

## Sterowanie optymalne cenami towarów sezonowych

Wiele przedsiębiorstw boryka się z problemem sprzedaży z góry ustalonej liczby towarów w ściśle określonym horyzoncie czasowym. Przykładami takich dóbr są bilety lotnicze, teatralne, miejsca w ośrodkach wypoczynkowych. W przypadku tych towarów nie ma możliwości zmiany liczby oferowanych dóbr i czasu trwania sprzedaży, zatem jedyną możliwością zwiększania dochodów przedsiębiorstwa jest ustalanie ceny towaru odpowiednio do obserwowanego popytu. Poprzez wprowadzenie promocji przedsiębiorca może zwiększyć dochody dzięki wzrostowi sprzedaży, natomiast podniesienie ceny zmniejszy popyt, jest to jednak rekompensowane większym zyskiem ze sprzedaży pojedynczego towaru.

Zagadnienia tego typu, uwzględniające różnorodne modyfikacje w założeniach, są szeroko rozpatrywane w literaturze. Wyjściowa postać problemu, dopuszczająca tylko jedną zmianę ceny na wyższą lub niższą, rozwiązana została w pracy Y. Fenga i G. Gallego *Optimal Starting Times for End-of-Season Sales and Stopping Times for Promotional Fares* z 1995 roku.

W ujęciu matematycznym problem sprowadza się do pewnego zadania z zakresu optymalizacji. Proces sprzedaży modelowany jest procesem Poissona, którego intensywność odpowiada obserwowanemu popytowi. Dodatkowo dla każdej ceny, po której sprzedawany jest towar, określona jest jednoznacznie intensywność zgłoszeń klientów. Własność ta umożliwia sterowanie liczbą sprzedawanych dóbr poprzez zmianę ceny. Zakłada się również, że obniżenie ceny znacząco wpływa na zwiększenie popytu, co powoduje w czasie promocji wzrost średniego dochodu na jednostkę czasu. Dzięki temu istnieje szansa na zwiększenie oczekiwanych zysków przez obniżenie ceny i rozważanie wprowadzenia promocji ma sens. Jednym ze szczególnych modeli tego typu jest taki, w którym zakłada się że przedsiębiorca może dwukrotnie zmienić cenę towaru na cenę wyższą lub niższą. Pewnym ograniczeniem jest założenie, że ceny, po których ewentualnie sprzedawany będzie towar, oraz odpowiadające im intensywności popytu są ustalone z góry. Problem formułuje się jako zadanie optymalizacyjne, polegające na znalezieniu momentu zmiany ceny, co w modelu matematycznym oznacza przełączenie z procesu zgłoszeń klientów o jednej intensywności na proces zgłoszeń o innej intensywności, tak aby maksymalizować wartość oczekiwanych zysków sprzedawcy. Zadanie to należy do klasy problemów z zakresu teorii optymalnego sterowania przedziałami stałymi procesami Markowa. Rozwiązanie jest możliwe dzięki zastosowaniu narzędzi z teorii sterowania markowskimi procesami decyzyjnymi.

Okazuje się, że strategia optymalna jest w postaci progowej. Każdej zmianie ceny odpowiada ciąg progów czasowych określających optymalny moment zmiany ceny w zależności od liczby dóbr, które pozostały i ceny, po której aktualnie sprzedawany jest towar. Zgodnie z intuicją, jeżeli do końca horyzontu pozostało odpowiednio dużo czasu, sprzedawca powinien rozważać zmianę ceny na cenę wyższą, jeżeli natomiast horyzont sprzedaży dobiega końca, należy obniżyć cenę, aby zmniejszyć liczbę towarów, które pozostaną w magazynie po zamknięciu sprzedaży, ponieważ zgodnie z założeniami, staną się one bezwartościowe.

Doświadczenia numeryczne potwierdzają wzrost oczekiwanych zysków sprzedawcy wynikający z zastosowania wcześniej wyznaczonej strategii optymalnej.