książkiklasybusiness 🧀

księgarnia internetowa





Wydawnictwo Helion ul. Kościuszki 1c 44-100 Gliwice tel. 032 230 98 63 e-mail: helion@helion.pl

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

6

- 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 wyrywały Ci się spod kontroli

książki klasybusiness



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	
	1.4. Rola kierownika projektu	
Rozdział 2.	Na początku zawsze jest potrzeba	27
	2.1. Wprowadzenie do transformacji przedsiębiorstw	
	2.2. Transformacja przedsiębiorstwa jako generator potrzeb biznesowych	
	(w tym informatyzacyjnych)	
	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	100
	1 prognozowania trendow	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 niezwiazane 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 przedsiebiorstwach 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 osobe. 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 ksiegowych 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. Oczywistym 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 niezmienne 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 wspomagania zarządzania tym projektem zastosowano MS Project 2003 oraz MS Excel 2003. Harmonogramowi projektu — wykres Gantta — odpowiada arkusz rozliczeń finansowych sporządzony w Excelu.

-	N/ N/ N/										_	0		_
_	rok				2	006								
	miesląc	IV	V	-	VI	VII	VIII	1X.	x	XI	-	XII	1	
Esap	Wydatki kwalifikowane		2	-	_	-				-	-	3		1
1.	Opracowanie projektu systemu			-		•		•	•					
	Badania i analizy oraz opracomnie studium					1					- 11	1		
-	przesprojektowego i projektu technicznego pormiu			-						-	-			
1	ostemalizacii													
2.	Budows kokpitu zarzędzania		2 157 000,00	1041	000,00			318 440.00	-		St 3	375476.00		
1	System zerzedzenia finansami (F-K, ST, KP, Sprzedat,	-	S	_				-			-			2
	Analta zyskomeści sprzedszy,Cash-flom, Gosp. mat. I										- L			
	mopetrzenie, Kentroling kosztów pośrednich, Hurtownia										- L			
_	danych, BSC + OLAP) + narzędzia middleuwre*		2 157 000,0	0 104	1000,000			306 000,00			_			
1	System zerzetzenie Mienteni (CRM)*					1		63.440.00	1 1			225.676.00		
1	Budowa systemu zdalnado nauczania			-		217 005 08	67 500.00	225 000.00	225 040.00	225 000	00	225 400 00	200 384 00	217 000.00
-	Sustan relations murmain (dla DiOI i annalameniarenta			-							-			
	ekspertömi					317 000.00	67 500.00		225 000.00		- 11	22500000	225 384.00	
	Bysiem zielnens enurmin usowarechalainey piedze			-	-					S	_			
	normalizacyjna					2555555		225 000,00		225 000	00	1985-11985-220		317 000,00
4.	Budowa portalu e-Norma	•2				316 000.00	2 856 700,00		3 403 000,00	805 504	00	PE1 188,00		100 000.00
	System zacządzania niedzą i komunikacji weomętrznej"								000000000		- L			
-	Construction of the second second second second second						896 400,00		2903000,00					
	System komunitacji z ezpertemi						1 020 700,00			505 504	00.			
10	System wirtualizacji zasobów		i .	1		i	446 600,00	8	241 000,00	£	12			400 000,00
	System zarządzonia Mientami (praw dostępu do zacobów					1	2.1.0 1.0 Percent			1				
1	informa cyjaycki"			_	_				82,000,00	8	_	861 188,00		1
	Bystem zeczędzenie użytkownikemi zewnętrznymi i					-	-		100.000					
	stanebznymi		-	-		278 000,00	421 000,00	-	177 000,00		-			
-	oyelem menjemen integracije systemba portalu			-	-	38 000,00	73 000,00	-	-	100 000	10	-		-
5,	Budowa systemu bezpieczenstwa		•	-	. 1	11 000,00	147 000,00	392 600,00	231 040,00	1 449 000		343 600,00	•	•
	opravotente petroje sezpielezekates telermaryjnego			1				200 000 00				2		
	Bertem mendensis informations distances de montal		-	-	-			202.002.00	-	-	-			-
	Pick i gemetzeren podnisen sistemieren					6/10000	14700000		231 000.00	1489.000		3430000		
6	Adaptacia pomieszczeń na potrzeby systemu		476 509 14					1			-	- manual		
-	Adeptacia pemietatanà na petetake projektika		475 800 0							1				
1.	Koszty dodatkowa	14 580.00	19 100 D		1 589,00	14 5592.00	14 580,00	14 580.00	\$4 580.00	14 595	.00	123 878.00	54 188.00	64 180.00
	Koszty ubezpieczenie sarzęte kompeterowego											16 079 00		
	Koszty uzyskania szybszego deolępu do internetu		85400.0	>	_					-	_	73200,00		
1.5	Keazty using kniegowych		J- Prints							2		20 019:00		
	Kousty wynogrodzenia 3 informatyków	14 580,00	14580.0) 1	4 580,00	14 580.00	14 580,00	14 590,00	14 580,00	14,580	00.	14580,00	14580.00	14,680,00
1										3		5		
	Notity synegroutions precomines so sementicly teropolit					000000000							29 600,00	39 600,00
		14 (60,00	2 732 788,00	166	1088,00 2	218 598.00	3 895 790,00	901 828,00	3 873 680,00	2334 664	.00	1 728 742,00	279 664,00	771 580.00
1														
	rok		MCN -		W	2 607	102	93	0.0	20		-	SUMA	
	miesiac	100	1 23	N	v	VI		1 VI	I IV		¥	71	-	
fine	Wydafki kwalilikowana	-	-			-				-	-	-	12	Ehn
	Opracowania projektu svetemu	1	-	114.1	742				449 000 0		-	800 300 00	1.439 2047	
	Redanin i seniite ant someennin studium		_					-		~			1444 244,4	
	presidereisiderense i projektu technicznene portulu											707 200,00	707 200	00
	Analiza zasobów informatycznych z projektam ich		-						100000000				(avroad)	100
	estymeitacji		100		-				449.000,0	00		283 000,00	732 000	00
2.	Budowa kokpitu zarządzania	2 163 648,0	0	100						5				00 2.
-	System zarządzania financami (F-K, ST, KP, Sprzedaż,	-	-39 P		i.	8							25	
	Analiza zyskowności sprzedaży,Cash-flow, Gosp. met. 1											1		
	zeopatrzenia, Kontroling kosztów pośrednich, Hurtownia											1		
	danych, BSC + OLAP) + sarzędzia middlessere*	2 153 568(0			_	_		_	_			5 667 568,	.00
	Bystem zaczędzania Mieniami (CRII)*												439 116	m
1	Budowa systemu zdainego nauczania		12. 17		67 509.00		725.00	0.00					2 110 384	1 1
	System adalogue nancunin (dia PKI i esphinmeniacych			1 March						_				
	ekaperlén)											1	1059 884)	00
	System relainens neueranis uponerschniedscy miedre	-	-			10					_		1	
	eormelizacyjną			_	67 500,00		2250	20,00	-				1 059 500)	00
4	Budowa portalu e-Norma	1489 368,0	0 2486	008,00		2 463 696	00 800 12	18,00	•) (•	÷.		518 112,00	15 938 596,0	00 4
	EUTINE DO REPORTANT ATTO THE ME		-88		(1				_			1	
1	System zarządzenie wiedzą i komunikacji weznętrznej"											1	1	
1			903	296,00									4701696	00
	System komunikacji z espertami		877	196,00	0	5	2				_		2 408 400)	00
	Byslem wirkesitzscji zasobba			-			8001	28,00				518 112,00	2406 840	00
	System zacządzanie klieniami (pres destąpu do zasobów		1000	00000		5023-3							S. Secondario	100
-	informacyjnych)*		636	478,00		518 112	00	_	_	_	_		1736778)	
1	aystem zarządzanie użytkonalkami zemeştrznymi i						_						1000000	~
-	Suctan analysis interacts and an interaction	1.410.2004	v 10								100	C.7782/1484-2	2,760,508	m
1	Budows systemu bezpieczechtus	. 403 300,0	-								18	sU 508,00	5 005 000 0	
~	Onnersanie aslički brzelevnictwa informacione	<u> </u>				1				1	27	50 368 00		
1	Aminski z bedet i speliti			_			-						200 800	
-	System zurzedzenie ledeteszostym detiegen de menher					349 200	,00			-	6 05	00,080 08		
1	PKH i wexneticznym podalsem elektronicznym		11										4802285	00
6.	Adaptacja pomieszczen na potrzeby systemu								1		~	20,000,00	475 809.0	00 1.
	Adaptacja pseuloszczah na potrzeby projektu	1				-					2	02,000,00	475 800	00
1.	Koszty dodatkowa	54 180.0	0 5			1				1			1029 448.0	00 7.
-	Kanta dan kanda sa da sa sa baharan kanan kanan ka					349.20	000				49	12 286.00	48 358)	.00
	warsh narshierseue abrsion wombountamede	•		_	_	01020	100		-		40	. 200,00	231 800	00
	Koszty uzyskania szybszege dostępu de Interneta				-		-			-	41	76 800,00	57 682)	.00
-	Koszty uzysłania szybszego dosłąpu do internetu Koszty uzysłania szybszego dosłąpu do internetu Koszty usług księgosych			_								30 000 30	291 600)	00
	Koszty uzysłania szybszego dosłąpu do internetu Koszty uzysłania szybszego dosłąpu do internetu Koszty uzysania si informatyków Koszty uzysagrodzenia 3 informatyków	14 580,0	0 1		2160		-					/580000		-
	Koszy uszykania sybczego dedigu do internety Koszy uzykania szybczego dedigu do internety Koszy usług isięgosych Koszy wynagredzania 3 informatyków	14 580,0	0 1						400.000		4	/5 800,00	-	2.2
	Kozzy wszpieczna spzyw konjestrowych Kozzy uzykania szybezyce dostopu do interetu Koszy wynagredzenia 3 informałytów Koszy wynagredzenia pracowików do wichastineji zacobów	14 580,0	x 1 x 3	54 1	180,00	54 180	.00	34 380,00	172 522	2,00	103	75 800,00 20 440,00	396 000/	.00
	noszy uszpieczma syczyca wanych magywinnych Koszy uszpieczna syczyca okolym ob obernetu Koszy usynagrodzenia 3 informałyków Koszły ugnagrodzenia 3 informałyków Koszły ugnagrodzenia pracowników do wichaslicnej i szcobów	14 580,0 39 600,0 3 6 67 116,0	0 1 0 3 0 2634	54 1	180,00	54 180	,00 :	34 380,00	172 522	2,00	102	75 800,00 20 440,00 43 358 00	396 000) 32 195 194.0	00
	rokszy uszpieczenia spotzym okonymientewisy Karzy uszpieczenia spotzym okonymientewisy Koszty uszymanieczenia i Informatybie Koszty usymanieczenia i Informatybie Koszty usymanieczenia i Informatybie Koszty usymanieczenia i Informatybie Koszty usymanieczenia i Informatybie	14 580,0 39 600,1 3 697 116,0	0 1 0 3 0 263	54 1	180,00	54 180	,00	34 380,00	172 522	2,00 9,00	102	75 900,00 20 440,00 43 358,00	396 000) 32 196 184.0	00 08
E	rozzy wizgistania pytania napaziran napaziranya Kazdy upikali napizaza olego di hinnaki Kozdy upikaj kilogozyta Kozdy upikaj napizali i informativa Kozdy upikaj napizali i informativa	14 580,0 39 600,0 3 697 116,0	0 1 0 3 0 263	54 1	180,00	54 180	.00	34 380,00	172 522 27 27 73 20	2,00 9,00 0,00	10	75 300,00 20 440,00 43 358,00 31 300,00	396 000) 32 196 1944	00 0 0
	rodzy ustąpieczna pocza narpazie narpazie Korzy wyska u pocza narpazie Korzy wyska ingerych Korzy wynagredznia i innawykłe Korzy wynagredznia poczemikie do wietnakacji zosobio	14 580,0 30 800,0 3687 116,0	0 1 0 3 0 263	54 1	180,00	54 180	,00	34 380,00	172 522 27 273 73 200 37 65	2,00 9,00 0,00	10	75 800,00 20 440,00 43 358,00 31 800,00 57 682 00	306 000) 32 196 1944	00 08
	rozzy wizgistania pycza negostania Karzy wysky o klinicky Korzy wsky kligozych Korzy wynagodzini i hinnickych Korzy wynagodzini poscowików do wichaklastji zachów	14 580,0 30 800,0 3 697 116,0	0 1- 0 3- 0 2634	54 1	180,00	54 180	,00 :	34 380,00	172 522 27 27 73 20 37 68	2,00 9,00 0,00 3,00	10	75 800,00 20 440,00 43 358,00 31 800,00 57 682,00	396 000)	00 08
	rodzy ustąpieczna pocza narpaczewy Korzy wskaj w skarowe Korzy wskaj kiejstych Korzy wynagodznia i kiejstych Korzy synagodznia poczanika skarowe Korzy synagodznia poczanika skarowe	14 580,0 30 800,0 3 697 116,0	0 1. 0 34 0 2636	54 1	1 80,00 580,00	54 180 14 58	00	34 380,00 14 580,00	172 522 27 27 73 20 37 68 14 58	2,00 9,00 0,00 3,00 0,00	4 10 2 2	75 800,00 20 440,00 43 358,00 31 800,00 57 682,00 91 600,00	396 000)	00
	rozzy unzgriezena porzeka norgazirowaje Karzty wykająci kojesnych Korzty wykają klejesnych Korzty wynagreżana i intramistych Korzy wynagreżana i intramistych Korzy wynagreżana i intramistych zachod	14 580,0 39 900,0 3697 116,0	0 1 0 3 0 263	54 1	1 80,00 580,00	54 180 14 58), 00 :	34 380,00 14 580,00	172 522 27 27 73 20 37 68 14 58	2,00 9,00 0,00 3,00 0,00	4 102 2	75 800,00 20 440,00 43 358,00 31 800,00 57 682,00 91 600,00	336 000)	
	rodzy un zgłożenia systepa nowycza rowyczy wie Korzby wskaj na zgłożego do kanoska Korzby wskaj niegorych Neczły wynagradznia i lanomałyche Korzły wynagradznia precomikaw do wichastacji zacobła	14 580,0 39 900,0 3697 116,0	0 1 0 3 0 263	54 1 14 5	180,00 580,00	54 180 14 58	0,00	34 380,00 14 580,00	172 522 27 27 73 20 37 66 14 58	2,00 9,00 0,00 3,00 0,00	4 105 2 2	75 800,00 20 440,00 43 358,00 31 800,00 57 682,00 91 600,00	336 000/	00
	rozzy uszynie zajszenie norganiewy Karzy wską na pieszy okróny ob biernał Koszy wską kiejszych Koszy wynagrodzna i linnawieł Koszy wynagrodzna i niemałyże Koszy wynagrodzna i niemałyże	14 580,/ 30 800,/ 3 697 116,0	0 1- 10 3- 0 2636	54 1 14 : 39 (1 80,00 580,00	54 180 14 58 39 60	0,00	34 380,00 14 580,00 19 800,00	172 522 27 273 73 200 37 665 14 580 19 800	2,00 9,00 0,00 3,00 0,00	4 105 2 2 3	75 800,00 20 440,00 43 358,00 31 800,00 57 682,00 91 600,00 96 000,00	396 000) 32 196 1944	20
	rodzy uszykie zakowa posła napada napada napada napada Korzy wskaj napada napada napada napada Korzy wskaj napada napada napada napada Korzy wynagodzani i przewnika w switustkacji zachba Korzy wynagodzani przewnika w switustkacji zachba	14 580,4 30 800,1 3 697 116,0	0 1- 0 3- 0 2636	54 1 14 5 39 6	180,00 580,00 500,00 180,00	54 180 14 59 39 60 852 380	0,00 :: 0,00 :: 0,00 ::	34 380,00 14 580,00 19 800,00 34 380,00	172 522 27 273 73 200 37 663 14 580 19 800 1 680 834	2,00 9,00 9,00 9,00 9,00 9,00	4 102 2 2 2 3 32 12	75 800,00 20 440,00 43 358,00 31 800,00 57 682,00 91 600,00 96 000,00 15 184,00	336 000)	00
	rozzy unzysten nogozie nogozie nogozie nogozie Korzy unzystenia zglożane do do do do do do do do do Korzy unzysteżnia i laternowych Korzy opragredznia pracownikie do wichastineji zasobie Korzy opragredznia pracownikie do wichastineji zasobie	14 580,0 30 600,1 3 667 116,0	0 1- 0 3- 0 2636	541 145 396 541	180,00 580,00 600,00 180,00	54 180 14 58 39 60 852 380	000 : 0,000 : 0,000 :	34 380,00 14 580,00 19 800,00 34 380,00	172 522 27 273 73 200 37 665 14 589 19 800 1 680 834	2,00 9,00 9,00 9,00 9,00 9,00 9,00	4 102 2 2 3 32 18	75 800,00 20 440,00 43 358,00 31 800,00 57 682,00 91 600,00 96 000,00 95 184,00	336 (00)	00

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

Rysunek 3.2. Oszacowanie efektów	ZESTAWIENIE OCZEKIWANYCH EFEKTÓW	
kompleksowej	1. SPRZEDAŻ	
informatyzacji przedsiębiorstwa	— redukcja administracji; zwiększenie czasu przeznaczonego na sprzedaż	35%
— przykład	— 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



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

			9		100 200		- K		M	N
	rok				2 006					
	miesiąc	IV	V	VI	VE	VII	DX .	×	xa	X
Et.p	PONIESIONE WYDATKI				1				A MIL	
١.	Opracowanie projektu systemu			•	•					
	Bedanis i analizy oraz opracowanis studium przedprojektowego i projektu technicznego portału							(PA		mu
_	Analiza zasobow informatycznych z projektem ich optymalizacji				1					
2	Budowa kokpitu zarzędzania	1.4	2 167 000,00	1041000.00	•		365 448,06			375476.00
	System zarządzania financemi (F K, ST, KP, Sprzedaż, Aneliza zyskownosci sprzedaży, Cesh-Row, Gosp. mat. i zeopatrzenie, Kontroling kosztów posrednich, Hustownia danych, BSC + OLAP) + narzędzia middlewace		2 157 000,00	1041000,00			306 000,00			
	System zarządzania klientami (CRM)			0000000	Secure	for an end of	63 440,00	100000000	Sunceroned	375 676,00
3,	Budows systemu zdalnego nauczania			•	317400.00	17 500,00	225 006,00	225 000,00	225 000,00	225-000.00
	System zdalnego nauczania (dla PKNI wapolpracujących ekspertów)				317 000.00	67 500.00		225 000.00		225 000.00
	System zdalnego nauczania upowszechniający wiedzę normalizacyjną						225/000;00		225 000.00	
4.	Budowa portalu e-Norma			•	315 000,00	2 868 708,08		3 483 666,66	606 604,00	441 18L90
200	System zarządzania wiedzą i komunikacji wewnętrznej					895 400,00		2908300.00	10.000	
	System komunikacji z expertami				2	1 000 700,00			505 504,00	
_	System wirtualizacji zasobów				1 m	446 600.00		241 000,00		
	System zarządzania klientami (praw dostępu do zasobow informacyjnych)							12 000,00		061 106,00
	System zarządzania użytkownikami zewnętrznymi i wewnetrznymi				279 000,00	421 000,00		177 000,00		
	System zarządzania integracją systemów portalu				28 000 00	72 000:00			100.000.00	
5.	Budowa systemu bezpieczeństwa			•	1871000.00	147008.00	202 806,00	221 000,00	1489 000.00	343 000.00
	Opracowanie polityći bezpieczenstwa informacyjnego (wnioski z badań i analiz)						292 800,00			
	System zarzędzania jednorazowym dostępem do zasobów PKN i wewnętrznym podpisem elektronicznym				1671000.00	147 000:00		231 000.00	1 419 000 00	343 600.00
6.	Adaptacia pomieszczeń na potrzeby systemu	•	479 800.00	•			-			
	Adaptacja pomieszczeń na potrzeby projektu		475 000,00	-					-	
T,	Koszty dodatkowe	14 588.00	99 980,00	\$4 390,00	14 580,00	14 509,00	14 500,00	14 580,00	14 580,00	123 878.00
_	Koszty ubezpieczenia sprzętu komputerowego					-				16 679,00
	Koszty uzyskania szybszego dostępu do internetu		85 400,00		2.6	6.				79 200,00
	Koszty usług księgowych				Connection	C				20 613,00
	Koszty wynagrodzenia 3 informatyków	14 530,00	14 580,00	14 580,00	14 580,00	14.580,00	14580,00	14 580,00	14 580,00	14580.00
	Koszty wynagrodzenia pracowników do wirtualizacji zasobów	1	3	1						1.00000
-		14 306.00	2 732 780,00	1001000.00	2312-000.00	3 685 756.08	801 829,86	3 873 660.00	2334 084.00	1 728 341,00

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.

<u>Zysk kalkulacyjny (Z)</u> 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, a 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,

Z₀ — 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.

$$\mathbf{R}_{ekw} = \frac{\mathbf{Z}_n}{\mathbf{D}_{kw}}$$

gdzie:

Rekw – 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 zwiększo-nego ryzyka.

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;
- \blacklozenge 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:

 $NPV \ge 0$

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 zeru) może być realizowana, gdyż jest efektywna z punktu widzenia firmy.

<u>Ujemna wartość NPV</u> 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, ..., 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:

I₀ — koszt inwestycji poniesiony w roku zerowym.

Przykład 3.4

Kierownictwo firmy rozważa sposób zainwestowania 100 000 zł na cztery lata. W grę wchodzą 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. 🛛 🛛		A	В	С	D	E	F
Porównanie okresów	1		PRC	JEKT A			
zwrotu dwóch	2	Kolejne lata	0	1	2	3	4
projektów	3	Strumienie pieniężne	-100 000.00 zł	60000	20000	30000	5000
Појскион	4	Współczynnik dyskonta	1	1,1	1,21	1,331	1,4641
	5	Zdyskontowane strumienie pienięzne (2)	-100 000,00 zł	54 545,45 zł	16 528,93 zł	22 539,44 zł	3 415,07 zł
	6	Zdyskontowane strumienie pieniężne (1)	-100 000,00 zł	54 545,45 zł	16 528,93 zł	22 539,44 zł	3 415,07 zł
	7			NPV(10%) (1)	NPV(10%) (2)		
	8	Stopa dyskonta	10%	-2971,108531	-2701,007755		
	9		PRO	JEKT B			
	10	Kolejne lata	0	1	2	3	4
	11	Strumienie pienieżne	-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
1	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		

Rysunek 3.6.

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 inna metoda. Wykorzystano zaimplementowana w Excelu funkcie PV().

Funkcje w MS Excel:

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

² Dane do przykładu wzięto z opracowania Michała Dariusza Skrzeszewskiego - 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 czteroletnia pożyczkę na samochód, spłacająca tę pożyczkę w miesięcznych ratach, będzie ją spłacać w ciągu 4*12 (czyli 48) okresów. Dlatego jako argument liczba rat należy wprowadzić do formuły liczbę 48.

Rata to płatność dokonywana w każdym okresie, niezmieniana 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 komórkę 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.	Wstawianie funkcji	Argumenty fonks ji
Użycie funkcji PV()	Wyszukat funkcię:	17
arkusza MS Excel	Wpisz krótki opis tego, co chcesz zrobić, a następnie klikni przycisk Przejdz	Stops 1832 (3) = 0,1 Liczbe_rat (2,72
	Lub wybierz bategorię: Frvansowe 🔍	Rata 0 10 - 0
	Wyberz funkcję:	10
	FRICEMAN FAITE RCCIVED SUC TOLLO	- 5666,6605 Junica wartod bezga ywestycji całkowła skorna wartod owi przychych płatycka. Skopa - stopa gracostawana da okrow. Na przyklad wsj skopy Král w
	PV(stopadiczba_ratzrataxwpztyp) Zwraca wartość bieżącą inwestycji całkowita obecna wartość seri przyszłych płatności.	ACCITYS.
	Formoc dottuszana teli funkszi OK Anskaj	Wyrkfornity - 54545,45d Panac detacauater fielda CK Anke

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 komórkę *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.



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 ≤ 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 = $(1+\$B\$7)^{C2}$, 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 d	lla dwóch proje	ektów — 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

Projekt A	Projekt B
Solver - Parametry	Solver - Parametry
Control a colure Score Columnia Score Columnia Columnia Control Columnia State Columnia Score Columnia Columnia Columnia Columnia	Syndhacek SCS14 Sec Byzwidz Reimes Uses Mg Systekt: 0 Zeeing Lendrits Improve. Hig Systekt: 0 Zeeing Lendrits Improve. Hig Systekt: 0 Zeeing
warati opanicaten (pop	Warusi opanization
Zmen Dzywóć wszystłu Uduń Pomoc	2min (jzywrót wszystła Usuń Pomoj

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 jednoczesne zainstalowanie narzędzia Solver i Analysis ToolPak.

Źródło: opracowanie własne

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		PRO	JEKT 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	1,26385636	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	(35)	0,00 zł			
7	IRR - Wewnętrzna stopa zwrotu dla A	PRO	0,00 zł			
7 8 9	IRR - Wewnętrzna stopa zwrotu dla A Kolejne lata	PRO	0,00 zł JEKT B	2	3	4
7 8 9 10	IRR - Wewnętrzna stopa zwrotu dla A Kolejne lata Strumienie pienięzne	PRO	0,00 zł JEKT B 1 50000	2 50000	3 50000	4
7 8 9 10	IRR - Wewnętrzna stopa zwrotu dla A Kolejne lata Strumienie pieniężne Współczymik dyskonta	PRO	0,00 zł JEKT B 1 50000 1,385067544	2 50000 1,918412102	3 50000 2,657130338	4 70000 3,680304992
7 8 9 10 11 12	IRR - Wewnętrzna stopa zwrotu dla A Kolejne lata Strumienie pieniężne Współczynnik dyskonta Żdyskontowane strumienie pieniężne	PRO	0,00 zł JEKT B 1 50000 1,385067544 36 099,32 zł	2 50000 1.918412102 26 063,22 zł	3 50000 2,657130338 18 817,29 zł	4 70000 3,680304992 19 020,16 zł
7 8 9 10 11 12 13	IRR - Wewnętrzna stopa zwrotu dla A Kolejne lata Strumienie pieniężne Współczynnik dyskonta Żdyskontowane strumienie pieniężne	PRO 0 -100 000.00 zł 1 -100 000.00 zł	0,00 zł JEKT B 1 50000 1,385067544 36 099,32 zł NPV	2 50000 1.918412102 26 063,22 zł	3 50000 2,657130338 18 817,29 zł	4 70000 3,680304992 19 020,16 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 niezmienionych pozostałych czynników, powinno zaowocować zyskownością projektu inwestycyjnego. Przy korzystaniu z progu analizy rentowności wskazane jest przeprowadzenie analizy wrażliwości projektu inwestycyjnego na zmianę czynników wykorzystywanych przy ustalaniu progów rentowności. Jest to uzasadnione, ponieważ wszystkie zmiany poszczególnych elementów przyczyniają się do przesunięcia progu 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 środków 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 Inteligence*, 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

ostępne dodatki: V Analysis ToolPak	10 / L
Analysis TooPak - VBA Aoystent internetowy VBA Oodate: Solver Irreator camoralia Irreator sam warkawych Irreator sam warkawych Irreator sam warkawych Narzędzia do waluty euro	OK Anuluj Erzeglądaj Automatyzacja
Analysis ToolPak Zapewnia funkcje i interfejsy analiz	J zy danych finansowy





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.

Klasyczny 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.

Źródło: opracowanie własne

⁶ Skrótem 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 jakakolwiek 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.
- 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()



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

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

oraz

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

Przykład 3.8

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

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

Dane do przykładu

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.

Załóżmy 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*.



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 komórkę *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:

- 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
- $\bullet \alpha = -0.94$
- $\blacklozenge \beta = 187$

Rysunek 3.17.

Arkusz MS Excel z rozwiązanym przykładem utworzenia funkcji regresji przy użyciu narzędzia Solver

	A	B	C	D	E	F	G	н	1	1	K	1	M
1			Towar I	-									
2	x	Y	Ŷ	Y-Ŷ	(Y-Ý)*		α - alfa	-0,94					
3	cena (zi)	popyt jezt	Y obliczone z funkcji regresiji	Bląd dopasowania	Kwadrat bişdu		β · beta	187					
4	24	179	164,37844	14,62155997	213,790016	1-		-		-	_	_	_
5	26	159	162,49257	3,492569986	12,19804511	11							
6	28	174	160,6066999	13,39330006	179,3804864	11	180 0						-
7	30	122	158,7208299	36,7208299	1348,419349	11	80	4					
8	12	164	156,8349599	7,165040138	51,33780018	11		44					
9	34	166	154,9490898	11,05091018	122,1226158	11	160	-		_			
10	36	141	153,0632198	.12.06321978	145.5212715	11		-	~ ×				
11	38	146	151.1773497	5,177349739	26,80195032	11			00		F		
12	40	161	149,2914797	11,7085203	137.0894477	11	140.			~			
13	42	144	147,4056097	-3,405609656	11,59817713	11				40 00	200		
14	44	157	145,5197396	11,48026038	131,7963785	11	1227				1	20	-
15	46	143	143,6338696	0.633869574	0,401790637	11 -	120					0.04	-
16	48	133	141,7479995	8,747999533	76.52749582	11							0000
17	50	134	139,8621295	5,862129491	34,36456217	11							
18	57	142	137,9762595	4,02374055	16,19048801	11	100						
19	54	135	136,0903894	-1,090389409	1,188949063	11							
20	56	146	134,2045194	11,79548063	139,1333633	11							
21	58	129	132,3186493	3.318649327	11.01343335	11	~						
22	60	122	130,4327793	8,432779285	71,11176648	11							
23	62	130	128,5469092	1,453090756	2.111472744	11							
24	64	128	126,6610392	1,338960797	1,792816016	11							
25	66	122	124,7751692	2,775169162	7,701563877	11 -	1.0						
76	68	120	122,8892991	2,889299121	8,348049409	11	40						
27	70	125	121,0034291	3,996570921	15,97257912	11	2000						
28	72	118	119.117559	-1,117559038	1,248938204	11							
29	74	119	117.231689	1,768311003	3,126923803	11	20		_	_			-
30	76	114	115,345819	-1,345818956	1,811228662	11							
31	78	112	113,4599489	-1,459948915	2,131450833	11							
32	80	115	111,5740789	3,425921127	11,73693557	11	0+	1101		10.51	1000		
33	82	111	109,6882088	1,311791168	1,720796068	11	20	30	40	50	60	10	80
34	Suma:	4111	4110,999733	0,000267111	2787,693141	11	_			and the			
*		1000		Suma blędów	Suma kwadratów	ľ		* Y		_	15	÷Ŷ	

Źródło: opracowanie własne

200

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 odchyla 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:

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

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 — \overline{R}^2

Wzór:

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

Interpretacja: skorygowany współczynnik determinacji ma podobną interpretację jak współczynnik determinacji, określa, ile % zmienności *Y* jest wyjaśniane przez przyjęty model. Przeważnie $\overline{\mathbb{R}}^2 \leq \mathbb{R}^2$, a nawet może być ujemne, gdy \mathbb{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 Ŷ (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.

Wartości X	Wartości Y	X cd.	Y cd.	
24	ŀ	73	54	35
26	5	62	56	38
28	3	67	58	29
30)	57	60	41
32	2	64	62	30
34	ŀ	66	64	28
36	5	59	66	26
38	3	46	68	20
40)	56	70	22
42	2	44	72	18
44	ŀ	48	74	19
46	5	43	76	14
48	3	49	78	16
50)	34	80	13
52	2	42	82	11

Dane do przykładu:

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

	B
Wstawanie funkcji <u>? X</u>	Argumenty funkcji
Wrgodial funkcję: wsze tródi opis trogi, co chcesz probić, a następnie klini przycak krugoti Lub wybierz biłogonie: Statystyczne	00338 201400 x (22011
	 REQUIN(C):C11.8080 Zimaca statystyle opprago trend inowy, dopasowany do snawyth puritów dawch, dopasowany fe protektory uproj anelody nameszych kwad adw. Skatystyte – westok logicna: zwe ca dodotow statystyl regreg = PRASDA zme ca modeczne in situ dag b = PALSDA by pomenje.
RECal INF(mane_yzmane_ycstałajstały stytka) Zmrace stałystyłe opsiujące berd Ninow, dopasowaw do znanych purktów danych, dopasowając linę postą przy utycu netody najwnejszych iwszłatów. Brance dotyczasa teri funkcii Or. Arular	Wyrk formely - SEGLIDE(C2:C1),82830. Fanos datusaeathefudesi

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.** Nacisnąć kombinację klawiszy: *Ctrl+Shift+Enter*.

Excel wypełni macierz:

	G	н
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 na stępująca:

G2	— wartość współczynnika α,	H2	— wartość wyrazu β ,
G3	 — błąd standardowy oceny współczynnika α, 	H3	— błąd standardowy β ,
<i>G4</i>	 kwadrat współczynnika korelacji; 1-\varphi^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,	Н6	— 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 opisanej 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).





Źródło: opracowanie własne

- **3.** W tym oknie w zakładce *Typ* należy w pozycji *Typ trendu/regresji* zaznaczyć *Liniowy*.
- **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.

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 uzupelniona 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:

Rezultat będzie taki jak na rysunku 3.21:

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

Podobnie jak RELINGP() 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.

<u>v</u>			
Wstawianie funkcji	ĨX	Argumenty funkcy	
Wyszukaj funkcję:		REGIMA	
Wpisz krótki opis tego, co choesz zrobić, a następnie kliknij rezurisk Dowidt	Brzesdz	Zhane_y (C2:C3)	
International Statements		Nove x	N-
		Sala	
Wyberz ruwcję:			- // -
REGOLSTD	-	Zuraca letto trendu incouero donastovane do ma	much punktow danisch przy uzyciu metody
RECEIPP		nammeszych kwadratów.	
REGINP			
REGINE	-1	b, tables o tym samy	b tableca suz znaných wartoski z w relacy y = tex m roznikarze, co znané_y.
REGLINW(znane_y;znane_x;nowe_;c;stala)	11		
Zwraca liczby trendu liniowego dopasowane do znanych punkt	ów danych		
prof as you includy right aspectations access			1
		wyrst.formuly = 68,3483671	

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. Nacisnąć kombinację klawiszy: Ctrl+Shift+Enter.

Excel wypełni macierz (kolumnę) jak na rysunku 3.23:



Rysunek 3.22. Wybór funkcji i przykład deklaracji parametrów funkcji REGLINW() w MS Excel



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 Ŷ (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?

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

Dane do ćwiczenia:

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.

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

Dane do przykładu:

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 Ŷ oraz wartości błędów Y-Ŷ.
- Std. składniki resztowe oprócz tabeli składników resztowych MS Excel tworzy tabelę reszt zestandaryzowanych.

Rysunek 3.25.

Okna dialogowe Analiza danych i Regresja

iarzędzia gnalizy:			OK
Statystyła opisowa Wygładzanie wyłładnicze			Anulut
Test F: z dwiema próbarni dia waria Analiza Fouriera	ncji		
Histogram Srednja ruchoma			Pomos
Generomanie liczb pseudolosowych	6		
Recensia			
PTODROWanie			
egresja			_
Vejšcie		122.15	(ar
Zakres wejściowy ½:	\$8\$1:\$8\$37		
Zakres wetściowy X:	4441-44437	5.	Anului
		<u>(</u>	Pomor
I I Ytuły	Stala wynosi Zero		- onlog
Poziom yfności:	%		
Opcje wyjścia			
O Zakręs wyjściowy:	\$C\$1:\$C\$37	3	
Nowy adjusz:			
O Nowy glioroszyt			
Skladniki resztowe			
Składniki resztowe	✓ Rosta	l reszt	
Stg. składniki resztowe	Rozktad	ini dopasovi	anej
Roziliad normalny			
Rocktad prawdopodobieńs	twa <u>n</u> ormalnego		

Źródło: opracowanie własne

- ♦ Rozkład reszt utworzenie wykresu punktowego wartości reszt Y-Ŷ w funkcji poszczególnych obserwacji X.
- *Rozkład linii dopasowanej* utworzenie wykresu punktowego z wartościami Y(X) rzeczywistymi oraz wyliczonymi danymi Ŷ(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 liniowejfunkcji regresjido danychrzeczywistychza pomocą narzędziaRegresja z modułuAnaliza danychw MS Excel

	A.	B	C D	E	F	G H	1	1	ĸ	L	м
1	DANE WY	USCIOWE	SKLA	DNIKI RESZTOW	VE - WYJSCIE		P	ODSUMOWANIE -	WYJŚCIE		
2	Wartesci X	Wattesci Y	Obserw. acja	Przewidywane Wartosci V	Składniku resztowe						
3	24	79	1	65,15609265	13,84390745	STACKOOKEN	2000				
4	26	59	2	63,22343429	-4,223484295	Wielckretnost P	0,886571719				
5	27	63	3	52,25713017	0,742819831	R kwadrat	0,7895597				
6	28	74	4	51,29087604	12,70912396	Depasowany R kwadrat	0,783370279				
7	30	22	5	59,35825779	-37.35826779	Bigd standardowy	9,135194907				
8	32	84	6	57,42565964	6,574340457	Obserwacje	36				
9	33	59	7	56,45935542	2,540644583						
10	34	66	8	55,49305129	10,50694871	ANALIZA WARIANCJI					
11	36	41	9	53,56044304	-12 56044304		đ	55	MS	F	Istotność F
12	38	45	10	51,6,783479	-5,62783479	Regressa	1	10645,6115	10645,6115	127.5660116	4,72439E-13
13	40	61	11	49,69522654	11,30477346	Resztkowy	34	2837.360724	E3,45178599		
14	42	44	12	47,76261829	-3,762618289	Razem	36	13482,97222			
15	44	57	13	45,83001004	11,16998996						
16	45	50	14	44,86370591	5,136294087	Summer of the second second	Wapółczymniki	Digit standardowy	t Stat	Wartość-p	Doine 95%
17	46	43	15	43,89743179	-0,897401787	Przecięcie	BE_34739155	4,796731418	18.41824855	2,91106E-19	78.59926052
18	43	33	16	41,96479364	-8,964793637	Watesci X	0.966304125	0.0066655187	-11,29451245	4,72439E-13	-1,140173183
19	50	34	17	40.03218529	-6.032165286			a Shinese	1		
20	52	42	18	38,09957704	9,900422966	I I R	100	N	Góma 95%	Dolne 95,0%	Góme 05.0%
21	54	35	19	36,16696878	-1,166968784	Y D	8		98,09552259	78 59926052	98.09552259
22	56	45	20	34,23436053	11,76563947	2010		~	-0.792435067	-1,140173183	-0,792435067
23	58	29	21	32,30175228	-3.301752283		Statura sec	11			
24	60	22	22	30,36914403	-8.369144032	Wartosci X Rozk	lad linii depase	wanej	Wattes	i X Rozklad re	9.71
25	62	30	23	28,43653578	1,563464219		0.0000000000000000000000000000000000000				
26	64	28	24	26,50392753	1,496072469	1000			N .		
27	66	22	25	24,57131928	-2,57131928	•					
28	67	21	26	23,60601615	2,605015165				10	•• •	
29	68	20	27	22,63871103	-2,638711029						
30	70	25	28	20,70610278	4,293897221						
31	72	15	29	18,77343453	-0,773434528		*******	- I I I	-10		
32	73	16	30	17.8071904	1,807190402	1 4 •		2010			
33	74	19	31	16,84089628	2,159113723	1 4		- · · · ·	-10		
34	76	14	32	14,90827603	-0,908278026		11.				
35	78	12	33	12,97566978	-0,975669776	A A A.		1.1	7		
36	79	11	34	12,00936565	-1,00936565	1	Press 1		-1 .	CONTRACTOR OF THE OWNER	
37	80	15	35	11,04305152	3,956938475	Waterci Y	Przewidywane	Wartosci Y		WattosetX	
38	82	11	36	9 110453274	1 889546726						

Źródło: opracowanie własne

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

- ♦ R kwadrat współczynnik determinacji R².
- ◆ **Dopasowany R kwadrat** skorygowany współczynnik determinacji \overline{R}^2 .
- ♦ Obserwacje liczba obserwacji n.
- Współczynniki współczynniki α i β funkcji regresji.
- Bląd standardowy (współczynników) średnie błędy oszacowań współczynników α i β.
- **Przewidywane wartości** Y Y teoretyczne (\hat{Y}) .
- ♦ Składniki resztowe (Y-Ŷ).

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 *prognozowania* od *predykcji*. Słowo *predykcja* użyte zostało w kontekście analizy regresji. Słowo *prognozowanie* zarezerwowano dla analizy szeregów czasowych, gdzie *prognozowanie 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 odchylać się od nich o wartość losową błędu standardowego δ . W naszym przykładzie bład ten może wynosić ±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.



Arkusz MS Excel z przykładem predykcji w analizie regresji



Źródło: opracowanie własne



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:

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

gdzie:

n — liczba pomiarów,

 \overline{x} i \overline{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

$\operatorname{cov}(X,Y) > 0$	Korelacja jest dodatnia — pozytywna	Jeśli rośnie wartość cechy X, to także wzrasta wartość cechy Y
$\operatorname{cov}(X,Y) < 0$	Korelacja jest ujemna — negatywna	Jeśli rośnie wartość cechy X, to maleje wartość cechy Y
$\operatorname{cov}(X,Y) = 0$	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

Towar 1		Towar 2	5	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	Kowariancja:	-303,266667	Kowariancja:	0,3
	$\operatorname{cov}(X,Y) > 0$		$\operatorname{cov}(X,Y) < 0$		$\operatorname{cov}(X,Y) \approx 0$

 Tabela 3.3. Przykładowe dane do obliczenia kowariancji

Rysunek 3.29.	Argumenty fankcji	Argumenty funkcji	
Okno dialogowe	rowingings Tableat (3) cc: Tableat (3) cc:	коницира Тайкат (сл. с	
KOWARIANCJA(),	Zeressa konversencije, dendrog z lazzynike naktyderi dla kazder pary povištion v divisti zdorach.	 51,5233323 Zenzakowananja, tendraj z kazymier odstylet da kazdej pery paretter w divide davadu. 	
w którym definiuje się zakresy danych X i Y	Tablecat - spennsky salast kondent semenegych koby cellowite, eusigbyf to koby, tableckio obiedwis semenegych koby.	Falderat - drug pairws kontoris parametrycych kcity całkowie, waszątyć to kcity, kałkowie obszławie zawarzągowieczy.	
	Wyelfanidy = hone distance in fanis	Wysk former = 53,5333333 forme dotugges to the feat	

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 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 determinacji⁷

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.	Pearson		
Okna dialogowe	Argumenty funkcji	Argumenty lunke.ji	
funkcji PEARSON()	Image: Second state Image: Second state	Tabias Tabias Tabias 1	
WSP.KORELACJI(), w których definiuje się zakresy danych X i Y	De se a replicanté latrica nanotais écons Parana, s Tablicat - dais vantos necesarios, d.	 - 4,4514603 Zersza wysikczenia koniecz numerske kozena Pomorna I. Tablica2 - znór wartski piskorych. 	
	Wynk formuly - Partou Akhussiaa Indheksia Oo Andul	Wyee fundy = 40,6014620 fundational antibalid (2) (2014)	
	Współczynnik korelacji	Argumenty funkci)	
	WE REPEAT	ser organization and a second se	
	takes takes takes takes takes	Tablect 0+201+CH Tablect Tablect C+C21 Tablect C+C21	
	COReas weednaywe Norman's pomplay dwore don we dan we dan we Tealers I - ordere Dendord weaters: We not position, by lotters, namene, tealers is do observation we reprint it day.	 - 0,0110014 Obica - modegnetik Kendes (paring by deams darand man daraph. Tablica? - deag series (series) and table (series) paring by Ketters, namen, kalitarak is observer severage reliable. 	
	Wyrdi forndy - Banac detarania tei faelati (K. Araka	Vojek formár – -0,06100014 forma detaronia telhefeld OK Ander	

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 Wiecej informacji na temat współczynnika determinacji znajduje się w punkcie 3.6.1.2.