

Karty kontrolne Shewharta

Andrzej Blikle

4 września 2011

Szczególnie ważnym przykładem zastosowania zasady myślenia systemowego są tzw. **karty kontrolne Shewharta**. Służą one do takiej analizy zjawiska zmienności w procesie, która pozwala odróżnić zmienności związane z naturą procesu, od zmienności związanych z zaburzeniami zewnętrznymi tego procesu. Rozważmy przykład tokarza wykonującego tulejki o wymaganej średnicy 15mm z tolerancją $\pm 0,5\text{mm}$. Oczywiście średnice kolejnych tulejek będą się zawsze różniły jedna od drugiej. Wykonując pomiary dla szesnastu tulejek z rzędu możemy otrzymać wyniki jak na Rys.2.2:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
15,1	14,8	14,9	15,3	14,9	15,1	15,6	15,3	15,1	14,6	15,2	14,8	14,3	15,0	14,8	15,1

Rys. 2.2 Średnice kolejnych tulejek

Jak widać dwie tulejki na szesnastu mają średnice odbiegające od standardu, co stanowi 12,5% sztuk wadliwych. Klient jednak nie akceptuje więcej jak 2% sztuk wadliwych. Należy więc zmniejszyć ich liczbę. Co możemy uczynić? Oto przykłady klasycznych sposobów rozwiązania tego problemu:

1. zagrozić tokarzowi odebraniem premii, jeżeli frakcja tulejek nie spełniających normy nie spadnie poniżej 2% (rozwiązanie tanie i proste),
2. obiecać tokarzowi większą premię, gdy frakcja tulejek nie spełniających normy spadnie poniżej 2% (rozwiązanie proste, ale kosztowniejsze),
3. powiesić nad tokarką transparenty „pracujemy bez braków” i „zrób to dobrze za pierwszym razem”,
4. wyrzucić tokarza z pracy, przyjmując innego i zaaplikować mu jedno z rozwiązań od 1 do 3.
5. zbadać dokładnie jakie okoliczności miały miejsce przy produkcji tulejek wadliwych (nr 7 i nr 10).

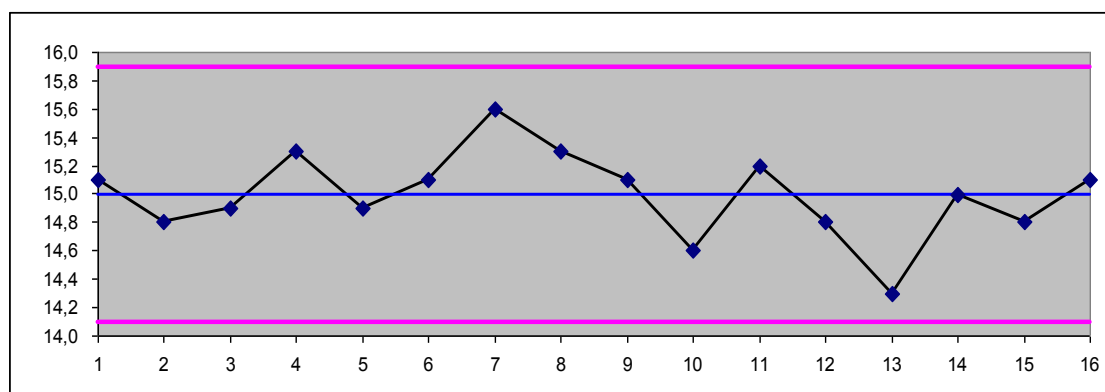
Które z tych rozwiązań jest prawidłowe? Jak się okazuje, w zasadzie żadne! Pierwsze cztery zakładają, że tokarz ma wpływ na liczbę błędów. Tak jednak najczęściej nie jest. W naszym przypadku błędy pojawiają się najprawdopodobniej na skutek istnienia luzów w tokarce. Zachęcanie lub straszenie tokarza, by popełniał mniej błędów, raczej nie ma więc sensu.

Rozwiązanie piąte zakłada, że skoro wyrób nie spełnia normy, to z pewnością przy jego produkcji nastąpiło jakieś zdarzenie, które można wykryć i wyeliminować w przyszłości. Jest

to hipoteza, która może okazać się prawdziwa, albo też nie. Dla wyjaśnienia wyobraźmy sobie, że dla gracza w kości określiliśmy normę dopuszczającą nie więcej niż 5 jedynek w stu kolejnych rzutach. Jest oczywiste, że tej normy gracz nie jest w stanie zrealizować, gdyż rachunek prawdopodobieństwa mówi nam, że w 100 rzutach jedynek będzie średnio $100/6$ czyli około 16,6. Rzuty kostką są procesem losowym, którego natura jest taka, że średnio raz na sześć rzutów będzie wypadać jedynka. Odstępstwo od naszej normy nie jest więc spowodowane niestarannością gracza, ale naturą procesu losowego, w którym bierze on udział.

W przypadku gry w kości jest dla nas całkiem jasne, że mamy do czynienia z sytuacją losową. Czy jednak jest tak również w przypadku tokarza? Okazuje się, że proces toczenia tulejek może być procesem losowym, ale może też nim nie być. Aby rozstrzygnąć jakim jest w rzeczywistości, należy zbudować dla niego kartę kontrolną Shewharta. W tym celu najpierw tworzymy wykres kolejnych pomiarów średnic, a następnie umieszczamy na nim trzy proste horyzontalne: jedną na poziomie średniej arytmetycznej z pomiarów (linia niebieska) i dwie na poziomie tejże średniej plus lub minus trzy odchylenia standardowe (linie czerwone). Taki wykres można z łatwością utworzyć przy pomocy Excela. Linie górną i dolną nazywamy **liniami kontrolnymi**.

Stworzona przez Shewharta teoria mówi, że jeżeli wszystkie wyniki pomiarowe leżą pomiędzy granicami kontrolnymi, to w procesie nie nastąpiło żadne wydarzenie specjalne.



Rys.2.3 Karta kontrolna procesu produkcji tulejek; na osi y średnice tulejek

Innymi słowy, to co się zdarzyło ma całkowicie przypadkowy charakter i dopóki nie zmienimy procesu (nie zmniejszymy luzów w tokarce) musimy się pogodzić z faktem, że tulejki o średnicach poniżej 14,5mm lub powyżej 15,5mm będą się pojawiać. Co więcej z analizy shewhartowskiej wynika, że co pewien czas będą pojawiać się tulejki o średnicach 15,9mm i 14,1mm.

Gdyby jednak jakaś tulejka miała średnicę mniejszą od dolnej, lub większą od górnej granicy kontrolnej, to wolno nam przypuścić, że przy jej produkcji nastąpiło jakieś zakłócenie zewnętrzne. W takiej sytuacji nie ma sensu zmiana procesu (regulowanie tokarki), bowiem zakłócenia zewnętrzne są od takiej zmiany niezależne. Należy wpierw zidentyfikować i zlikwidować zakłócenia, a dopiero po tym można przystąpić do zmiany procesu.

Jakże często podejmujemy interwencję wobec jakiegoś zdarzenia, nie analizując czy było ono wynikiem czystego przypadku (losowej natury procesu), czy też miało przyczynę, której można zapobiec. W pierwszym przypadku mówimy, że proces jest **statystycznie stabilny**. Taki proces możemy starać się zmienić, np. zmniejszając jego zmienność czyli zbliżając do siebie jego linie kontrolne.

W drugim przypadku mamy do czynienia z **procesem niestabilnym (zakłóconym)**. W takiej sytuacji próba zmiany natury procesu przed usunięciem zakłóceń nie byłaby celowa, gdyż

zakłócenia nie mają z tą naturą żadnego związku. Należy więc przeanalizować okoliczności związane z zakłóceniami i starać się usunąć wywołujące je przyczyny. W przypadku tokarza mogło się na przykład zdarzyć, że co pewien czas przejeżdża obok niego ciężki wózek widłowy, co powoduje drgania i zakłóca pracę tokarki. Przed eliminacją tego zdarzenia nie ma sensu regulowanie tokarki.

Nieznajomość teorii Shewharta często prowadzi do popełniania błędów jednego z trzech typów:

1. Poszukiwanie zakłóceń tam, gdzie ich brak.
2. Lekceważenie zakłóceń tam, gdzie się pojawiają.
3. Próby sterowania procesem niestabilnym

Karty kontrolne mają bardzo liczne zastosowania daleko wykraczające poza sytuacje produkcyjne. Na przykład, można je stosować do analizy zmienności danych finansowych takich jak wartość sprzedaży, lub stopa zysku w kolejnych miesiącach. Ich teoria stanowi dziś rozbudowany dział statystyki matematycznej, jednakże ich zastosowania są stosunkowo proste i nie wymagają głębokiej znajomości tej teorii.