

Informatyka i geopolityka

Rozmyślania nad pewnym rysunkiem

Chciałbym się z Państwem podzielić znaleziskiem pokazującym początki optymalizacji kombinatorycznej, która jest dziedziną matematyki i informatyki. Tym znaleziskiem jest ryc. 1 pochodząca z raportu „Fundamentals of a method for evaluating rail net capacities”¹. Znanе powie dzenie mówi, że jeden rysunek wart jest tysiąca słów i sądzę, że tak jest w tym przypadku.



Maciej Drozdowski

profesor nauk technicznych. Studia ukończył na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej. W 1992 r. obronił pracę doktorską z informatyki, w 1997 r. uzyskał habilitację, a w 2009 r. – tytuł profesora. Przez całą swoją drogę zawodową związany jest z Instytutem Informatyki Politechniki Poznańskiej. Pracował też na Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza i na Memorial University of Newfoundland w St. John's. Jego zainteresowania naukowe dotyczą m.in. algorytmiki, złożoności obliczeniowej, optymalizacji kombinatorycznej, równoległych systemów komputerowych, oceny efektywności systemów komputerowych. Członek PTI od 1991 r., prezes Oddziału Wielkopolskiego PTI w latach 1999–2002, członek Zarządu Głównego PTI w latach 2020–2023.



Praktyka pokazuje jednak, że niejednokrotnie potrzeba tysięcy słów, by wyjaśnić, co rysunek przedstawia. Ryc. 1 to ilustracja rozwiązania logistycznego problemu, polegającego na określeniu, ile towarów można przewieźć koleją z Europy Wschodniej do Zachodniej. Jeżeli przyjrzymy się ryc. 1, to zauważymy graf składający się z wierzchołków (kółka) i łuków (strzałki). Towary do przewiezienia mają swoje źródła w Europie Wschodniej, co oznaczono na rycinie jako „origins”. Przewiezione towary opuszczają sieć w Europie Zachodniej. Na strzałkach są umieszczone dwie

liczby. Jedną z nich to tzw. pojemność łuku, czyli ilość towarów, którą można potencjalnie przewieźć w jednostce czasu, np. w jednym dniu. Drugą liczbą to ilość towaru, którą rzeczywiście należy przewieźć w optymalnym rozwiązaniu. Kluczowym elementem rozwiązania jest tzw. minimalny przekrój, potocznie zwany wąskim gardłem. Jest to zestaw łuków o minimalnej sumarycznej pojemności oddzielający jeden koniec grafu (Europa Wschodnia) od drugiego (Europa Zachodnia). Problem ten określa się współcześnie jako przepływy w sieciach (ang. *network flow problem*)².

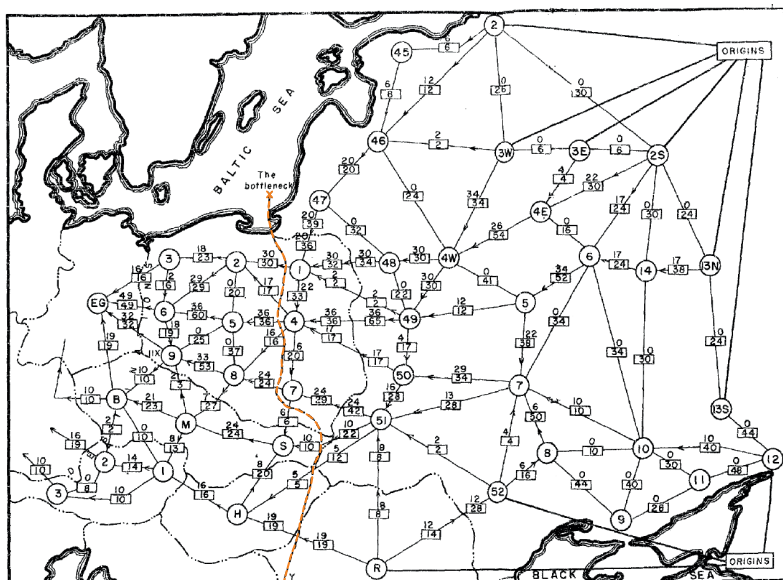
¹ T.E. Harris, F.S. Ross, *Fundamentals of a method for evaluating rail net capacities*, RAND Corp. Santa Monica CA, 1955, <https://apps.dtic.mil/sti/citations/AD0093458>

² Wikipedia contributors, Network flow problem (data dostępu: 5.07.2023), Wikipedia, The Free Encyclopedia, https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Network_flow_problem&oldid=1006876099 (data dostępu: 5.06.2023).

Jak powstało rozwiązanie?

Na ryc. 1 wierzchołki (kółka) znajdują się w dość dziwnych miejscach. Warszawa jest raczej tam, gdzie powinna, ale gdzie jest Trójmiasto i co to za dziwny węzeł komunikacyjny w środkowo-zachodniej Polsce? Wyjaśnienie położenia węzłów komunikacyjnych jest takie, że gdy problem ten rozwiązywano, trzeba to było zrobić ręcznie, tzn. bez pomocy komputerów. Dlatego dokonano uproszczenia mapy sieci kolejowej i każdy wierzchołek przedstawia pewien region, a nie konkretny węzeł kolejowy. To pozwoliło uprościć dane i rozwiązać problem z wystarczającą dokładnością.

Ryc. 1. Schematyczny diagram sieci kolejowej w zachodnim ZSRR i państwach Europy Środkowej



Źródło: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/AD0093458>.

Konieczność uproszczeń pokazuje praktyczny aspekt algorytmów – ich złożoność obliczeniową. Dla ludzkiego rachmistrza ten problem był zbyt złożony w naturalnej formie sieci transportowej. A skoro mowa o algorytmach, to jak właściwie rozwiązano ten problem? Gdy go sformułowano (lata 40. i 50. XX w.), nie znano jeszcze odpowiednich algorytmów, a dziedziny optymalizacji kombinatorycznej, informatyki i logistyki – w współczesnym rozumieniu – dopiero powstawały. Do rozwiązania problemu wymyślono algorytm zalewania (ang. *flooding*), który mógł nie dać rozwiązania optymalnego i nie jest obecnie stosowany. Pierwszy publicznie ogłoszony algorytm dla przepływów w sieciach to algorytm Forda i Fulkersona³, polegają

cy na budowie ścieżek łączących źródła towarów z ujściami. Współcześnie ten algorytm uznaje się za nieefektywny, bo jego złożoność obliczeniowa rośnie wraz z ilością towarów, którą można przewieźć. Przez dziesięciolecia dokonał się jednak postęp i liczne współczesne algorytmy już nie mają tej wady⁴.

Skąd ta wiedza?

Złożoność obliczeniowa złożonością obliczeniową, algorytmy algorytmami, ale co właściwie interesowało badaczy i ich zleceniodawców w rozwiązywaniu problemów logistyki w Europie?

Podpowiedzią jest fakt, że raport zawierający omawianą rycinę była tajny i został stworzony przez RAND Corporation, think-tank finansowany w dużej mierze przez rząd Stanów Zjednoczonych, a ściślej armię. Skoro publikacja była tajna, to skąd wiemy o jej istnieniu i jak przedostała się do przestrzeni publicznej? Tu mogę zaoferować jedynie informacje z przekazu ustnego. Na konferencji PMS w Osnabrück w 2000 r. Alexander Schrijver, ekspert od optymalizacji kombinatorycznej i logistyki, opowiadał o historii problemu przepływu w sieciach i właśnie o tym raporcie. W czasach prezydentury Billa Clintona liberalna demokracja tryumfowała w geopolityce. Twierdzono, że historia się skończyła. Na fali powszechnego optymizmu w USA odtajniono wiele dokumentów z czasów zimnej wojny. Aby jakiś dokument został odtajniony, należało o to wystąpić do odpowiedniej agencji rządu Stanów Zjednoczonych i w tym wystąpieniu należało wskazać, który dokument odtajnić. Tu jednak dochodzimy do błędnego koła – skąd wiadomo, że dokument można odtajnić, skoro jest on tajny. Schrijver wskazał na istnienie łańcucha ludzi, którzy poinformowali inne

osoby, że taki dokument istnieje. Ślad tego łańcucha odnaleźć można w podziękowaniach w autorskiej publikacji „On the history of the transportation and maximum flow problems”⁵.

Przesłanie dla potomnych

Wróćmy więc do ryciny. Którędy właściwie przebiega wąskie gardło sieci kolejowej w Europie? Nie trudno zauważyć, że – zaznaczone linią „bottleneck” – znajduje się w Polsce. Dlaczego jest to ważne? Cała moja opowieść może wyglądać jak ciekawostka, przyczynkarski przypisek do historii informatyki.

³ L. R. Ford, D. R. Fulkerson, Maximal flow through a network, *Canadian Journal of Mathematics* 8, 399-404 (1956)

⁴ R. K. Ahuja, T. L. Magnati, J.B. Orlin, *Network flows, theory, algorithms and applications*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ07632 (1993)

⁵ A. Schrijver, On the history of the transportation and maximum flow problems, *Mathematical Programming* 91, 437-445 (2002). Wersja autora: <https://homepages.cwi.nl/~lex/files/histtrpclean.pdf> (data dostępu: 05.07.2023)

Jednak ten rysunek niesie ważny komunikat z przeszłości dla nas współczesnych. Tak jak biolog w kropli wody potrafi zobaczyć cały świat, tak informatyk – rozwiązując opisany tu problem – dostrzega więcej. Ten rysunek pokazuje, jak geopolityka jest zdeterminowana przez swoje materialne podstawy: geografie i infrastrukturę techniczną. Pokazuje też, że informatyka to broń.

Co bowiem oznacza życie na obszarze wąskiego gardła? Zacytujmy fragment abstraktu raportu: *Air power is an effective means of interdicting an enemy's rail system, and such usage is a logical and important mission for this Arm. As in many military operations, however, the success of interdiction depends largely on how complete, accurate, and timely is the commander's information, particularly concerning the effect of his interdiction-program efforts on the enemy's capability to move men and supplies.*

Innymi słowy, oznacza życie w nieustannym zagrożeniu próbą przecięcia wąskiego gardła. Czym jest „interdiction”

w wypowiedzi amerykańskiego generała? A czym są „towary” przepływające przez sieć, których przepływowaniu chciano zapobiec? Z pewnością nie są to sprzęty gospodarstwa domowego, lecz armie.

Ostatnie wydarzenia w Ukrainie pokazują, że promotorzy przewożenia „towarów” z Europy Wschodniej do Zachodniej nie wymarli, a wręcz przeciwnie – wciąż są aktywni.

Po której stronie tej linii chcielibyśmy żyć? Co więc należy robić w sensie dosłownym i w przenośnym?

To są retoryczne pytania, na które z łaski późnego urodzenia nie musieliśmy, a i – pewnie z własnej wygody – nie chcielibyśmy odpowiadać. Pozostawanie jednak na wąskim gardle, czyli siedzenie na płocie, nie jest dobrym pomysłem. Aby znaleźć się po tej właściwej stronie wąskiego gardła, musimy, w dosłownym sensie, budować drogi i mosty. A w sensie przenośnym – snuć nici porozumienia. Z tej lewej strony.

REKLAMA



Wydawnictwo **ITSTART** od momentu swojego powstania w 2007r. skupiło się na dostarczaniu materiałów edukacyjnych dla szerokiego spektrum odbiorców, od początkujących użytkowników komputerów po zaawansowanych. Jednym z kluczowych aspektów sukcesu **ITSTART** jest uzupełnianie braków publikacji na rynku książki w danym szczelbu wiedzy.

Oferujemy bogatą gamę serii wydawniczych, które spełniają różne potrzeby i umiejętności odbiorców. Zarówno dla początkujących użytkowników, nie wykluczając seniorów, którym może być trudniej przyswajać nowe technologie.

Kolejną grupą docelową to uczniowie szkół średnich branżowych oraz studenci kierunków IT, dążący do zdobycia certyfikatu **Cisco CCNA**.

Przygotowaliśmy największą w Polsce serię książek bazującą na przeróżnych symulatorach jak np. **PACKET TRACER**, a każda z nich zawiera kilkadziesiąt przykładów, ćwiczeń oraz kart pracy do pobrania online.

Jesteśmy Inkubatorem młodych talentów, na których bazuje nasza działalność, którzy wspólnie z nami mogą rozszerzać swoje ścieżki kariery.

Dumnie informujemy, że niedawno ITSTART zostało uhonorowane prestiżową nagrodą przez PTI, gdzie zajęliśmy drugie miejsce w kategorii książek informatycznych wydanych w 2022r. Ta nagroda to uznanie dla naszej ciężkiej pracy i zaangażowania w rozwijanie edukacji informatycznej w Polsce.

Pozostajemy wierni idei dostarczania wiedzy i pomagania ludziom w osiągnięciu sukcesu w dziedzinie IT. Jeśli masz pasję do technologii i chciałbyś dołączyć do naszego zespołu lub po prostu rozpocząć swoją przygodę z IT, zapraszamy do kontaktu. Razem możemy osiągnąć jeszcze więcej!

Podstawy konfiguracji IPv6 dla technika i studenta IT

z przykładami i ćwiczeniami w Packet Tracer

www.itstart.pl