

# Lesz, Mieczysław

---

## O optymalistycznych metodach matematycznych w gospodarce

---

Notatki Płockie 16/3-62, 12-15

---

1971

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych oraz w kolekcji mazowieckich czasopism regionalnych [mazowsze.hist.pl](http://mazowsze.hist.pl).

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

# ○ optymalistycznych metodach matematycznych w gospodarce

Optymalizacyjne metody matematyczne zdobywają sobie coraz więcej miejsca w naszej praktyce planowania i zarządzania. Wyszliśmy zdecydowanie z okresu, kiedy to tylko opisywało się teoretyczne szkolne modele, choć daleko jeszcze do powszechnego wprowadzenia w życie metod optymalizacyjnych.

Przegląd ich zastosowań można zrobić wedle tego, na jakim szczeblu zarządzania są stosowane, (zakład, branża, gałąź przemysłu), albo wedle tego, jakiemu celowi służą. Wedle tego drugiego kryterium, które wydaje się słuszniejsze, można rozróżnić optymalizację planów bieżących, optymalizację planów rozwojowych i optymalizację organizacji pracy.

Podział ten nie pokrywa się z podziałem na różne metody matematyczne sensu stricto. Tak np. same metody programowania liniowego mogą służyć zarówno dla celów optymalizacji planów bieżących jak również perspektywicznych. Oprócz programowania liniowego stosuje się metody programowania dynamicznego, metody sieciowe, rachunek różniczkowy i całkowity, rachunek prawdopodobieństwa.

## Optymalizacja planów bieżących

W naszej praktyce planowania krótkookresowego zaczyna się stosować metody matematycznej optymalizacji. Wiadomo, że w określone ekonomiczne ograniczenia można „wpisać” wiele różnych planów wewnętrznych zgodnych i spełniających wszystkie warunki bilansowe i wszystkie ograniczenia. Optymalizacja polega na tym, ażeby spośród tej wielkiej liczby planów możliwych wybrać plan najlepszy z punktu widzenia określonego kryterium (np. maksymalizujący zysk). Tego typu modele optymalizacyjne są już dziś opracowywane dla niektórych fabryk chemicznych (Z. A. Kędzierzyn, Mazowieckie Zakłady Rafineryjne i Petrochemiczne w Płocku), dla niektórych fabryk maszyn (Fabryka Obrabiarek im. 1 Maja w Puszczowie, Fabryka Maszyn Rolniczych „Kraj” w Kutnie), fabryk mebli (Fabryka Mebli w Elblągu). Ostatnio rozpoczęto wdrażać modele matematyczne do gospodarstw rolnych. Opracowano i wydano optymalne rozwiązania dla 30 typów gospodarstw.

Rozwiązywanie modeli optymalizacyjnych pozwala na istotną poprawę wskaźników eko-

nomicznych, lepsze wykorzystanie parku maszynowego i zwiększenie podstawowej wielkości obranej za funkcję celu.

Odmianą modelu optymalizacyjnego jest model optymalnej alokacji produkcji. Chodzi o to, by określone operacje produkcyjne podzielić pomiędzy wzajemnie zastępowalne maszyny (tj. maszyny, które mogą te operacje wykonać, choć nie w tym samym czasie i nie przy tym samym koszcie). Celem może być w tym przypadku minimalizacja łącznego czasu pracy maszyn, z myślą by wygospodarować rezerwy czasu dla przekroczenia planu, lub minimalizacja kosztu. Modele optymalnej alokacji produkcji były opracowywane bądź dla pojedynczych zakładów (np. dla Fabryki Łożysk Toczyńskich w Kraśniku), bądź dla całych branż. Już od trzech lat podział zadań planowych dla zgniataczy i walcowni prętów w hutach żelaza dokonuje się u nas na podstawie rozwiązania odpowiedniego modelu matematycznego. Niekiedy włącza się do modelu optymalnej alokacji także zmienne decyzje, które dałyby odpowiedź na pytanie, co produkować w kraju a co importować. Tak np. kraj nasz importuje niektóre włókna sztuczne, pewne ilości papieru, pewne ilości paliw płynnych, a w szczególności benzyn.

Zbudowane dla tych branż modele optymalnej alokacji równocześnie dały odpowiedź na pytanie, które asortymenty produkować w kraju, a które importować. Celem była tym razem oszczędność dewiz, co jest niemal równoznaczne z maksymalnym wykorzystaniem aparatu wytwórczego w kraju. Efekty ekonomiczne zastosowania tych modeli są b. poważne. Tak np. okazało się możliwe wyprodukowanie dodatkowo 5 tys. ton papieru rocznie, zaoszczędzenie 2 mln dolarów na imporcie paliw płynnych, 600 tys. dolarów na imporcie włókien sztucznych itd.

Omawiane modele są już wdrożone do praktyki planistycznej, lub są w trakcie wdrażania.

Rozwiązania modeli optymalnej alokacji produkcji wskazują równocześnie na najbardziej słuszne kierunki specjalizacji. Przydzielając odpowiednie operacje do określonych maszyn, rozwiązanie sugeruje równocześnie, które maszyny należy specjalizować w ich wykorzystaniu.

Wszystkie rozwiązania programowe z tego zakresu postulowały ograniczenie ilości operacji wykonywanych na jednego typu maszynie i koncentrację podobnych operacji na maszynach jednego typu. Czasem, zwłaszcza w fabrykach maszyn, mebli itd. w związku z niedostatkiem nowoczesnych obrabiarek, pewną ilość operacji trzeba wykonać na maszynach niezupełnie nowoczesnych („technologia obejściowa”). Program wskazuje, które mianowicie operacje należy przerzucić na te maszyny, aby związany z tym nieunikniony wzrost kosztów był jak najmniejszy.

Zostały dokonane pierwsze eksperymentalne próby połączenia obu modeli tj. modelu ekonomicznej optymalizacji i modelu optymalnej alokacji produkcji. Nie jest to łatwe ze względu na różne funkcje celu w obu tych modelach. Trudności te można obejść „tłumacząc” elementy jednej funkcji celu na język drugiej i sprowadzając oba modele jakby do wspólnego mianownika. Taki łączny model został opracowany dla Wyszowskiej Fabryki Mebli.

Na pozór drobną, a przecież ważną sprawą jest stosowanie metod matematycznych dla minimalizacji odpadów (optymalizacji wykrojów). Ten b. prosty model jest użyteczny i z reguły daje poważne oszczędności materiałowe. Wdrożenia, w których miałem możliwość sam brać udział, dały następujące efekty: w fabryce maszyn 6% oszczędności blach, w fabryce mebli 4% oszczędności płyt spłasnionych, w fabryce tworzyw sztucznych 23%(!) oszczędności płyt termoutwardzalnych. Cała praca minimalizacji odpadów została dopiero w naszym przemyśle zaczęta, może ona dać bardzo znaczne efekty w przewycięzaniu „bariery materiałowej”.

### Optymalizacja planów rozwojowych

Najprostszymi a zarazem najdawniej stosowanymi modelami rozwojowymi są modele optymalnej lokalizacji nowego zakładu produkcyjnego, składów materiałowych, nowego oddziału produkcyjnego w istniejącej fabryce. Opierają się one o znany już dziś szeroko algorytm transportowy. Sposób postępowania może być dwojaki: porównuje się po kolei możliwe lokalizacje lub włącza do jednego modelu od razu wszystkie możliwe lokalizacje i rozwiązuje odpowiedni program.

Opisywanymi metodami opracowane były propozycje dotyczące rozwoju sieci baz i składów Centrali Produktów Naftowych, sieci hurtowni Centrali Rybnej itd. Opisywanymi metodami dokonano wytoru miejsca pod budowę nowej VII rafinerii.

Bardziej złożonym problemem tego samego typu jest problem celowości koncentracji wzgl. dekoncentracji produkcji. Wiadomo, że koncentracja produkcji w mniejszej liczbie zakładów (lub nawet w jednym zakładzie) daje możliwość obniżki kosztów jednostkowych, ale z drugiej strony podwyższa koszty transportu bądź

surowców, bądź wyrobów gotowych, bądź jednego i drugiego. Metody matematycznej optymalizacji pozwalają na znalezienie łącznego optimum.

Najbardziej efektywnym modelem rozwojowym jest model rozwoju branży. Niejednokrotnie staje przed nami problem jak zagospodarować optymalnie nowy surowiec, półprodukt, który może być skierowany jako wsad surowcowy dla różnych produktów finalnych. Opracowano modele, które dają na to pytanie odpowiedź. Kryterium optymalizacji może być różne: maksymalny zysk, minimalne nakłady inwestycyjne, optymalizacja salda dewizowego.

Przy pomocy takiego modelu rozwiązano trudne zadanie zagospodarowania produktów pirolizy, takich jak etylen, propylen, ksyleny, benzen. Przy pomocy modelu optymalizacyjnego można ustalić kierunki rozwoju poszczególnych istniejących fabryk jednej branży, tj. ustalić kierunki ich specjalizacji, ustalić, które fabryki warto rozbudowywać, a które nie itd. Zadanie takie wykonane dla branży wózków dzieciennych; przy tym wyniki optymalne daleko odbiegały (in plus) od pierwotnych założeń.

Przy pomocy optymalizacyjnego modelu, rozwiązywanego nie metodami programowania liniowego, ale metodami programowania dynamicznego można rozwiązać zadanie optymalnej alokacji środków dla uzyskania optymalnego łącznego efektu, jeżeli zależność efektów od środków nie jest zależnością liniową.

Tą metodą rozwiązano zadanie optymalnego rozdziału środków inwestycyjnych pomiędzy wszystkie 13 branż przemysłu chemicznego. Funkcją celu była maksymalizacja wartości produkcji, maksymalizacja akumulacji wzgl. maksymalizacja wartości dewizowej netto. Rozwiązanie postulovalo przesunięcie 6 mld zł pomiędzy branżami tego przemysłu w stosunku do pierwotnego planu.

Programowanie matematyczne może służyć dla wyboru technologii. Taka prosta operacja jak odwrócenie macierzy może służyć dla oceny dwu technologii z punktu widzenia kapitałochłonności pełnej (ciągniczej), ponieważ często wskaźniki kapitałochłonności bezpośredniej dają mylne wskazówki na temat rzeczywistego wysiłku inwestycyjnego związanego z różnymi technologiami.

Stosując metody programowania matematycznego porównano technologię produkcji polichlorku winylu z acetylenem lub z etylenem, technologię produkcji izoprenu z czterech różnych surowców itd.

Metody wyboru optymalnej technologii są szczególnie ważne we współczesnym przemyśle chemii organicznej, ponieważ w przemyśle tym dzięki nowym odkryciom, w szczególności nowym katalizatorom, można niemalże „wszystko produkować z wszystkiego”. O wyborze winny decydować względy ekonomiczne (koszty, kapitałochłonność, względy na handel zagraniczny itp.).

Metody programowania mogą służyć dla optymalizacji wybranej technologii wytwarzania, a nawet wybranego schematu technologicznego. Chodzi przy tym nie o zmiany typu technologicznego (np. zmianę technologicznych parametrów), ale zmiany typu ekonomicznego. Jest to możliwe szczególnie tam, gdzie jest możliwość wariantowych rozwiązań w ramach jednego schematu technologicznego. Tak np. opracowano przy pomocy metod programowania optymalizacyjnego schemat VII rafinerii, zwiększając bez dodatkowych nakładów inwestycyjnych wartość produkcji w cenach światowych o 7<sup>1</sup>/<sub>0</sub>.

### Optymalizacja organizacji pracy

Metody matematycznej optymalizacji są coraz częściej stosowane dla usprawnienia organizacji pracy, m. in. dla usprawnienia przewozów, usprawnienia i przyspieszenia procesu inwestycyjnego (skrócenia cykli budowlanych), dla usprawnienia organizacji montażu w fabrykach maszyn, a wreszcie dla optymalizacji gospodarki zapasami, sprzętem, optymalizacji długości produkowanej serii, ustalenia optymalnych zasad normalizacji i typizacji, ustalenia optymalnych cykli remontowych itd.

Najbardziej spośród wspomnianych metod rozpowszechniły się metody optymalnego łączenia dostawców i odbiorców. Od czasu gdy problem został przekazany Centralom Zbytu, zainteresowanym w zmniejszeniu kosztów transportu, metody te rozwinęły się szeroko. Zostały one zresztą kilkakrotnie opisane w naszej literaturze ekonomicznej wraz z przekonującymi przykładami. Zadania tego typu rozwiązuje się przy pomocy algorytmu transportowego. Optymalne łączenie dostawców i odbiorców powszechnie jest stosowane w przemyśle cementowym, nawozów sztucznych, w Centrali Produktów Naftowych, w czasie kampanii cukrowniczych dla przewozu buraków cukrowych w czasie jesiennej kampanii przewozu ziemniaków jadalnych itp.

Na drugim miejscu pod względem rozpowszechnienia należałoby postawić metody sieciowe, popularnego PERT'a. Metody sieciowe stosowane są dla modelowania organizacji budowy poszczególnych dużych inwestycji, typowych remontów, dużych montażu (np. montażu statków morskich), a nawet prac projektowych i naukowo-badawczych. W Polsce były już opracowywane i rozwiązywane sieci zależności o tysiącu i więcej czynnościach. Każda elektroniczna maszyna cyfrowa ma program na znalezienie ścieżki krytycznej metodami programowania dynamicznego. W stosowaniu metod sieciowych tkwią ogromne rezerwy intensyfikacji gospodarowania, zmniejszenia robót w toku, skrócenia cykli budowy i montażu.

Metody sieciowe opierają się jak wiadomo o matematyczną teorię grafów. Ale oprócz grafów zamkniętych typu PERT istnieją grafy otwarte, tzw. „grafy—drzewa”, ponieważ rysunek ich przypomina rozgałęzione drzewo. Gra-

fy takie mogą być wykorzystane dla modelowania taśmy montażowej (konwojera) w fabrykach maszyn, mebli, a także zszywania odzieży w fabrykach konfekcji, butów w fabrykach obuwnia itd. Pień drzewa grafu symbolizuje główną taśmę montażową, a gałęzie — montaż podzespołów. Graf tego typu ogromnie upraszcza rozstrzygnięcie wciąż aktualnego techniczno-ekonomicznego zagadnienia: czy skrócić główną taśmę montażową („pień”) przenosząc znaczną część pracy na montaż podzespołów („gałęzie drzewa”) czy też odwrotnie. W całym tym problemie jest oczywiście określone ekonomiczne optimum. Niestety, opisane tu metody, tj. „grafy—drzewa” nie są dotąd u nas stosowane, a w literaturze polskiej jest na ten temat jedna tylko pozycja.

Metody matematyczne pomagają w określeniu długości wszelkiego rodzaju cykli. Jako podstawą używanych wzorów służą proste i powszechnie znane metody rachunku różniczkowego i całkowego, a w przypadkach bardziej skomplikowanych — metody programowania dynamicznego. Przy pomocy tych metod matematycznych ustala się optymalne cykle zakupów optymalne cykle remontowe, optymalną długość produkowanej serii. Przy pomocy metod programowania dynamicznego można rozwiązywać też bardziej skomplikowane zadania, jak np. optymalne prowadzenie katalizatora (łącznie z jego wymianą wzgl. regeneracją), optymalne cykle oczyszczania aparatury chemicznej od inercyj (tj. składników gromadzących się w aparaturze, a nie biorących udziału w reakcji).

Proste rekonstrukcyjne wzory programowania dynamicznego służą dla ustalenia „kroku” w normalizacji wymiarów, typowości, gatunków. Przy ich pomocy sprawdzono np. ekonomiczną słuszność istniejącej normalizacji wymiarów żelaza zbrojeniowego (dla zbrojenia betonu).

Z omówionych tu elementów optymalizacji mogą być tworzone całe systemy, składające się z poszczególnych modeli optymalizacyjnych, połączone określonymi schematami logicznymi. Mówimy (i piszemy) o „wielkich systemach” w technice; takie same „wielkie systemy” można i należy budować dla zagadnień organizacyjno-ekonomicznych. W systemach takich elementy optymalizacji ekonomicznej przeplatałyby się z elementami optymalizacji organizacji pracy i ze zwykłym elektronicznym przetwarzaniem danych.

Ażeby nie być gołosłownym, chciałbym dać dwa przykłady takich systemów, aktualnie opracowywanych w kraju.

Pierwszy dotyczy optymalnej gospodarki sprzętem budowlanym. Chodzi o to, by ciężki sprzęt budowlany, którego wciąż nam brak, był optymalnie wykorzystany, tzn. by zjawiał się na placach budów w tym czasie, kiedy wedle harmonogramu jest potrzebny (z małą tolerancją), by jak najkrócej był nieczynny, a zarazem, by droga jego pomiędzy różnymi placami

mi budów była jak najmniejsza. Jest to więc zadanie bardziej skomplikowane, aniżeli znane z literatury „zagadnienie komiwojażera”. Ciężki sprzęt jest to bowiem taki komiwojażer, który nie tylko ma obejść najkrótszą drogą wszystkie punkty, ale zjawić się w nich o określonym czasie. Zadanie komplikuje się jeszcze przez to, że system jest systemem dwuszczebiowym: przedsiębiorstwo — podległe mu rejonu budów — pojedyncze budowy. Cały rachunek musi być wykonany wprzód na szczeblu rejonu, a potem przedsiębiorstwa. Od systemu żąda się ponadto, by w razie nadwyżki zadań nad zdolnościami produkcyjnymi nie usuwał zadań priorytetowych, by w razie potrzeby na ten sam termin sprowadził na jeden plan budowy dwa typy sprzętu współpracujące ze sobą itd.

Drugi przykład dotyczy organizacji pracy portu. Chodzi o to, by odpowiedzieć na pytanie, jak ma być obsłużony wpływający do portu lub wypływający z portu statek: przy którym nadbrzeżu ma się zatrzymać, jak ma być wyładowywany (załadowywany), w jakiej kolejności, przez jaki sprzęt przeładunkowy, przez jaką ilość brygad ma być obsłużony, jak ma być odwieziony towar w głąb kraju, wzgl. w którym magazynie ma być składowany itd. Chodzi oczywiście nie o jeden statek, a o cały ciąg statków zawijających do portu. Celem optymalizacji jest obniżka kosztów ponoszonych łącznie przez port i przez armatora. Model tego „wielkiego systemu” może też służyć dla opracowania planu rozbudowy portu, przy określonych założeniach rozwoju transportów

morskich. We wszystkich modelach dot. pracy portów znajdują zastosowania metody probabilistyczne, a m. in. teoria kolejek. Tak np. teoria kolejek może być wykorzystana dla ustalenia liczby nabrzeży obsługujących statki (obsługa jedno, dwu, trzy- kanałowa), dla ustalenia optymalnej liczebności załogi rozładowującej statek itd.

Liczba zawinięć statków w ciągu doby jest bowiem zmienną losową o znanym rozkładzie, podobnie jak czas obsługiwanego jednego statku. Metody probabilistyczne mogą też być wykorzystane w pracach nad rozwojem portów. Typowym zadaniem jest np. określenie optymalnej długości nabrzeża obsługującego równocześnie dwa statki, jeżeli łączna długość tych statków jest zmienną losową o znanym rozkładzie.

\* \* \*

Aby metody matematyczne, których efektywność nie jest kwestionowana, szerzej się rozpowszechniły, musi być dla nich dane „zielone światło” tj. musi być powszechne przekonanie, zwłaszcza u odpowiedzialnych pracowników gospodarczych, że to jest właśnie droga do intensywnego gospodarowania. Jest też rzeczą niezbędną przeszkolenie ekonomistów, przede wszystkim pracujących w działach programowania rozwoju, planowania i w biurach projektów. Metody matematyczne nie są trudne i każdy może je opanować. Chodzi przecież nie o *rozwiązywanie zadań*, a jedynie tylko o *sformułowanie*, ponieważ dziś zadania rozwiązują elektroniczne maszyny cyfrowe.

