

Marek Ciesielski
Akademia Ekonomiczna w Poznaniu
Wyższa Szkoła Logistyki w Poznaniu

Kongestia w systemach logistycznych

W systemach logistycznych bardzo wyraźna jest tendencja do wyrównywania przepływów. Ideałem staje się ciągle uzupełnianie czy też system przepływu jednej sztuki. Cele takich działań są oczywiste: zmniejszanie zapasów, lepsze wykorzystanie urządzeń służących przemieszczaniu itd. Te dążenia mają jednak swoje granice. Nie zawsze możliwe jest scentralizowane kierowanie ruchem w całym systemie logistycznym i nie zawsze warto likwidować każdy przypadek oczekiwania. Aby dobrze zrozumieć kwestię opłacalności likwidacji kolejek i przestojów należy odwołać się do pojęcia kongestii. Trzeba przy tym pominąć jej powszechnie znane znaczenie, w którym oznacza ona po prostu zatłoczenie¹.

Dla ścisłego zdefiniowania kongestii konieczne jest określenie warunków jej występowania w życiu gospodarczym. O kongestii można mówić gdy:

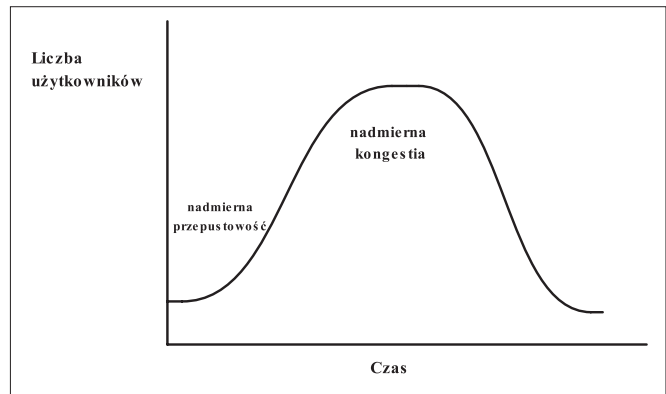
- możliwe jest pojawienie się w danym czasie takiej liczby nabywców lub użytkowników jakiegoś dobra (urządzenia), która nie może być obsłużona jednocześnie
- nabywcy lub użytkownicy dobra poświęcają dla jego uzyskania pewne zasoby (może to być czas)
- ilość zasobów wydatkowanych na jednostkę dobra zależy od czasu jego nabycia lub uzyskania².

Jest to więc zjawisko uniwersalne. Występuje przed automatem z kawą, w sklepie, na ulicach miast, w portach lotniczych, w halach produkcyjnych itd., itd. Zawsze kojarzy się ono z wydajnością czy też przepustowością urządzenia, którego dotyczy kongestia. Obserwując kolejki stawiamy pytania: czy ustawić drugi automat, czy uruchomić następną kasę, poszerzyć ulicę, zwiększyć liczbę miejsc, w których wydaje się narzędzia w hali produkcyjnej? Odpowiedź na te pytania byłaby prosta, gdyby nie to, iż kongestia zmienia się w czasie.

Nadmierna przepustowość i nadmierna kongestia

W takich systemach jak: magazyn, terminal, port, hala produkcyjna, ciągle przeplatają się ze sobą stany nadmiernej przepustowości i nadmiernej kongestii. Okresem, w którym obserwuje się takie cykle, może być doba, tydzień, kwartał lub rok.

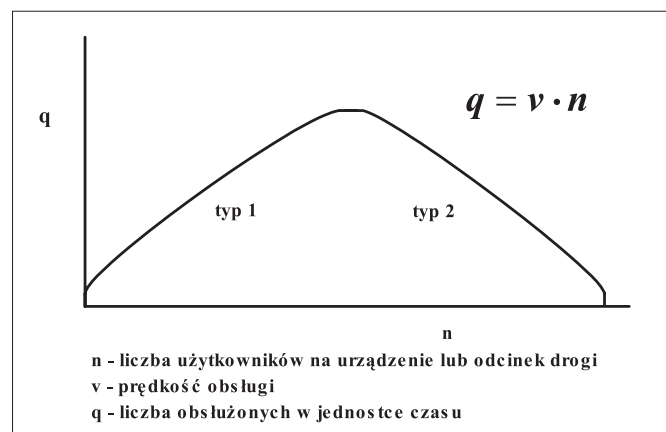
Przedstawiony na rys. 1 rozkład wykorzystania jest najczęściej kojarzony z systemami transportowymi. Każdy bowiem widzi, iż właśnie taki jest rozkład użytkowników ulicy Św. Marcin w Poznaniu, czy też autostrady A2. Trzeba jednak pamiętać, iż problem ten dotyczy większości systemów logistycznych.



Rys. 1. Typowy rozkład wykorzystania systemów logistycznych w ciągu doby. Źródło: opracowanie własne.

Rozpatrując zagadnienia związane z kongestią, trzeba przede wszystkim rozróżnić jej dwa podstawowe typy. Typ 1 oznacza taki stan, iż przy rosnącej liczbie użytkowników liczba obsłużonych rośnie, a typ 2 oznacza, iż przyrosty liczby użytkowników powodują już spadek przepustowości czy wydajności urządzenia. Opisuje to krzywa na rys. 2.

W warunkach kongestii pierwszego typu przyrost liczby użytkowników powoduje wzrost czasu obsługi (prędkość obsługi maleje), ale przepływ rośnie – choć coraz wolniej. Natomiast typ 2 oznacza, że każdy przyrost liczby użytkowników nie tylko wydłuża czas obsługi, ale obniża przepływ. Przy bardzo dużej liczbie n następuje całkowite zablokowanie systemu i $q = 0$.



Rys. 2. Krzywa „przepływu – koncentracji”. Źródło: W.D. Ashton: *The Theory of Road Traffic Flow*. London. Methuen and Co. Ltd. New York: John Wiley and Sons Inc. 1966, s. 18.

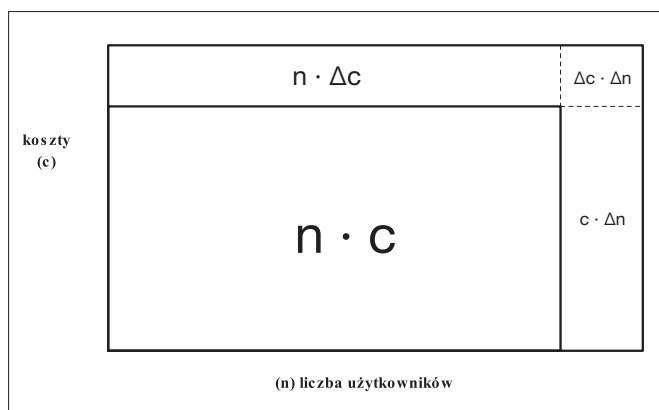
¹ Termin „kongestia” – podobnie jak „inflacja” - jest pochodzenia łacińskiego i został przejęty przez nauki ekonomiczne z medycyny, gdzie oznaczał nagromadzenie lub przeciążenie.

² Por.: J. Rothenberg, *The economics of congestion and pollution, an integrated view*. *The American Economic Review: Papers and Proceedings* 1970, nr 2, s. 114.

Umiejętność rozróżniania 1. i 2. typu kongestii ma kapitalne znaczenie. W warunkach kongestii 1. typu mamy do czynienia z problemem optymalizacji i trzeba zbadać łączne koszty systemu i kongestii, i podjąć decyzję o zwiększeniu (lub zmniejszeniu) przepustowości systemu. Natomiast występowanie typu 2. oznacza – bez wątpienia – zbyt małą przepustowość systemu. W praktyce typ 1 i 2 mogą się ze sobą przeplatać nawet w ciągu doby (przykładowo kongestia 2. typu może występować w ciągu 1 godziny w okresie doby). Komplikuje to bardzo rachunek kosztów kongestii i decyzje o zmianach przepustowości.

Nadmierna przepustowość i nadmierna kongestia

Koszty kongestii wiążą się bezpośrednio ze stratami czasu i zmniejszaniem oraz częstymi zmianami przepływu. Koszty te ponosi system logistyczny i jego użytkownicy. Są one różnicą między całkowitymi kosztami systemu i użytkowników w warunkach swobodnego przepływu, a takimi kosztami przy danym poziomie kongestii. Przykładowo, w zwykłym magazynie w miarę wzrostu kongestii powstaną koszty związane z oczekiwaniem wózków widłowych i pracowników, koszty postojów oczekujących pojazdów itp.



Rys. 3. Koszty kongestii. Źródło: opracowanie własne.

Trzeba zawsze pamiętać, iż koszty kongestii są przejawem prawa nieproporcjonalnych przychodów. Każdy dodatkowy użytkownik zwiększa koszty całkowite – o coraz to większą wartość. Mamy więc tu do czynienia z rosnącymi kosztami krańcowymi.

Dodatkowy użytkownik ponosi koszty wyższe niż przeciętne koszty dotychczasowych użytkowników:

$$c \cdot \Delta n + \Delta c \Delta n > c,$$

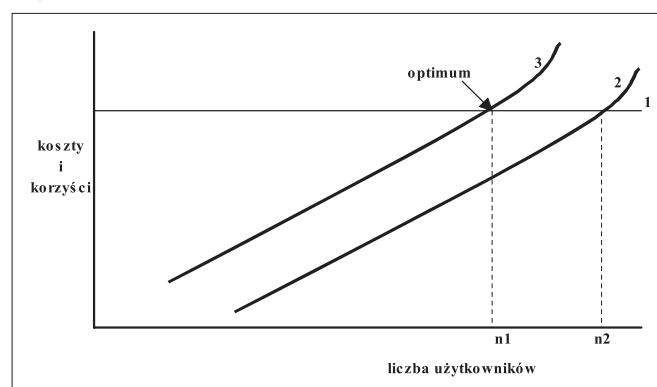
ale najważniejsze jest to, że jego pojawienie się zwiększa koszty wszystkich użytkowników ($o \cdot n \cdot \Delta c$ na rys. 3).

³ Za zwiększaniem przepustowości postępuje wzrost liczby użytkowników – jest to odrębne zagadnienie ale trzeba pamiętać, że „kongestia tworzy swą własną równowagę”.

To wyjaśnia, dlaczego najwyższy poziom kongestii panuje w systemach zdecentralizowanych, a więc w takich, w których każdy użytkownik podejmuje indywidualnie decyzje o skorzystaniu z usług systemu logistycznego. W systemach scentralizowanych koszty obciążające dotychczasowych użytkowników są elementem rachunku optymalizacyjnego i decydent może uznać za konieczną zmianę sposobu lub czasu korzystania z systemu.

Optimum

Analiza kosztów kongestii wskazuje, że w systemach zdecentralizowanych optimum nie może być osiągnięte, ponieważ użytkownicy biorą pod uwagę tylko własne koszty. Można więc powiedzieć, że w systemach zdecentralizowanych liczbę użytkowników kształtują koszty przeciętne, a w systemach scentralizowanych – krańcowe.



Rys. 4. Optimum kongestii. Źródło: opracowanie własne.

Przyjmijmy, że krzywa 1 na rys. 4 opisuje korzyści użytkowników systemu, krzywa 2 koszty przeciętne użytkowników, a krzywa 3 ich koszty krańcowe. Pomijając, bardzo skomplikowane zagadnienia szacowania korzyści użytkowników, można wskazać, że optymalny poziom kongestii wyznacza punkt przecięcia się krzywych 1 i 3. Odpowiadająca mu liczba użytkowników ($n1$) zostanie przyjęta w systemie scentralizowanym. Natomiast w systemie zdecentralizowanym liczba użytkowników będzie większa ($n2$).

Tak więc, zmniejszanie kongestii może polegać na:

- zwiększeniu przepustowości systemów logistycznych³
- zwiększeniu stopnia centralizacji systemów
- oddziaływaniu na użytkowników systemów zdecentralizowanych.

Ostatni sposób może wiąże się albo ze stosowaniem instrumentów pieniężnych, albo ze współpracą w zakresie czasu i sposobu korzystania z systemu.

Z A P O W I E D Z I

18 maja 2007 r. w Poznaniu odbędzie się Naukowa Konferencja Logistyczna WSL-FORUM 2007. Jej organizatorem jest Wyższa Szkoła Logistyki. Tematem spotkania logistyków będą „Problemy współczesnej logistyki w badaniach naukowych”.

Więcej informacji na stronie www.wsl.com.pl

W dniach 25 – 27.04.2007 r. Politechnika Radomska – Wydział Transportu wspólnie z Komitetem Transportu PAN i Transportowym Dozorem Technicznym organizują już po raz czwarty Międzynarodową Konferencję Naukowo-Techniczną LOGISTYKA, SYSTEMY TRANSPORTOWE, BEZPIECZEŃSTWO W TRANSPORTCIE. „LOGITRANS-2007”. Tematyka konferencji obejmuje zagadnienia związane z szeroko pojętą logistyką i wykorzystaniem różnych rozwiązań w procesach transportowych, a także problematykę bezpieczeństwa w transporcie. Obrady będą się toczyć w sekcjach: budowa eksploatacja i diagnostyka środków transportu, bezpieczeństwo w transporcie, logistyka, efektywność systemów transportowych. Referaty nadesłane na konferencję zostaną opublikowane w Zeszytach Naukowych Wydziału Transportu PR oraz w formie elektronicznej w numerze 3/2007 „Logistyki”.