C4 formuły $= (1 + \$B\$7)^{\wedge} C2$, do obliczenia zdyskontowanych strumieni pieniężnych formuły użyto dla komórki C5 formuły $= C3 / C4$, a NPV w komórce C7 obliczono jako sumę

=SUMA(B5:F5). Wygląd arkusza, w którym rozwiązano ten przykład, przedstawia poniższa tabela 3.1 i rysunek 3.9.

Tabela 3.1. Dane wyjściowe do obliczenia wskaźnika IRR dla dwóch projektów — przykład

PROJEKT A					
Kolejne lata	0	1	2	3	4
Strumienie pieniężne	−100 000,00 zł	60 000 zł	20 000 zł	30 000 zł	5 000 zł
Współczynnik dyskonta	1	1,1	1,21	1,331	1,4641
Zdyskontowane strumienie pieniężne	−100 000,00 zł	54 545,45 zł	16 528,93 zł	22 539,44 zł	3 415,07 zł
NPV					
Stopa dyskonta	10%	−2 971,11 zł			
PROJEKT B					
Kolejne lata	0	1	2	3	4
Strumienie pieniężne	−100 000,00 zł	50 000,00 zł	50 000,00 zł	50 000,00 zł	70 000,00 zł
Współczynnik dyskonta	1	1,1	1,21	1,331	1,4641
Zdyskontowane strumienie pieniężne	−100 000,00 zł	45 454,55 zł	41 322,31 zł	37 565,74 zł	47 810,94 zł
NPV					
Stopa dyskonta	10%	72 153,54 zł			

Rysunek 3.9.
Okna dialogowe Solver — Parametry z ustawionymi parametrami do obliczenia stopy IRR dla projektu A i projektu B — przykład



Źródło: opracowanie własne

Do obliczenia wewnętrznej stopy zwrotu (IRR) dla obu projektów zostanie użyte narzędzie **Solver**. Przed przystąpieniem do rozwiązywania tego przykładu należy sprawdzić w swoim programie Excel, czy w menu *Narzędzia* dostępne jest polecenie *Solver*. Jeżeli nie jest — trzeba zainstalować pełną wersję Excela lub doinstalować dodatkową funkcjonalność z płyty instalacyjnej CD MS Excel 2003 lub MS Office 2003. Procedura instalacji opisana jest na początku rozdziału 3.6. Zaleca się jednocześnie zainstalowanie narzędzia Solver i Analysis ToolPak.

Aby obliczyć IRR, należy dla *projektu A*:

1. Aktywować LPM komórkę C7 arkusza.
2. Z menu *Narzędzia* wybrać polecenie *Solver*.
3. Otworzy się okno dialogowe jak na rysunku 3.9A.
4. Pole *Komórka celu* jest już wypełnione, jeśli nie, trzeba tam wpisać \$C\$7.
5. W obszarze *Równa* należy wybrać przycisk radiowy opcji *Wartość*, a w polu po prawej stronie wpisać 0.
6. W polu *Komórki zmienne* należy podać adres komórki zawierającej wartość stopy dyskonta, czyli w naszym przypadku B7.
7. Uruchomić algorytm obliczeniowy Solvera przyciskiem *Rozwiąż*.

Te same czynności należy przeprowadzić w celu obliczenia IRR dla *projektu B*. Prawidłowe ustawienie parametrów funkcji Solver dla obliczenia wartości IRR *projektu A* i *projektu B* przedstawiono na rysunku 3.9. Wyniki niniejszego przykładu umieszczone są w komórkach B7 i B14 arkusza Excel na rysunku 3.10.

Rysunek 3.10.
Arkusz MS Excel
z wyliczonym
wskaźnikiem IRR
— przykład

	A	B	C	D	E	F
1	PROJEKT A					
2	Kolejne lata	0	1	2	3	4
3	Strumienie pieniężne	-100 000,00 zł	60000	20000	30000	5000
4	Współczynnik dyskonta	1	1,081183077	1,168956846	1,26395636	1,366460108
5	Zdyskontowane strumienie pieniężne	-100 000,00 zł	55 494,76 zł	17 109,27 zł	23 736,87 zł	3 659,09 zł
6			NPV			
7	IRR - Wewnętrzna stopa zwrotu dla A	8%	0,00 zł			
8	PROJEKT B					
9	Kolejne lata	0	1	2	3	4
10	Strumienie pieniężne	-100 000,00 zł	50000	50000	50000	70000
11	Współczynnik dyskonta	1	1,385067544	1,918412102	2,657130338	3,680304992
12	Zdyskontowane strumienie pieniężne	-100 000,00 zł	36 099,32 zł	26 063,22 zł	18 817,29 zł	19 020,16 zł
13			NPV			
14	IRR - Wewnętrzna stopa zwrotu dla B	39%	-0,00 zł			

Źródło: opracowanie własne

Wewnętrzna stopa zwrotu IRR dla *projektu A* wynosi 8%, a dla *projektu B* przybiera wartość 39%. Na tej podstawie można stwierdzić:

- ♦ *Projekt B* jest bardziej rentowny niż *Projekt A*.
- ♦ *Projekt B* jest bardziej rentowny niż lokata na 10%.
- ♦ *Projekt B* można sfinansować za pomocą kredytu o oprocentowaniu 10%.

Wniosek: należy rekomendować do realizacji *projekt B*.

3.4.2.3. Analiza progu rentowności i analiza wrażliwości

Kolejnym instrumentem wspomagającym proces decyzyjny jest **analiza progu rentowności**. Polega ona na badaniu zależności między zmianami produkcji a zmianami kosztów stałych i zmiennych. Przez **próg rentowności** rozumie się taką wielkość produkcji, a zarazem przychodów ze sprzedaży, która pokrywa koszty — to znaczy nie generuje

ani zysku, ani strat. W takiej sytuacji zwiększenie rozmiarów produkcji, przy zachowaniu niezmiennych pozostałych czynników, powinno zaowocować zyskowością projektu inwestycyjnego. Przy korzystaniu z prognozy analizy rentowności wskazane jest przeprowadzenie analizy wrażliwości projektu inwestycyjnego na zmianę czynników wykorzystywanych przy ustalaniu prognoz rentowności. Jest to uzasadnione, ponieważ wszystkie zmiany poszczególnych elementów przyczyniają się do przesunięcia prognozy rentowności.

Analiza wrażliwości ma za zadanie określić próg rentowności w sytuacji zmian następujących czynników:

- ◆ jednostkowej ceny sprzedaży;
- ◆ jednostkowych kosztów zmiennych;
- ◆ stałych kosztów produkcji.

W szczególności odnosi się to do spadku jednostkowej ceny sprzedaży i wzrostu jednostkowych kosztów zmiennych (ze względu na dużą podatność na zmiany).

3.5. Prognozowanie

Wiarygodne uzasadnienie biznesowe projektu nie leży w zakresie obowiązków kierownika projektu, ale aby przedsięwzięcie zakończyło się prawdziwym sukcesem, musi je mieć. Uzasadnienie biznesowe opiera się z kolei na rzetelnym prognozowaniu. Dlatego w chwili obecnej współczesny biznes wymaga coraz większej ilości danych analitycznych oraz systemów umożliwiających sporządzenie na ich podstawie wiarygodnych prognoz krótko- i długoterminowych. Powoli standardowym wyposażeniem każdego przedsiębiorstwa stają się narzędzia controllingowe, hurtownie i minihurtownie danych, a więc systemy pozwalające na analizę zdarzeń zachodzących w przeszłości oraz coraz bardziej wyrafinowane narzędzia do prognozowania. Opiera się na nich coraz więcej procesów biznesowych współczesnych organizacji. Marże w sieciach handlowych są dziś na tyle niskie, że aby zachować rentowność, firmy muszą bardzo dokładnie przewidywać popyt na towary i na podstawie tych prognoz optymalizować zasoby magazynowe i trasy samochodów dostarczających towary. Podobnie jest w wielu gałęziach przemysłu.

Rosnąca konkurencja wymusza na firmach poszukiwanie narzędzi, które na podstawie danych historycznych, a także w oparciu o wiedzę ekspercką, pozwalałyby na prognozowanie zdarzeń mogących nastąpić w przyszłości. Niestety, standardowe rozwiązania analityczne pozwalają jedynie na tworzenie hipotez i sprawdzanie ich wg rzeczywistych danych. Już sama architektura narzędzi typu *Business Intelligence*, zakładająca korzystanie z wcześniej rekonfigurowanych źródeł danych i dystrybucję raportów wg wypracowanych wcześniej szablonów, przynajmniej po części uniemożliwia przewidywanie przyszłych zdarzeń.

W większości firm procesy planowania, prognozowania i budżetowania nadal opierają się przede wszystkim na wiedzy ekspertów i rozwiązaniach wykorzystujących Microsoft Excel. Arkusz kalkulacyjny Excel ma wiele zalet. Zapewnia odpowiednią elastyczność, która pozwala na dokonywanie nawet najbardziej skomplikowanych analiz. Jednak

elastyczność i powszechny dostęp to nie jedyne przyczyny popularności tego arkusza kalkulacyjnego. W dużej mierze wynika ona także ze specyfiki realizowanych w organizacjach procesów wykorzystujących prognozowanie. Są one zwykle ściśle powiązane z tworzeniem budżetu i jako takie mają sporadyczny charakter. W większości organizacji budżet planuje się raz w roku.

Niestety, oparcie prognozowania tylko na arkuszu kalkulacyjnym ma wady⁵. Wyniki obliczeń dokonanych przez ekspertów zwykle gromadzone są poza jakimikolwiek systemami analitycznymi. Co więcej, zatrudnienie kilku ekspertów prowadzi często do równoległego tworzenia na własne potrzeby różniących się nieco od siebie małych aplikacji wspomagających prognozowanie, z których każda udostępnia dane w trochę innym formacie. Bywa, że i same wyniki przewidywań podlegają różnym manipulacjom i są naginane do rzeczywistych wyników po to, aby ukryć ewentualne rozbieżności — nawet jeśli te były konsekwencją zmian w otoczeniu, a nie wyniknęły z niewiedzy ekspertów dokonujących prognoz.

3.6. Zastosowanie MS Excel do wyznaczania predykcji regresji i prognozowania trendów

Wyznaczanie trendów i prognozowanie to metody statystyczne. Ta książka nie ma zastępować podręcznika statystyki, więc elementy tej ostatniej zostaną przedstawione w ogromnym skrócie i w ilości koniecznej do zrozumienia przedmiotu tego podrozdziału. A jest nim zaprezentowanie mało znanych funkcji arkusza kalkulacyjnego MS Excel 2003 stosowanych do wspomagania obliczeń statystycznych mających zastosowanie w analizie biznesowej i w zarządzaniu projektami.

Przed przystąpieniem do ćwiczeń zalecanych w tym podrozdziale należy sprawdzić w swoim programie Excel, czy w menu *Narzędzia* dostępne są polecenia *Solver* i *Analiza danych*. Jeżeli nie są, trzeba zainstalować pełną wersję Excela lub doinstalować je z płyty instalacyjnej. W obu przypadkach po instalacji należy polecenia te uaktywnić.

Aktywację przeprowadza się w menu *Narzędzia/Dodatki*.

W oknie dialogowym *Dodatki* jak na rysunku 3.11 należy wybrać pozycje *Analysis ToolPak* i *Dodatek Solver*. Wybór potwierdzić przyciskiem *OK*.

Jeśli żaden z tych dodatków nie jest zainstalowany, aplikacja poinformuje o tym następującym oknem dialogowym (patrz rysunek 3.12).

⁵ Na podstawie [100] Bielewicz A., „Czas prognoz jeszcze nie nadszedł”, *Computerworld*, nr 15/714/2006, s. 30 – 31.

Rysunek 3.11.

*Okno dialogowe
aktywacji
dodatkowych poleceń
dostępnych
w MS Excel*



Źródło: opracowanie własne

Rysunek 3.12.

*Okno dialogowe
instalacji
dodatkowych funkcji
w MS Excel*



Źródło: opracowanie własne

Po włożeniu do napędu CD płyty z plikami instalacyjnymi (MS Excel 2003 lub MS Office 2003) i kliknięciu LPM⁶ przycisku *Tak* nastąpi automatyczne doinstalowanie wybranych dodatków.

Teraz Czytelnik ma już narzędzie dostosowane do prześledzenia opisanych poniżej przykładów i pozostaje tylko zapoznać się z odrobiną teorii.

Pomiędzy zmiennymi — wynikami badań statystycznych — istnieją, lub przynajmniej zakładamy, że istnieją, zależności.

Klasyyczny przykład 3.6

Popyt na określony towar zależy od jego ceny.

Wszyscy zgadzamy się z tą tezą. Ale pozostaje pytanie: jak bardzo cena wpływa na popyt tego właśnie towaru. Bo także zgadzamy się z tym, że na różne towary wpływ ich ceny jest różny. Inny jest na tzw. towary pierwszej potrzeby, a inny na towary luksusowe. Przed wyciąganiem jakichkolwiek wniosków należy więc najpierw zbadać siłę tej zależności nawet w tak niby oczywistym przypadku.

⁶ Skrótom LPM oznaczono *lewy przycisk myszy*.

Klasyczny przykład 3.7

W rozległej sieci handlowej obejmującej kilka województw (regionów) w trzech krajach przeprowadzono badania popytu w postaci liczby sprzedanych jednostek danego towaru przy znacznie wahających się jego cenach. Stwierdzono przy tym, że w różnych regionach są różne tradycje kulturowe, przyzwyczajenia konsumenckie i różnią się one zamożnością potencjalnych nabywców tego towaru. Poza tym sam towar o zbliżonej jakości był różnie pakowany (znaczne różnice w estetyce opakowań).

Z uwagi na niemożliwość zapewnienia identyczności warunków przeprowadzenia badań (zróżnicowane środowiska) należy określić siłę zależności pomiędzy dwiema zmiennymi: ceną (X) i wielkością sprzedaży (Y).

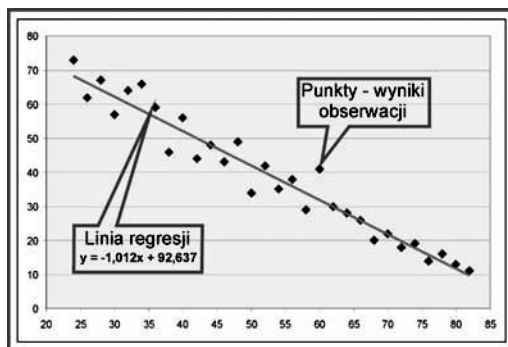
Badaniem związków zachodzących pomiędzy zmiennymi zajmuje się **analiza zależności**. Dzieli się ona na dwa działy: **analizę korelacji**, która bada, czy w ogóle występuje jakaś zależność, i opisuje jej siłę, oraz **analizę regresji**, która bada postać funkcyjną tych związków i opisuje powiązania ich cech. Chociaż próba, którą dysponujemy, może obejmować wszystkie informacje, jakie mamy o dwóch zmiennych poddanych badaniu, zawsze zakładamy, że wyniki obserwacji są **próbą losową pobraną z populacji** wszystkich par wartości X i Y .

3.6.1. Analiza regresji

Analiza regresji pozwala na odszukanie związków funkcyjnych pomiędzy zmiennymi. Przede wszystkim pojawia się pojęcie zmiennej zależnej Y i zmiennej niezależnej X . Tworzone są modele $y = f(x) + u$ pozwalające na prognozowanie przyszłych wyników dla Y na podstawie hipotetycznych X . Jednym z założeń modelu regresji jest to, że zmienna niezależna X jest zmienną o wartościach ustalonych, a nie losowych. Losowość zmiennej Y pochodzi wyłącznie z oddziaływania na nią składnika losowego u .

Rysunek 3.13.

Przykład wykresu rozproszenia (ang. scatter diagram lub scatter plot) i liniowej funkcji regresji obliczonej w MS Excel



Źródło: opracowanie własne

Funkcja przedstawiająca zależność średnich warunkowych zmiennej Y od wartości zmiennej X jest funkcją regresji Y względem X . Wyróżnia się pojęcie funkcji regresji I rodzaju (dla pełnej populacji) oraz empirycznej krzywej regresji (dla próby). Funkcja regresji pokazuje, jak zmieniają się średnie wartości Y przy zmianie X . Nie mówi jednak

nic o indywidualnych przypadkach dla danych szczegółowych względem X . Formalny opis zależności pomiędzy zmiennymi X a Y to właśnie jest model regresji.

Przyjmuje się, że funkcja modelu regresji może być funkcją:

- a) liniową,
- b) wykładniczą,
- c) logarytmiczną,
- d) potęgową.

Poniżej przedstawiono przypadki, w których założono, że funkcja regresji jest tą pierwszą, czyli funkcją liniową. Model regresji przyjmuje postać $y = f(x) + u$, czyli zależność y od x , gdzie u jest resztą niewyjaśnianą przez model. Obecność u jest bardzo ważna. Oznacza bowiem, że zależność nie może być dokładnie odwzorowana przez linię prostą. Formalny zapis modelu regresji liniowej wygląda następująco:

$$\hat{y} = \alpha x + \beta + u$$

gdzie $\hat{y}$ jest to średnia w warunkowym rozkładzie Y .

Wartości **współczynnika kierunkowego** α oraz **wyrazu wolnego** β oblicza się na podstawie danych punktów (x, y) . Należy zwrócić uwagę, że nawet po oszacowaniu α i β wciąż nie można oszacować dokładnie Y .

Więcej informacji o analizie regresji znajduje się w podrozdziale prezentującym analizę szeregów czasowych.

3.6.1.1. Sporządzanie wykresu rozproszenia w MS Excel

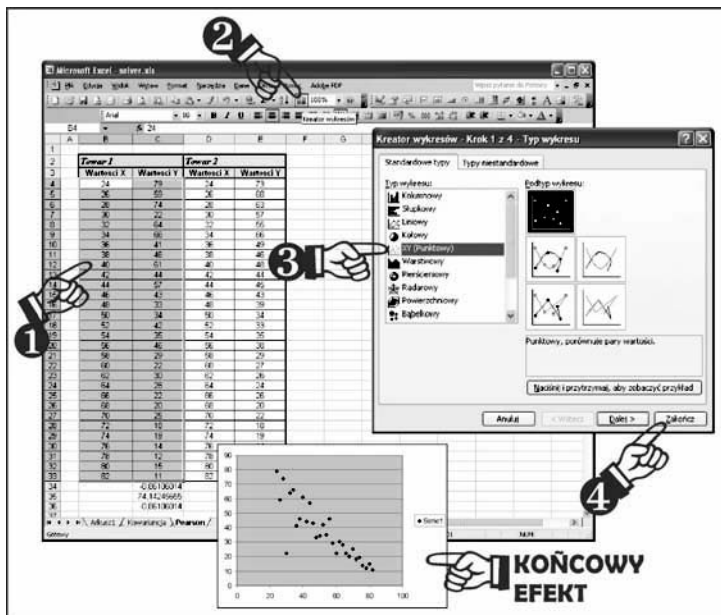
Aby samodzielnie sporządzić wykres punktowy w MS Excel, należy wykonać następujące kroki (patrz rysunek 3.14):

1. Zaznaczyć zakres danych do wykresu w tabeli Excela.
2. Wybrać LPM ze standardowego paska narzędziowego ikonę *Sporządź wykres*.
3. Po otwarciu okna *Kreator wykresów* należy wybrać *Typ wykresu* — *XY (Punktowy)* oraz *Podtyp wykresu* — punktowy bez linii (pierwszy).
4. Zatwierdzić wybór przyciskiem *Zakończ*.
5. Efektem będzie wykres punktowy, który można jeszcze modyfikować graficznie wg własnego poczucia estetyki.

3.6.1.2. Metoda najmniejszych kwadratów

Najpopularniejszą drogą wyliczenia α i β jest skorzystanie z metody najmniejszych kwadratów (MNK). Zakłada ona szereg matematycznych obliczeń, jednak można uprościć sposób otrzymania wyniku, korzystając z narzędzia Solver, funkcji `REGLINP()`

Rysunek 3.14.
Kolejność czynności
przy sporządzaniu
wykresu punktowego
w arkuszu MS Excel



Źródło: opracowanie własne

oraz narzędzia *Regresja* z modułu *Analiza danych*. Matematycznie otrzymanie α i β sprowadza się do rozwiązania układu równań:

$$\begin{cases} \alpha \sum_{i=1}^n x_i^2 - \beta \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n x_i y_i \\ \alpha \sum_{i=1}^n x_i + \beta n = \sum_{i=1}^n y_i \end{cases}$$

skąd

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

oraz

$$\beta = \bar{y} - \alpha \bar{x}$$

Przykład 3.8

Celem tego przykładu będzie zaprezentowanie zastosowania narzędzia *Solver* do sporządzenia i dopasowania liniowej funkcji regresji.

Dane do przykładu

X	Y	X cd.	Y cd.
cena [zł]	popyt [szt]	cena [zł]	popyt [szt]
24	179	54	135
26	159	56	146
28	174	58	129
30	122	60	122
32	164	62	130
34	166	64	128
36	141	66	122
38	146	68	120
40	161	70	125
42	144	72	118
44	157	74	119
46	143	76	114
48	133	78	112
50	134	80	115
52	142	82	111
Suma:			4111

W kolumnach A i B podane są informacje o relacji wartości ceny względem popytu na produkt. Należy szacować parametry α i β funkcji regresji za pomocą narzędzia Solver. Następnie sprawdzić, jak będzie zmieniać się popyt dla dowolnie proponowanych cen.

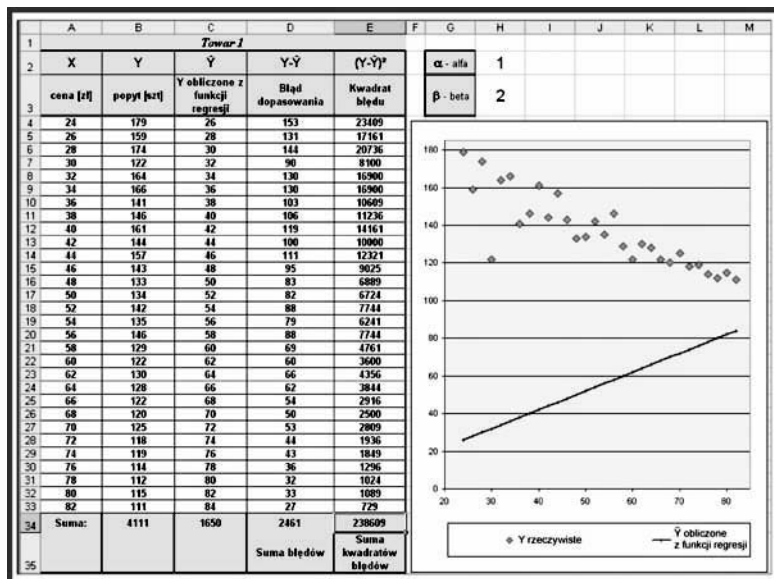
Założmy na początek, że parametr $\alpha = 1$ a $\beta = 2$. Wartości te wpisano odpowiednio do komórek H2 i H3. Na rysunku 3.15 pokazano arkusz Excela, w którym wykonano niniejsze ćwiczenie.

Na podstawie przyjętych wartości współczynników α i β oszacowano $\hat{Y}$ (Y teoretyczne) w kolumnie C, korzystając z funkcji regresji $y = \hat{y} = \alpha x + \beta$. Zrealizowano to za pomocą zapisu excelowego formuły w pierwszej komórce kolumny C (C4) w postaci `=H$2*A4+H$3`. Należy zwrócić uwagę na zakotwiczenie parametrów komórek H2 i H3. Jest to ważne ze względu na to, że następnie formułę tę powielono na wszystkie komórki kolumny C, tak aby objęła cały zakres **od C4 do C33**.

Następnie do pierwszej komórki kolumny D4 wpisano formułę realizującą odejmowanie $Y - \hat{Y}$. Jej wartości opisują błąd dopasowania wyliczonego popytu teoretycznego względem jego wartości rzeczywistych. Postać excelowa tej formuły to `=B4-C4`. Następnie formułę tę powielono w analogiczny sposób na wszystkie komórki kolumny D, tak aby objęła cały zakres **od D4 do D33**.

Rysunek 3.15.

*Dopasowanie liniowej
funkcji regresji
do danych
rzeczywistych
za pomocą narzędzia
Solver w MS Excel*



Źródło: opracowanie własne

Sprawdź, jak zaproponowane parametry α i β wpłynęły na wartości $\hat{Y}$ (Y teoretycznych) i jak bardzo różnią się one od Y , które są wynikiem rzeczywistych pomiarów.

W kolumnie E znalazły swe miejsce wartości kwadratu błędu dopasowania $(Y-\hat{Y})^2$. W komórce $E4$ wpisano formułę $=D4^2$ i powielono na zakres komórek od $E4$ do $E33$.

Na końcu kolumny E wprowadzono formułę sumującą kwadraty błędów. W komórce $E34$ wpisano: $=SUMA(E4:E33)$. Uzyskana suma błędów dopasowania funkcji regresji do danych empirycznych (ang. *sum of squared errors* — *SSE*) ma duże znaczenie, bo kryterium otrzymania rozwiązania w narzędziu Solver stanowić będzie minimalizacja tego parametru.

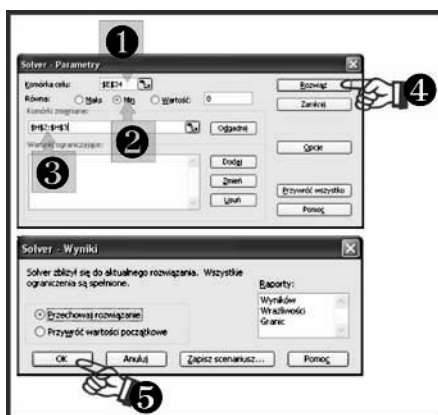
Metoda najmniejszych kwadratów sprowadza się do znalezienia takich wartości α i β , aby obliczona SSE (suma błędów dopasowania funkcji regresji do danych empirycznych) była jak najmniejsza. Prosta leżąca w chwili obecnej w ogóle poza zakresem wartości rzeczywistych zostanie wtedy najlepiej do nich dopasowana.

Aby obliczyć parametry α i β przy założeniu, że SSE ma być jak najmniejsze, posłużono się **Solverem**.

Dostęp do niego uzyskuje się poprzez: *Narzędzia/Solver*. W oknie dialogowym *Solver* — *Parametry* (patrz rysunek 3.16) należy:

1. W okienku *Komórka celu* wpisać $E34$ — adres komórki, w której zapisana jest wartość SSE.
2. Zaznaczyć przyciskiem radiowym opcję *Min* (ma szukać wartości minimum SSE).
3. Jako komórki elementów zmiennych podać $H2$ i $H3$, czyli adresy komórek, w których znajdują się wartości współczynników α i β .

Rysunek 3.16.
Okna dialogowe
narzędzia Solver
w MS Excel



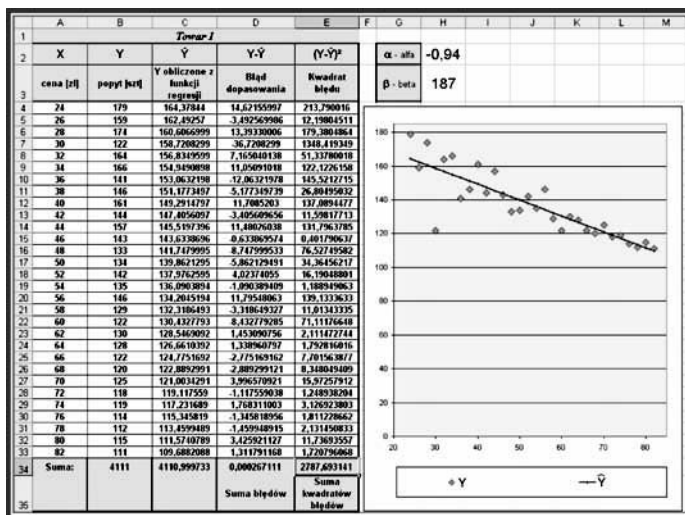
Źródło: opracowanie własne

4. Zatwierdzić wybór i uruchomić algorytm obliczeniowy Solvera przyciskiem *Rozwiąż*.
5. Działanie to spowodowało otwarcie okna dialogowego Solver — *Wyniki*.
6. W nowym oknie domyślnie wybrana jest opcja *Przechowaj rozwiązanie*. Należy tylko zakończyć działanie narzędzia, klikając LPM przycisk *OK*.

Jak można zauważyć na rysunku 3.17, Excel rozwiązał funkcję, spełniając podane warunki, i zwrócił poniższe wyniki:

- ◆ $SSE = 2787,693141$
- ◆ $\alpha = -0,94$
- ◆ $\beta = 187$

Rysunek 3.17.
Arkusz MS Excel
z rozwiązaniem
przykładem
utworzenia funkcji
regresji przy użyciu
narzędzia Solver



Źródło: opracowanie własne

3.6.1.3. Miary dopasowania funkcji regresji

Z powyższych przykładów wiadomo, że wartości $\hat{Y}$ (Y teoretyczne), czyli wyliczone za pomocą funkcji regresji, znacząco różnią się od Y (rzeczywistych), nawet przy najmniejszym SSE. Pojawia się pytanie, jak mierzyć „dobroć” dopasowania obliczonej funkcji.

Dopasowanie krzywej regresji do danych rzeczywistych można sprawdzić za pomocą następujących parametrów:

- ♦ odchylenie standardowe reszt,
- ♦ współczynnik determinacji,
- ♦ skorygowany współczynnik determinacji.

Parametr — **odchylenie standardowe reszt**

Oznaczenie — $S(u)$

Wzór:

$$S(u) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - k}}$$

gdzie:

n — liczba obserwacji,

k — liczba szacowanych parametrów funkcji regresji.

Interpretacja: wartość współczynnika $S(u)$ mówi, o ile przeciętnie rzeczywiste Y odchyła się od $\hat{Y}$ (Y teoretycznego).

Funkcja i narzędzie obliczające w MS Excel:

Kategoria: *Statystyczne*, postać: `REGLINP(Znane_y;Znane_x;Stała;Statystyka)`

lub narzędzie *Regresja* z modułu *Analiza danych*.

Parametr — **współczynnik determinacji**

Oznaczenie — r^2 lub R^2

Wzór:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^n (y - \hat{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y - \bar{y})^2}$$

Interpretacja: współczynnik determinacji, zwany też **współczynnikiem zbieżności**, określa, ile % zmienności Y jest wyjaśniane przez przyjęty model. Przyjmuje się, że model jest zły, jeżeli wyjaśnia mniej niż 60% danych. Próg ten nie jest ściśle wyznaczony i tym samym podlega dyskusji.

Funkcja i narzędzie obliczające w MS Excel:

Kategoria: *Statystyczne*, postać: `REGLINP(Znane_y;Znane_x;Stała;Statystyka)`

lub narzędzie *Regresja* z modułu *Analiza danych*.

Parametr — skorygowany współczynnik determinacji

Oznaczenie — $\bar{R}^2$

Wzór:

$$\bar{R}^2 = R^2 - \frac{k(1 - R^2)}{n - (k + 1)}$$

Interpretacja: skorygowany współczynnik determinacji ma podobną interpretację jak współczynnik determinacji, określa, ile % zmienności Y jest wyjaśniane przez przyjęty model. Przeważnie $\bar{R}^2 \leq R^2$, a nawet może być ujemne, gdy R^2 jest bliskie zeru. W przeciwieństwie do współczynnika determinacji nie rośnie wraz z wprowadzaniem do modelu kolejnych zmiennych. Jeżeli trzeba więc porównać modele objaśniające tę samą zmienną Y , ale różniące się liczbą obserwacji, należy użyć skorygowanego współczynnika determinacji.

Narzędzie obliczające w MS Excel:

Narzędzie *Regresja* z modułu *Analiza danych*.

Przykład 3.9

Celem tego przykładu będzie sprawdzenie, czy podane cechy X , Y powiązane są zależnością liniową. Należy obliczyć parametry tej funkcji i miary jej dopasowania do danych empirycznych. Użyta do tego celu zostanie funkcja `REGLINP()`. Następnie, korzystając z właściwości excelowego narzędzia do tworzenia wykresu, zostanie utworzona linia trendu i wyświetlone jej równanie. Na zakończenie za pomocą funkcji `REGLINW()` zostanie obliczone $\hat{Y}$ (Y teoretyczne) dla otrzymanej funkcji liniowej.

Funkcja `REGLINP()` w Excelu jest funkcją tablicową. Oznacza to, że tworzy macierz wyników. Macierz ta ma wymiary: szerokość dwie i wysokość pięć komórek.

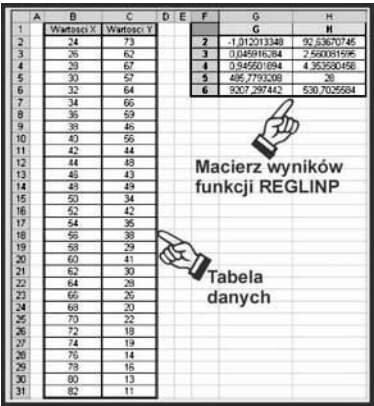
Dane do przykładu:

Wartości X	Wartości Y	X cd.	Y cd.
24	73	54	35
26	62	56	38
28	67	58	29
30	57	60	41
32	64	62	30
34	66	64	28
36	59	66	26
38	46	68	20
40	56	70	22
42	44	72	18
44	48	74	19
46	43	76	14
48	49	78	16
50	34	80	13
52	42	82	11

Użycie funkcji REGLINP() sprowadza się do wykonania następujących czynności:

- 1. W arkuszu Excela jak na rysunku 3.18 należy zaznaczyć LPM komórkę G2.

Rysunek 3.18.
*Arkusz MS Excel,
w którym wykonano
niniejsze ćwiczenie*



Źródło: opracowanie własne

- 2. Wstawić funkcję z menu: *Wstaw/Funkcja/Statystyczne/REGLINP* (patrz rysunek 3.19A).

3. Wypełnić pola argumentów jak na rysunku 3.19B wg poniższego wzoru:

- ♦ *Znane_y* — C2:C31.
- ♦ *Znane_x* — B2:B31.
- ♦ *Stała* — PRAWDA — *aby obliczony został wyraz wolny β .*
- ♦ *Statystyka* — PRAWDA — *aby zostały wyliczone dodatkowe statystyki funkcji regresji.*

Rysunek 3.19.

Wybór funkcji i deklaracja parametrów funkcji REGLINP() w MS Excel



Źródło: opracowanie własne

4. Zatwierdzić wprowadzone parametry przyciskiem OK.

Jak pamiętamy, funkcja REGLINP() jest funkcją tablicową zajmującą 2×5 komórek arkusza. Excel obliczy wartości formuły, ale wstawi tylko jedną wartość z (lewej najwyższej) komórki. Aby obejrzeć wszystkie wyniki, należy tablicować formułę. Robi się to w następujący sposób:

1. Należy zaznaczyć zakres komórek (w tym przykładzie) G2:H6, czyli wymaganą macierz 2×5.
2. Wcisnąć klawisz funkcyjny F2.
3. Naciśnąć kombinację klawiszy: Ctrl+Shift+Enter.

Excel wypełni macierz:

	G	H
2	-1,012013348	92,63670745
3	0,045916284	2,560081595
4	0,945501894	4,353580458
5	485,7793208	28
6	9207,297442	530,7025584

Zawartość komórek jest następująca:

$G2$	— wartość współczynnika α ,	$H2$	— wartość wyrazu β ,
$G3$	— błąd standardowy oceny współczynnika α ,	$H3$	— błąd standardowy β ,
$G4$	— kwadrat współczynnika korelacji; $1-\phi^2$,	$H4$	— odchylenie standardowe reszt,
$G5$	— wartość statystyki F (pominięta w tym przykładzie),	$H5$	— liczba stopni swobody (pominięta w tym przykładzie),
$G6$	— regresyjna suma kwadratów,	$H6$	— suma kwadratów reszt.

Oceniając wartość w komórce $G4$, można stwierdzić, że w tym przykładzie obliczona prosta regresji wyjaśnia 94,6% zmienności Y względem X , a wartości $\hat{Y}$ odchylają się średnio o 4,35 od wartości empirycznych Y . W tym przykładzie można mówić o dużym dopasowaniu funkcji regresji do danych rzeczywistych.

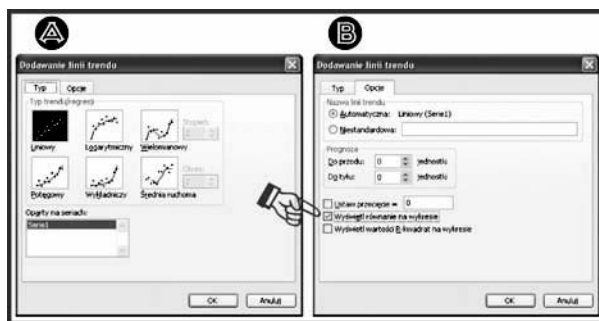
Aby obejrzeć dane na wykresie łącznie z prostą regresji, należy zaznaczyć zakres danych $B2:C31$ i wg opisaną w punkcie 3.6.1.1 metody wykonać za pomocą kreatora wykresów wykres punktowy rozproszenia. Następnie należy dodać linię trendu, w tym przykładzie prostą regresji.

Robi się to następująco:

1. Najpierw trzeba zaznaczyć LPM wcześniej utworzony wykres punktowy.
2. Z paska menu wybrać *Wykres/Dodaj linię trendu*.

Excel otworzy okno dialogowe *Dodawanie linii trendu* (patrz rysunek 3.20A).

Rysunek 3.20.
*Okno dialogowe
dołączania linii
trendu do wykresu
punktowego*



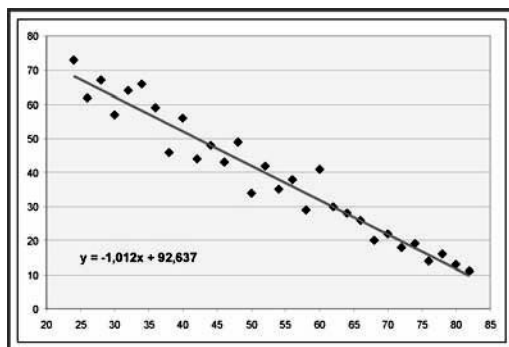
Źródło: opracowanie własne

3. W tym oknie w zakładce *Typ* należy w pozycji *Typ trendu/regresji* zaznaczyć *Liniiowy*.
4. W tym samym oknie, ale w zakładce *Opcje* (rysunek 3.20B), należy zaznaczyć pole wyboru *Wyświetl równanie na wykresie*.
5. Zatwierdzić ustawienie parametrów wykresu przyciskiem *OK*.

Rezultat będzie taki jak na rysunku 3.21:

Rysunek 3.21.

Przykład wykresu punktowego w MS Excel z prostą linią regresji i jej równaniem



Źródło: opracowanie własne

Jak widać, parametry równania prostej odpowiadają tym wyliczonym z funkcji RELIGNP().

Przykład 3.9 c.d.

W dalszej części przykładu kolumna D zostanie uzupełniona wartościami $\hat{Y}$, czyli teoretycznymi Y, które wynikają i mogą być wyliczone z funkcji regresji. W tym przykładzie do tego celu zostanie zastosowana funkcja RELINGW(), która wyliczy te dane niezależnie. Nie są jej potrzebne żadne informacje wstępne oprócz danych źródłowych.

Funkcja obliczająca w MS Excel:

Kategoria: *Statystyczne*, postać: REGLINW(*Znane_y*; *Znane_x*; *Nowe_x*; *Stała*)

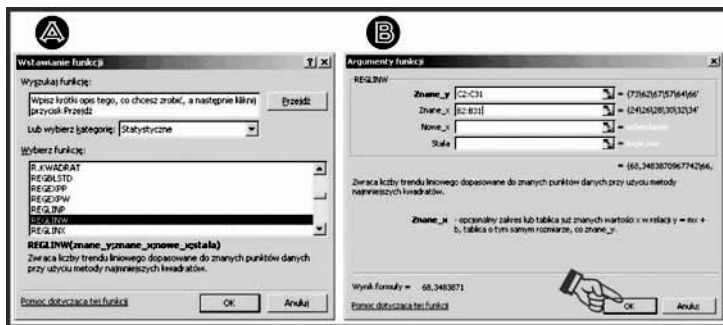
Podobnie jak RELIGNP() funkcja RELINGW() też jest funkcją tablicową. Tym razem macierzą będzie jedynie zakres komórek, w których mają być umieszczone wyliczone przez funkcję wartości $\hat{Y}$.

Aby zrealizować tę część ćwiczenia, należy wykonać następujące kroki:

1. W arkuszu Excela jak na rysunku 3.18 zaznaczyć LPM komórkę D2.
2. Wstawić funkcję z menu: *Wstaw/Funkcja/Statystyczne/REGLINW* (patrz rysunek 3.22A).
3. Wypełnić pola argumentów jak na rysunku 3.22B wg poniższego wzoru:
 - ◆ *Znane_y* — C2:C31.
 - ◆ *Znane_x* — B2:B31.
 - ◆ *Nowe_x* — pozostawić puste.
 - ◆ *Stała* — pozostawić puste.

Rysunek 3.22.

Wybór funkcji
i przykład deklaracji
parametrów funkcji
REGLINW()
w MS Excel



Źródło: opracowanie własne

4. Zatwierdzić wprowadzone parametry przyciskiem OK.

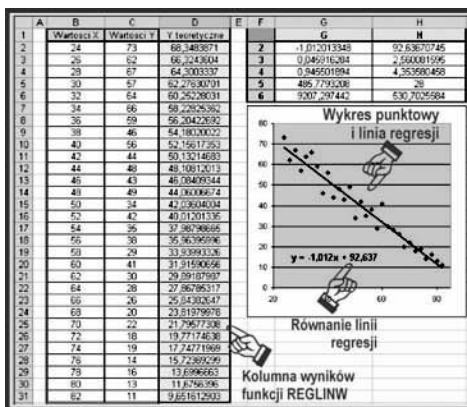
Funkcja REGLINW() jest funkcją tablicową. Excel obliczy wartości formuły, ale wstawi tylko jedną wartość z (najwyższej) komórki. Aby obejrzeć wszystkie wyniki, należy tablicować formułę. W tym przypadku robi się to w następujący sposób:

1. Należy zaznaczyć zakres komórek (w tym przykładzie) D2:D31, czyli jedną kolumnę o identycznej liczbie komórek jak kolumny z danymi.
2. Wcisnąć klawisz funkcyjny F2.
3. Naciśnąć kombinację klawiszy: Ctrl+Shift+Enter.

Excel wypełni macierz (kolumnę) jak na rysunku 3.23:

Rysunek 3.23.

Arkusz MS Excel
z kompletnym
rozwiązaniem
przykładu



Źródło: opracowanie własne

Ćwiczenie 3.1

Sprawdź wzorem z powyższego przykładu, czy podane cechy X, Y powiązane są zależnością liniową. Należy obliczyć parametry funkcji regresji i miary jej dopasowania do danych empirycznych. Na zakończenie oblicz $\hat{Y}$ (Y teoretyczne) dla otrzymanej funkcji liniowej i sporządź wykres punktowy z równaniem funkcji regresji i współczynnikiem determinacji. Czy w tym przypadku można mówić o dopasowaniu linii regresji?

Dane do ćwiczenia:

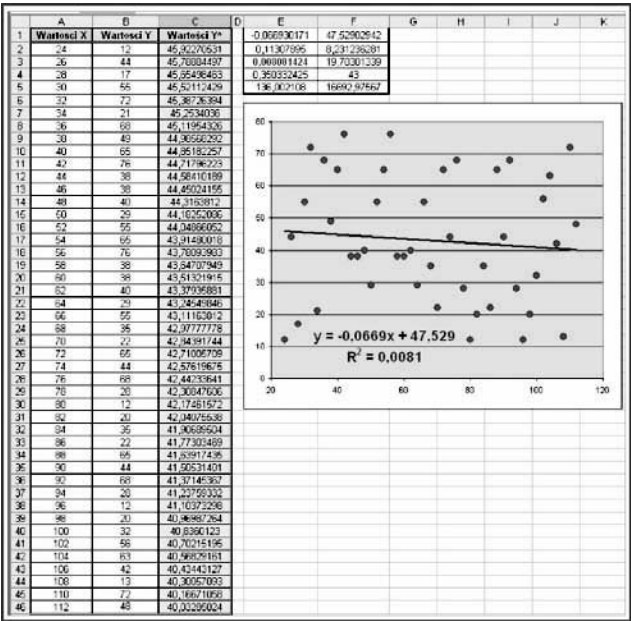
Wartości X	Wartości Y	X cd.	Y cd.	X cd.	Y cd.
24	12	54	65	84	35
26	44	56	76	86	22
28	17	58	38	88	65
30	55	60	38	90	44
32	72	62	40	92	68
34	21	64	29	94	28
36	68	66	55	96	12
38	49	68	35	98	20
40	65	70	22	100	32
42	76	72	65	102	56
44	38	74	44	104	63
46	38	76	68	106	42
48	40	78	28	108	13
50	29	80	12	110	72
52	55	82	20	112	48

Wynik ćwiczenia:

Wynik ćwiczenia 3.3 przedstawiono na rysunku 3.24.

Rysunek 3.24.

Widok arkusza
po prawidłowym
wykonaniu
powyższego ćwiczenia



Źródło: opracowanie własne

Przy współczynniku determinacji $R^2 < 1\%$ nie można mówić o jakimkolwiek dopasowaniu funkcji regresji do danych rzeczywistych.

Poniżej przedstawiono ostatnie z narzędzi do znajdowania liniowej funkcji regresji zaimplementowanych w Excelu. Zostanie ono zaprezentowane, tak jak poprzednie, na konkretnym przykładzie.

Przykład 3.10

Na podstawie danych cech technicznych X , Y zostanie znalezione równanie linii regresji i sporządzone zostaną dwa wykresy — punktowy z wartościami Y rzeczywistymi wraz z wyliczonymi danymi $\hat{Y}$ i linią regresji oraz punktowy dla wartości reszt $Y - \hat{Y}$. Zostaną wyliczone także statystyki dla otrzymanej linii regresji. Ponieważ cechy opisują parametry techniczne, Y może przyjmować wartości ujemne.

Dane do przykładu:

Wartości X	Wartości Y	X cd.	Y cd.	X cd.	Y cd.
24	79	44	57	66	22
26	59	45	50	67	21
27	63	46	43	68	20
28	74	48	33	70	25
30	22	50	34	72	18
32	64	52	42	73	16
33	59	54	35	74	19
34	66	56	46	76	14
36	41	58	29	78	12
38	46	60	22	79	11
40	61	62	30	80	15
42	44	64	28	82	11

Do sporządzenia i oceny dopasowania linii prostej regresji do danych użyto automatycznych obliczeń narzędzia *Regresja* z modułu *Analiza danych*.

Narzędzie to uruchamia się z menu *Narzędzia/Analiza danych/Regresja* (patrz rysunek 3.25).

Okno dialogowe funkcji *Regresja* wypełniono jak na rysunku 3.25. Jak widać, zawiera ono wiele możliwości parametryzowania działania tego narzędzia. Oto opis działania ustawień pól wyboru z sekcji *Składniki resztowe*:

- ♦ *Składniki resztowe* — do arkusza wynikowego zostaną dodane jeszcze wartości $\hat{Y}$ oraz wartości błędów $Y - \hat{Y}$.
- ♦ *Std. składniki resztowe* — oprócz tabeli składników resztowych MS Excel tworzy tabelę reszt zestandaryzowanych.

Rysunek 3.25.
Okna dialogowe
Analiza danych
i Regresja

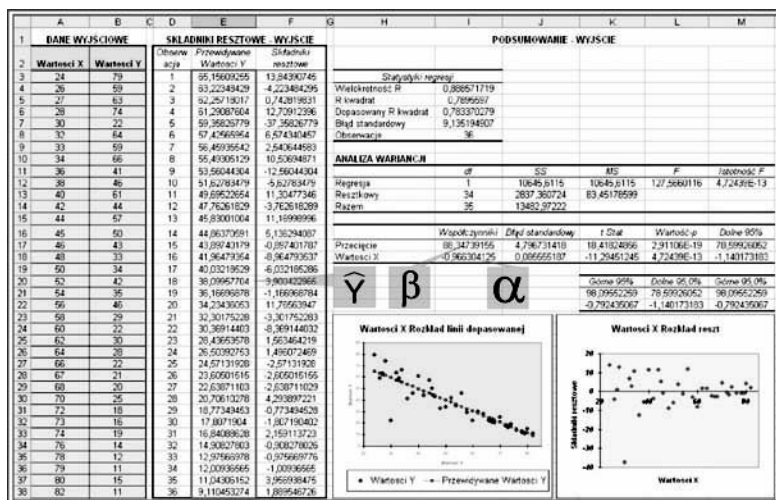


Źródło: opracowanie własne

- ◆ **Rozkład reszt** — utworzenie wykresu punktowego wartości reszt $Y - \hat{Y}$ w funkcji poszczególnych obserwacji X .
- ◆ **Rozkład linii dopasowanej** — utworzenie wykresu punktowego z wartościami $Y(X)$ rzeczywistymi oraz wyliczonymi danymi $\hat{Y}(X)$ leżącymi na linii regresji.

Po zatwierdzeniu LPM przycisku **OK** program w nowym arkuszu umieści zestawienie wyników i wykresy. Zestawienie wyników i wykresy dla niniejszego przykładu, umieszczone w arkuszu danych wyjściowych, prezentuje rysunek 3.26.

Rysunek 3.26.
Dopasowanie liniowej
funkcji regresji
do danych
rzeczywistych
za pomocą narzędzia
Regresja z modułu
Analiza danych
w MS Excel



Źródło: opracowanie własne

W tablicy wyjściowej występuje wiele wartości i oznaczeń. Najważniejsze z nich omówione w tym rozdziale to:

- ♦ **R kwadrat** — współczynnik determinacji R^2 .
- ♦ **Dopasowany R kwadrat** — skorygowany współczynnik determinacji $\bar{R}^2$.
- ♦ **Obserwacje** — liczba obserwacji n .
- ♦ **Współczynniki** — współczynniki α i β funkcji regresji.
- ♦ **Błąd standardowy (współczynników)** — średnie błędy oszacowań współczynników α i β .
- ♦ **Przewidywane wartości Y** — Y teoretyczne ($\hat{Y}$).
- ♦ **Składniki resztowe** — $(Y - \hat{Y})$.

Przykład 3.11

Na podstawie rozwiązania poprzedniego przykładu (nr 3) zostanie dokonana predykcja wartości Y , czyli odnalezienie ich oczekiwanych wartości dla przewidywanych wartości $X \in (82, 90]$.

W tej książce odróżniono pojęcie *prognostowania* od *predykcji*. Słowo **predykcja** użyte zostało w kontekście analizy regresji. Słowo **prognostowanie** zarezerwowano dla analizy szeregów czasowych, gdzie *prognostowanie jest ekstrapolacją wartości szeregu poza obszar danych estymacyjnych*.

Na rysunku 3.27 przedstawiono widok arkusza, w którym rozwiązano ten przykład. Widać, że kolumny z wartościami X , rzeczywistymi wartościami Y oraz wyliczonymi wartościami $\hat{Y}$ przeniesiono z arkusza, w którym rozwiązano poprzedni przykład. Przeniesiono także komórki z wartościami współczynników α i β opisującymi równanie linii regresji oraz komórkę z błędem standardowym δ opisującym średnie odchylenie rzeczywistych wartości Y od wyliczonych wartości $\hat{Y}$. Do kolumny A z wartościami zmiennej niezależnej X wprowadzono wartości, dla których mają być predykowane wartości Y . W kolumnie D z wartościami $\hat{Y}$ wyliczono z równania regresji $\hat{y} = \alpha x + \beta$ wartości Y teoretycznych. Zrobiono to, wprowadzając formułę $=\$G\$5*\$A39+\$G\$4$ do komórki $D39$ i kopiując ją do trzech niższych komórek tej kolumny. Proszę zwrócić uwagę na konieczność zakotwiczenia symbolem $\$$ danych adresowych komórek zawierających wartości współczynników α i β . W ten sposób wyliczono $\hat{Y}$, czyli wartości teoretyczne. Rzeczywiste Y może odchyłać się od nich o wartość losową błędu standardowego δ . W naszym przykładzie błąd ten może wynosić $\pm 4,796731418$ (komórka $H4$). Pozostało więc wyznaczyć granice obszaru przewidywanego z dokładnością 95% występowania wartości rzeczywistych Y . Zrobiono to w następujący sposób: do komórki $C39$ wprowadzono formułę $=D39-\$H\4 i powielono ją tak, aby znalazła się ona w komórkach zakresu $C35:C42$, oraz wprowadzono formułę $=D39+\$H\4 do komórki $E39$ z powieleniem na zakres $E35:E42$. Następnie wykonano wykres punktowy w odmianie z prostymi łączącymi punkty, w którym zmiennymi niezależnymi były wartości X z kolumny A , a seriami danych wartości z kolumn C , D i E . Wykres ten przedstawiono na rysunku 3.28.

Rysunek 3.27.

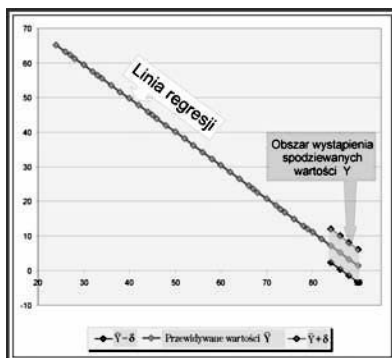
Arkusz MS Excel
z przykładem
predykcji
w analizie regresji

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	DANE WYJŚCIOWE							
2	Wartości X	Rzeczywiste Wartości Y	$\hat{Y}=\delta$	Przewidywane Wartości Y	$\hat{Y}=\beta$			
3	24	79		66,15609295			Współczynnik	Błąd standardowy S
4	26	59		53,22348429		β	88,34739155	4,796731418
5	27	63		62,25718017		α	0,966304125	0,085555187
6	28	74		51,29087604				
7	30	22		59,36826779				
8	32	64		57,42565954				
9	33	59		56,45935542				
10	34	66		55,49306129				
11	36	41		53,56044304				
12	38	46		51,62783479				
13	40	61		49,69522654				
14	42	44		47,76261829				
15	44	57		45,83001004				
16	45	50		44,86370591				
17	46	43		43,89740179				
18	48	33		41,96479354				
19	50	34		40,03218539				
20	52	42		38,09957704				
21	54	35		36,16696878				
22	56	46		34,23436953				
23	58	29		32,30176228				
24	60	22		30,36914403				
25	62	30		28,43653578				
26	64	28		26,50392753				
27	66	22		24,57131928				
28	67	21		23,64501515				
29	68	20		22,63871103				
30	70	25		20,70610278				
31	72	18		18,73494553				
32	73	16		17,8071904				
33	74	19		16,84088628				
34	76	14		14,90279003				
35	78	12		12,97666978				
36	79	11		12,00366665				
37	80	15		11,04306152				
38	82	11		9,110453274				
39	84		2,381113605	7,177845023	11,9745761			
40	86		0,448505354	5,245236773	10,0419682			
41	88		-1,4841829	3,312628522	8,10935994			
42	90		-3,41671115	1,388020271	6,17675169			

Źródło: opracowanie własne

Rysunek 3.28.

Wykres wyników
predykcji wartości
rzeczywistych Y



Źródło: opracowanie własne

Jak widać, w tym przykładzie rzeczywiste Y mogą przyjmować wartości ujemne.

3.6.2. Analiza korelacji

Do tej pory w opisie cech X , Y traktowano zmienną X jako niezależną, a tylko zmienną Y jako zmienną losową (zależną od X). Ale istnieją przecież przypadki, gdy trzeba założyć, że obie zmienne X i Y należy traktować jako zmienne losowe. Badanie związku pomiędzy zmiennymi w tym nowym układzie założeń to właśnie **analiza korelacji**. Korelacja między dwiema zmiennymi losowymi X i Y jest miarą siły (stopnia) liniowego związku pomiędzy nimi. Jest taka sama między X a Y jak między Y a X .

Do opisu związków pomiędzy dwiema cechami X i Y wykorzystuje się następujące wskaźniki:

- ♦ kowariancję,
- ♦ współczynnik korelacji liniowej Pearsona,
- ♦ współczynnik determinacji.

3.6.2.1. Kowariancja

Parametr — **kowariancja**

Oznaczenie — $cov(X,Y)$

Wzór:

$$cov(X,Y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

gdzie:

- n — liczba pomiarów,
- $\bar{x}$ i $\bar{y}$ — to wartości średnie z próby zmiennych X i Y .

Interpretacja: kowariancja charakteryzuje sposób kojarzenia się wartości zmiennych losowych X i Y (zależności pomiędzy zmiennymi X a Y) tworzących wspólny rozkład. Zestawienie interpretacji przedziałów wartości kowariancji prezentuje tabela 3.2.

Tabela 3.2. Interpretacja wartości funkcji kowariancji

$cov(X,Y) > 0$	Korelacja jest dodatnia — pozytywna	Jeśli rośnie wartość cechy X , to także wzrasta wartość cechy Y
$cov(X,Y) < 0$	Korelacja jest ujemna — negatywna	Jeśli rośnie wartość cechy X , to maleje wartość cechy Y
$cov(X,Y) = 0$	Cechy X i Y są nieskorelowane	Nie istnieje zależność pomiędzy cechami X i Y

Funkcja realizująca w MS Excel:

Kategoria: *Statystyczne*, postać: `KOWARIANCJA(tablica1;tablica2)`

Zakresy danych definiuje się poprzez zaznaczenie obszaru ich występowania w arkuszu, np. przez zaznaczenie ich z wciśniętym LPM lub ustawienie się w pierwszej komórce kolumny z wartościami i kliknięcie LPM z wciśniętym klawiszem *Ctrl* ostatniej (patrz rysunek 3.29).

Przykład 3.12

Poniżej (w tabeli 3.3) przedstawiono dane zapisane w trzech kolumnach reprezentujące badania popytu względem ceny dla trzech rodzajów towarów. Dla tych trzech zestawów danych należy obliczyć wartości kowariancji i sporządzić wykresy punktowe, aby móc

Tabela 3.3. Przykładowe dane do obliczenia kowariancji

Towar 1		Towar 2		Towar 3	
Wartości X	Wartości Y	Wartości X	Wartości Y	Wartości X	Wartości Y
24	27	24	73	24	12
26	38	26	62	26	44
28	33	28	67	28	17
30	43	30	57	30	55
32	36	32	64	32	72
34	34	34	66	34	21
36	41	36	59	36	68
38	54	38	46	38	49
40	44	40	56	40	65
42	56	42	44	42	76
44	52	44	48	44	38
46	57	46	43	46	38
48	51	48	49	48	40
50	66	50	34	50	29
52	58	52	42	52	55
54	65	54	35	54	35
56	62	56	38	56	22
58	71	58	29	58	65
60	59	60	41	60	44
62	70	62	30	62	68
64	72	64	28	64	28
66	74	66	26	66	12
68	80	68	20	68	20
70	78	70	22	70	32
72	82	72	18	72	56
74	81	74	19	74	63
76	86	76	14	76	42
78	84	78	16	78	13
80	87	80	13	80	72
82	89	82	11	82	48
Kowariancja: 303,266667 cov(X,Y) > 0		Kowariancja: -303,266667 cov(X,Y) < 0		Kowariancja: 0,3 cov(X,Y) ≈ 0	

Rysunek 3.29.
Okno dialogowe
funkcji
KOWARIANCJA(),
w którym definiuje się
zakresy danych X i Y

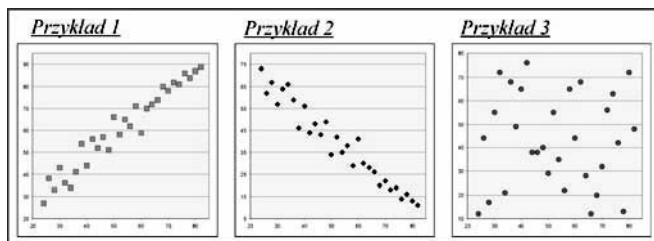


Źródło: opracowanie własne

zorientować się, jaki wpływ na wartość kowariancji ma rozrzut wartości Y . Najlepiej przećwiczyć w aplikacji MS Excel ten przykład indywidualnie.

Obliczone wyżej opisanym sposobem wartości kowariancji dla każdego przykładu zapisano na dole tabeli. Wykresy punktowe rozproszenia dla tych przykładów przedstawiono na rysunku 3.30. Na tym rysunku wyraźnie widać, że im bardziej wartości cech Y są rozstrzelone względem cech X , tym bardziej wartość kowariancji zbliża się do zera.

Rysunek 3.30.
Wykresy punktowe
dla trzech powyższych
przykładów wykonane
w MS Excel



Źródło: opracowanie własne

3.6.2.2. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona i determinacji

Parametr — współczynniki korelacji liniowej Pearsona

Oznaczenie — r_{xy}

Wzór:

$$r_{xy} = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Interpretacja: współczynnik bada siłę i kierunek zależności pomiędzy zmiennymi X a Y .

$$r_{xy} \in \{-1; 1\}$$

Wartości ujemne świadczą o ujemnej zależności liniowej, wartości dodatnie o sile dodatniej zależności liniowej. Współczynnik $r_{xy} = 0$, gdy $\text{cov}(X, Y) = 0$ i znaczy to, że nie występuje korelacja pomiędzy cechami X a Y .

Funkcja i narzędzie obliczające w MS Excel:

Kategoria: *Statystyczne*, postać: PEARSON(*tablica1*; *tablica2*) lub

kategoria: *Statystyczne*, postać: WSP.KORELACJI(*tablica1*; *tablica2*)

Parametr — **współczynnik determinacji**⁷

Oznaczenie — r^2 lub R^2

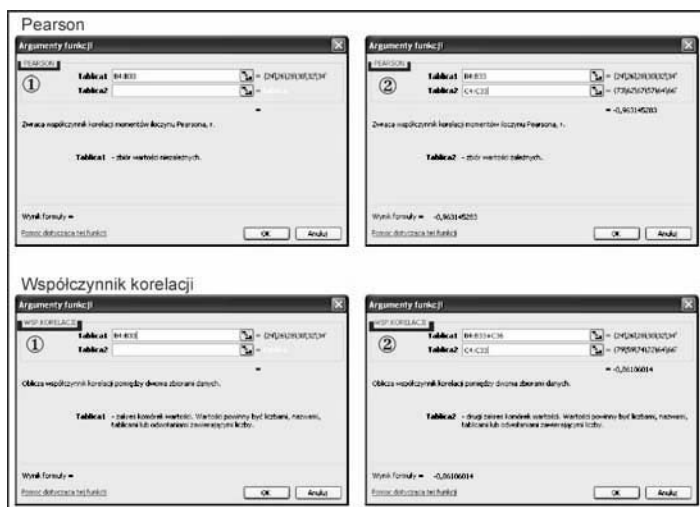
Wzór:

$$r^2 = r_{xy}^2 \cdot 100\%$$

Interpretacja: procentowa liczba zmienności *Y* dająca wyjaśnić się liniową zależnością względem zmiennej *X*. Czyli innymi słowy: ile procent cech *Y* da się opisać liniową funkcją regresji względem cech *X*. Przyjmuje się, że model jest zły, jeżeli wyjaśnia mniej niż 60% danych, lecz próg ten jest dyskusyjny. Okna dialogowe funkcji PEARSON() i WSP.KORELACJI() przedstawiono na rysunku 3.31.

Rysunek 3.31.

Okna dialogowe funkcji PEARSON() i funkcji WSP.KORELACJI(), w których definiuje się zakresy danych *X* i *Y*



Źródło: opracowanie własne

Funkcja w MS Excel:

Funkcja REGLINP(*Znane_y*; *Znane_x*; *Stała*; *Statystyka*)

oraz narzędzie *Regresja* z modułu *Analiza danych*.

W poniższym przykładzie w celu obliczenia współczynnika determinacji należy samemu stworzyć funkcję podnoszącą do kwadratu współczynnik korelacji liniowej.

⁷ Więcej informacji na temat współczynnika determinacji znajduje się w punkcie 3.6.1.2.