



MODELOWANIE KOSZTÓW USŁUG ZDROWOTNYCH PRZY WYKORZYSTANIU METOD STATYSTYCZNYCH

mgr Małgorzata Pelczar⁶

Wprowadzenie

Reforma służby zdrowia uwypukliła problem optymalnego ustalania kosztów usług zdrowotnych. Metody obliczania kosztów sprowadzają się obecnie do określenia średniego jednostkowego kosztu wojewódzkiego usługi w odniesieniu do liczby usług kontraktowanych. Referat ten przedstawia propozycję ustalania kosztów usług medycznych w oparciu o metody statystyczne i analizę ekonometryczną przy wykorzystaniu programu *STATISTICA*. Może to służyć zarówno kasom chorych jak i dyrektorom szpitali w celach prognozowania i ustalania optymalnych kosztów usług medycznych.

Dobór postaci oraz zmiennych modelu

Do podstawowych zadań rachunku kosztów należy tworzenie podstaw decyzyjnych. Systematyczny rachunek kosztów nie zawsze uwzględnia problemowe rachunki kosztów, które pomagają w rozwiązywaniu problemów decyzyjnych. Spełnienie wymagań decyzyjnych zależy w znacznym stopniu od przyjętego modelu rachunku kosztów, emitującego koszty w żądanych przekrojach. Rachunek kosztów powinien realizować również wiele funkcji, m.in. funkcje analityczne tzn. badania związków przyczynowo–skutkowych, funkcje informacyjno–statystyczne oraz funkcje optymalizacyjne i te właśnie funkcje mogą być realizowane za pomocą metod matematycznych.

Usługa zdrowotna jest to produkt finansowany przez kasę chorych, czyli świadczenie zdrowotne (np. badanie i porada lekarska), procedura medyczna (np. badanie USG) lub pakiet świadczeń medycznych (np. hospitalizowany na oddziale danego typu). W związku z tym koszty usług zdrowotnych można podzielić w zależności od rodzaju świadczenia zdrowotnego i ustalać je oddzielnie dla każdej usługi, przy czym każda usługa traktowana jest pakietowo, tzn. jest to koszt usługi finalnej.

Zakładając, że koszt usługi zdrowotnej zależy od n - zmiennych objaśniających można je przedstawić w postaci funkcji:

$$K_i = F(x_1, x_2, \dots, x_n, w, \varepsilon),$$

gdzie:

K_i – koszty ustalonej usługi zdrowotnej,

⁶ Wydział Informatyki, Politechnika Szczecińska.



x_j – zmienne objaśniające,

w – wskaźnik wzrostu cen,

ε - czynnik losowy.

Na koszt usług kontraktowanych przez kasę chorych składa się suma kosztów poszczególnych usług zdrowotnych świadczonych przez danego świadczeniodawcę.

Biorąc pod uwagę odcinkowość modelu, a także zależności pomiędzy zmiennymi decyzyjnymi a zmiennymi objaśniającymi można przyjąć jego liniową postać:

$$K_i = c_1 * x_1 + c_2 * x_2 + \dots + c_n * x_n + \varepsilon,$$

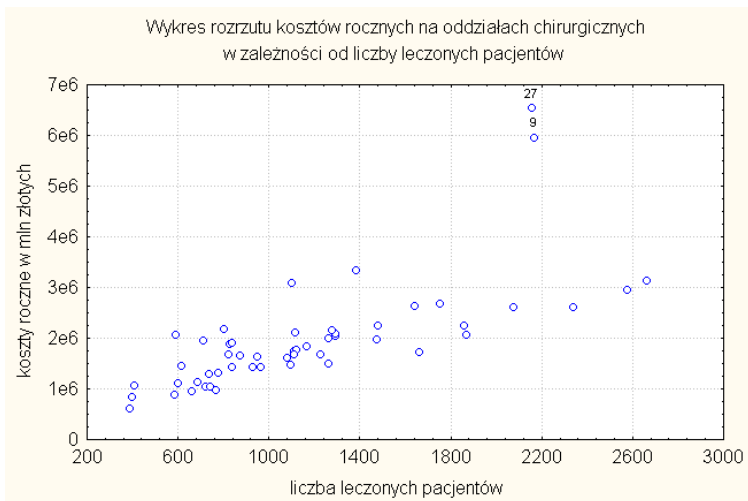
gdzie:

c_i – parametry modelu.

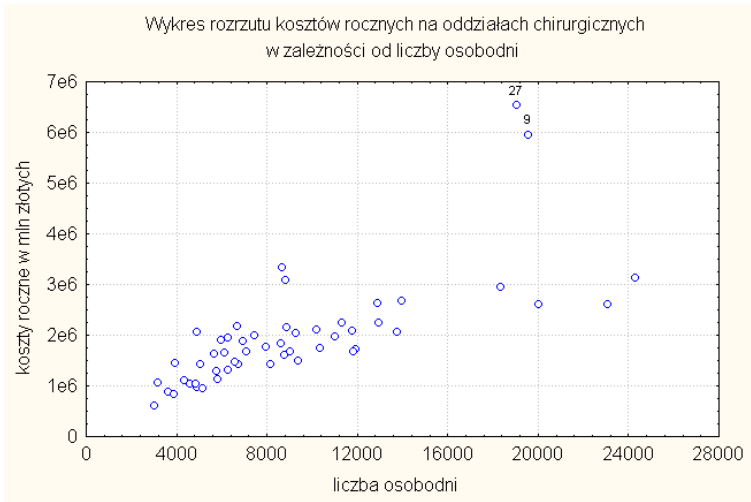
Metody ustalania kosztów usług medycznych przedstawione zostaną na przykładzie analizy kosztów na oddziałach chirurgicznych, na podstawie danych dla 18 oddziałów chirurgicznych szpitali za lata 1996, 1997, 1998.

Ze względu na specyfikę danych zawierających koszty roczne dla szpitalnych oddziałów chirurgicznych zmienną zależną będzie koszt roczny leczenia pacjentów na oddziale chirurgicznym.

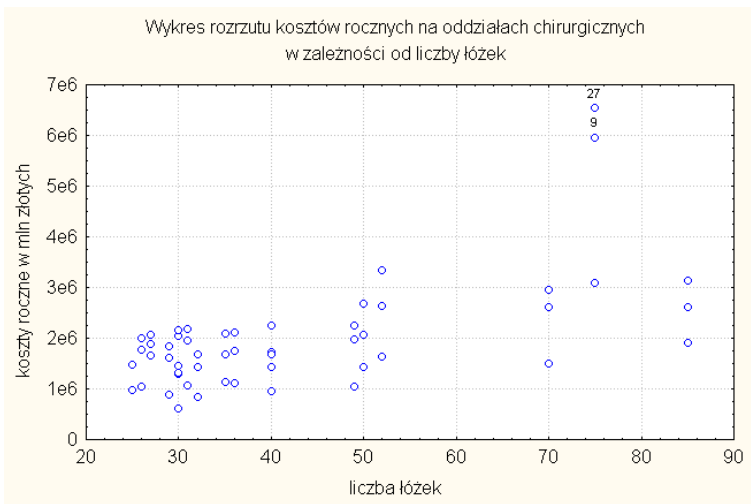
Zmienne niezależne można wybrać z danych zawierających: liczbę leczonych pacjentów, liczbę osobodni, liczbę łóżek na oddziałach chirurgicznych oraz stopień referencyjny szpitala w którym znajduje się oddział chirurgiczny.



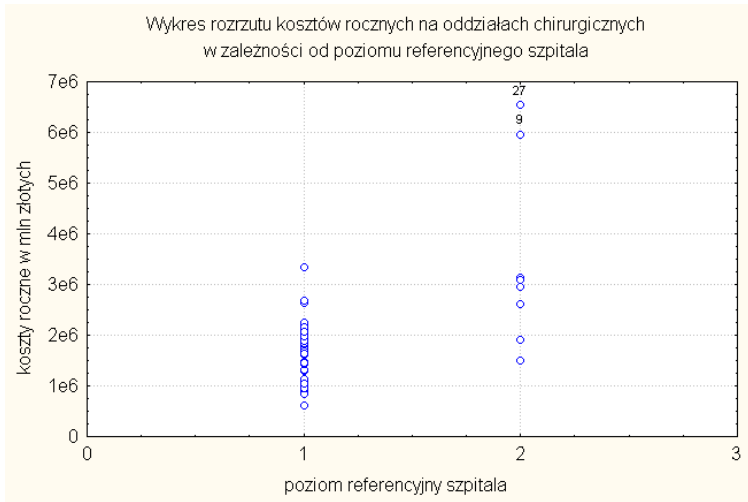
Rysunek 1



Rysunek 2



Rysunek 3



Rysunek 4

Powyższe wykresy zawierają wstępną analizę zależności poszczególnych zmiennych przeprowadzoną w pakiecie *STATISTICA* w module PODSTAWOWE STATYSTYKI przy użyciu kreatora wykresy statystyczne dwuwymiarowe – wykresy rozrzutu.

Widoczne jest na wszystkich wykresach rozrzutu, że obserwacje 9 oraz 27 wyraźnie odstają od pozostałych. Wracając do danych można było stwierdzić, że jeden szpital zawyżył roczne koszty hospitalizacji na oddziałach chirurgicznych w roku 1996 oraz 1997. W dalszej analizie dane te zostaną pominięte.

Następna analiza polegała na obliczeniu współczynników korelacji Pearsona dla poszczególnych zmiennych niezależnych i zmiennej zależnej w module PODSTAWOWE STATYSTYKI – Macierze korelacji.

Na podstawie wyników obliczeń możemy stwierdzić, że istnieje silna korelacja pomiędzy zmiennymi liczbą leczonych pacjentów oraz liczbą osobodni ($r = 0,95$), dlatego też można uzależnić koszty albo od liczby leczonych pacjentów albo od liczby osobodni.

Identyfikacja parametrów oraz weryfikacja modeli

Identyfikacja parametrów i weryfikacja modeli została przeprowadzona w module Regresja wielokrotna przy zastosowaniu metody standardowej.

Rysunek 5 przedstawia wyniki analizy regresji zmiennej zależnej koszty przy zmiennej niezależnej liczba leczonych pacjentów, model zawiera również wyraz wolny.

Podsumowanie regresji zmiennej zależnej: KOSZTY						
REGRESJA R= ,76769340 R2= ,58935316 Popraw. R^2= ,58079801						
WIELOKR. F(1,48)=68,889 p<,00000 Błąd std. estymacji: 4107E2						
N=50	BETA	Błąd st. BETA	B	Błąd st. B	t(48)	poziom p
W. wolny			770773,2	137221,7	5,616991	,000001
LECZENI	,767693	,092494	913,3	110,0	8,299925	,000000

Rysunek 5

Jest to model najprostszy i odzwierciedla tylko 58 % obserwacji, ale może stanowić podstawę do ustalenia kosztu leczenia jednego pacjenta na oddziale chirurgicznym oraz kosztów stałych utrzymania oddziału chirurgicznego co przedstawia wyraz wolny w tym modelu.

Rysunek 6 przedstawia wyniki analizy regresji zmiennej zależnej koszty dla liczby osobodni jako zmiennej niezależnej z wyrazem wolnym.

Podsumowanie regresji zmiennej zależnej: KOSZTY						
REGRESJA	R=	,73523454	R2=	,54056983	Popraw. R^2=	,53099837
WIELOKR.	F(1,48)=	56,477	p<	,00000	Błąd std. estymacji:	4344E2
N=50	BETA	Błąd st. BETA	B	Błąd st. B	t(48)	poziom p
W. wolny			945532,6	129545,4	7,298850	,000000
OSOBODNI	,735235	,097834	97,5	13,0	7,515135	,000000

Rysunek 6

Model ten pozwala ustalać koszty w zależności od liczby osobodni leczenia pacjentów, ale również tłumaczy tylko 53% obserwacji.

Ponieważ koszty stałe utrzymania oddziału szpitalnego zależą od liczby łóżek na oddziale następane modele zamiast wyrazu wolnego zawierają zmienną liczbę łóżek.

Rysunek 7 zawiera podsumowanie analizy regresji dla zmiennej zależnej koszty i zmiennych niezależnych liczba leczonych pacjentów oraz liczba łóżek.

Podsumowanie regresji zmiennej zależnej: KOSZTY						
REGRESJA	R=	,96989125	R2=	,94068903	Popraw. R^2=	,93821774
WIELOKR.	F(2,48)=	380,65	p<	,00000	Błąd std. estymacji:	4745E2
N=50	BETA	Błąd st. BETA	B	Błąd st. B	t(48)	poziom p
LECZENI	,629225	,104004	963,22	159,209	6,050017	,000000
LICZLO	,354092	,104004	15135,23	4445,517	3,404604	,001347

Rysunek 7

Model ten pozwala zróżnicować koszty stałe utrzymania oddziału w zależności od liczby łóżek, a koszty zmienne od liczby leczonych pacjentów. Otrzymany model pozwala wyjaśnić około 94% wariacji analizowanej zmiennej zależnej, więc lepiej opisuje rzeczywistość.

Rysunek 8 przedstawia wyniki analogicznej analizy regresji uwzględniając liczbę osobodni zamiast liczby leczonych pacjentów.

Podsumowanie regresji zmiennej zależnej: KOSZTY						
REGRESJA	R=	,96247232	R2=	,92635297	Popraw. R^2=	,92328434
WIELOKR.	F(2,48)=	301,88	p<	,00000	Błąd std. estymacji:	5287E2
N=50	BETA	Błąd st. BETA	B	Błąd st. B	t(48)	poziom p
OSOBODNI	,488182	,108797	93,36	20,807	4,487095	,000045
LICZLO	,490844	,108797	20980,51	4650,389	4,511560	,000042

Rysunek 8

W modelu tym koszty zmienne zależą od liczby osobodni, a koszty stałe uzależnione od liczby łóżek na oddziale są większe niż w modelu poprzednim. Tłumaczy on około 92 % wariacji analizowanej zmiennej zależnej.

Koszty stałe leczenia na oddziałach chirurgicznych zależą również od poziomu referencyjnego szpitala, następane rysunki 9 i 10 zawierają wyniki analizy regresji dla zmiennych niezależnych liczba leczonych pacjentów i poziom referencyjny szpitala oraz liczba osobodni i poziom referencyjny szpitala.

Podsumowanie regresji zmiennej zależnej: KOSZTY							
REGRESJA		R=	,97282412	R2=	,94638676	Popraw. R ² =	,94415288
WIELOKR.		F(2,48)=	423,65	p<	,00000	Błąd std. estymacji:	4511E2
N=50	BETA	Błąd st.	B	B	t(48)	poziom p	
LECZENI	,594868	,093039	910,6	142,4	6,393731	,000000	
POZ_REF	,393902	,093039	630993,8	149040,1	4,233719	,000103	

Rysunek 9

Podsumowanie regresji zmiennej zależnej: KOSZTY							
REGRESJA		R=	,96628133	R2=	,93369960	Popraw. R ² =	,93093708
WIELOKR.		F(2,48)=	337,99	p<	,00000	Błąd std. estymacji:	5017E2
N=50	BETA	Błąd st.	B	B	t(48)	poziom p	
OSOBODNI	,473322	,096875	90,5	18,5	4,885884	,000012	
POZ_REF	,511961	,096875	820113,2	155185,4	5,284731	,000003	

Rysunek 10

Modele te odzwierciedlają odpowiednio 94% oraz 93% wariacji i również w modelu drugim koszty stałe uzależnione od poziomu referencyjnego szpitala są wyższe.

Uwzględniając następnie w modelach po trzy zmienne niezależne otrzymano wyniki analizy regresji przedstawione na rysunkach 11 i 12.

Podsumowanie regresji zmiennej zależnej: KOSZTY							
REGRESJA		R=	,97282425	R2=	,94638703	Popraw. R ² =	,94296493
WIELOKR.		F(3,47)=	276,55	p<	,00000	Błąd std. estymacji:	4559E2
N=50	BETA	Błąd st.	B	B	t(47)	poziom p	
LECZENI	,595437	,101065	911,5	154,7	5,891605	,000000	
LICZLO	-,002895	,188410	-123,8	8053,4	-,015368	,987804	
POZ_REF	,396212	,177277	634693,6	283980,7	2,234989	,030209	

Rysunek 11

W modelu tym współczynnik przy liczbie łóżek jest ujemny oraz nieistotnie różni się od zera.

Podsumowanie regresji zmiennej zależnej: KOSZTY							
REGRESJA		R=	,96636911	R2=	,93386925	Popraw. R ² =	,92964814
WIELOKR.		F(3,47)=	221,24	p<	,00000	Błąd std. estymacji:	5063E2
N=50	BETA	Błąd st.	B	B	t(47)	poziom p	
OSOBODNI	,460136	,104891	88,0	20,1	4,386806	,000065	
LICZLO	,072517	,208840	3099,6	8926,6	,347236	,729964	
POZ_REF	,452980	,195988	725631,8	313955,1	2,311260	,025252	

Rysunek 12

Model ten nie ma ujemnego współczynnika przy liczbie łóżek, ale współczynnik ten również nieistotnie różni się od zera. Skłania to do dalszej analizy wykorzystania łóżek na oddziałach chirurgicznych i okazuje się, że wskaźnik ten wynosi 70 %.

Dalsze analizy przeprowadzone zostały w module Regresja wielokrotna przy wykorzystaniu metod regresji krokowej postępującej oraz regresji krokowej wstecznej dla trzech zmiennych niezależnych. Wyniki tych analiz są takie jak podane odpowiednio na rysunkach 9 i 10.

Oznacza to, że koszty leczenia pacjentów na oddziałach chirurgicznych można ustalać w zależności od liczby leczonych pacjentów lub liczby osobodni, natomiast koszty stałe w zależności od poziomu referencyjnego szpitala, w którym się ten oddział znajduje.



Podsumowanie

Zastosowanie powyższych modeli pozwala optymalnie ustalać koszty roczne leczenia pacjentów na oddziałach chirurgicznych. Podany przykład pokazuje sposób ustalania kosztu jednej usługi zdrowotnej. Analogicznie można ustalać koszty pozostałych usług zdrowotnych. W pakiecie *STATISTICA* przeprowadzone zostały również analizy dla szpitalnych oddziałów o innych specjalnościach. Na ich podstawie można dojść do interesujących wniosków. Dla przykładu analiza kosztów leczenia na oddziałach internistycznych pozwoliła wykazać brak zależności kosztów od poziomu referencyjnego szpitala właśnie na tych oddziałach. Wykorzystanie pakietu *STATISTICA* w modelowaniu kosztów usług medycznych pozwala na pełną i szybką analizę zależności zmiennych i ich wpływu na koszty usług medycznych.

Literatura

1. Draper N. R., Smith H., *Analiza regresji stosowana*, PWN, Warszawa, 1973.
2. Stanisław A., *Przystępny kurs statystyki z wykorzystaniem programu STATISTICA PL na przykładach z medycyny*, tom II, StatSoft Polska, Kraków 2000.