Pavla Pavlíková

Z historie lineárního programování - George B. Dantzig (1914-2005)

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 53 (2008), No. 3, 188–198

Persistent URL: http://dml.cz/dmlcz/141858

Z historie lineárního programování George B. Dantzig (1914–2005)

Pavla Pavlíková, Praha

The tremendous power of the simplex method
is a constant surprise to me.
G. B. Dantzig

1. Úloha lineárního programování

Úlohou lineárního programování[1]) rozumíme úlohu najít $\vec{x} = (x_1, x_2, \ldots, x_n)$, pro které nabývá lineární funkce $\vec{c} \cdot \vec{x}$, kde $\vec{c} \in \mathbb{R}^n$, maximální (resp. minimální) hodnoty za ohraničujících podmínek

$$\begin{gathered} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n \gtreqqless b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n \gtreqqless b_2, \\ \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n \gtreqqless b_m, \end{gathered}$$

kde na místě znaků $\gtreqqless$ může být libovolný ze symbolů $\leqq$, $\geqq$, $=$. Úlohy lineárního programování bývají formulovány v různých tvarech, které lze navzájem převádět jeden na druhý. Speciálně lze každou úlohu lineárního programování převést do standardního tvaru, kdy jsou všechny ohraničující podmínky typu $\leqq$, a výše uvedenou soustavu podmínek lze přepsat pomocí maticového zápisu do podoby

$$\mathbf{A}\vec{x} \leqq \vec{b},$$

kde $\mathbf{A} = (a_{ij})$ je reálná matice typu $m \times n$ a $\vec{b} \in \mathbb{R}^m$. Funkce $f(x_1, x_2, \ldots, x_n) = c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_n = \vec{c} \cdot \vec{x}$ představuje účelovou funkci (tou může být délka nejkratší cesty, zisk při výrobě, náklady na dopravu, ztráty při podnikání atd.),

[1]) Termín *lineární programování* navrhl G. B. Dantzigovi kolega Tjalling Charles Koopmans (1910–1985) místo původního názvu *programování v lineární struktuře.*

RNDr. Pavla Pavlíková, Ph.D., Ústav matematiky VŠCHT Praha, Technická 5, 166 28 Praha 6, Katedra didaktiky matematiky, Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, Sokolovská 83, 186 75 Praha 8, e-mail: `Pavla.Pavlikova@vscht.cz`

Předneseno na *Semináři z dějin matematiky a astronomie SEDMA* na Stavební fakultě ČVUT dne 22. 4. 2008 a na 27. mezinárodní konferenci *Historie matematiky* ve Velkém Meziříčí dne 27. 8. 2006.

souřadnice vektoru $\vec{c}$ jsou tzv. cenové koeficienty. Jednotlivé proměnné x_i, $i = 1, \ldots, n$, mohou podle konkrétní úlohy nabývat všech reálných hodnot z určitého intervalu (často předpokládáme $x_i \geqq 0$), nebo pouze celočíselných hodnot (toto omezení však často zásadně komplikuje řešení úlohy). Někdy dokonce požadujeme, aby proměnné x_i byly binární (nabývající pouze hodnoty 0 nebo 1). Množinu bodů v prostoru, jejichž souřadnice vyhovují ohraničujícím podmínkám, nazýváme *množinou přípustných řešení.*

Mocným nástrojem pro řešení úloh lineárního programování je simplexová metoda. Její myšlenka je zhruba následující: lineární funkce $\vec{c} \cdot \vec{x}$, kde $\vec{c} \neq \vec{o}$, nabývá extrému na množině $M = \{\vec{x};\ \mathbf{A}\vec{x} \leqq \vec{b}\}$ v některém z krajních bodů množiny M (tj. vrcholu odpovídající konvexní polyedrické množiny M). Předpokládejme, že hledáme maximum a známe nějaký krajní bod $\vec{x}^{\,0}$ množiny M. Z bodu $\vec{x}^{\,0}$ vychází konečný počet hran množiny M. Každá z těchto hran buď obsahuje další krajní bod množiny M, nebo je neomezená. Pokud na některé neomezené hraně najdeme bod s větší hodnotou účelové funkce než v bodě $\vec{x}^{\,0}$, nemá naše úloha konečné optimum. V opačném případě dále hledáme sousední krajní bod, pro který je hodnota účelové funkce větší než v bodě $\vec{x}^{\,0}$. Označme si tento bod jako $\vec{x}^{\,1}$; dále s ním pracujeme stejně jako s bodem $\vec{x}^{\,0}$. Pokud již neexistuje sousední krajní bod, pro který $f(\vec{x}) > f(\vec{x}^{\,1})$, je $\vec{x}^{\,1}$ hledaným optimálním řešením a postup končí.

Početně to prakticky znamená, že hledáme nějaké tzv. bazické řešení $\vec{x}^{\,0}$ soustavy rovnic (z původní soustavy nerovnic snadno získáme soustavu rovnic zavedením doplňkových proměnných, viz [24], s. 20) a pro něj vypočteme hodnotu účelové funkce. Potom se po vybrané hraně posuneme do sousedního vrcholu, tzn. jednu proměnnou v bázi nahradíme jinou, což odpovídá posunu po hraně, a znovu dopočteme hodnotu účelové funkce, která při dodržení jednoduchých pravidel je větší nebo rovna hodnotě v předchozím vrcholu. Takto pokračujeme, dokud lze vybírat nové proměnné do báze. Způsob, kterým vybíráme nové proměnné do báze, přitom může být různý — můžeme např. do báze přidávat proměnnou s největší (v absolutní hodnotě) zápornou relativní cenou, nebo proměnnou, jejíž přidání povede k maximálnímu okamžitému přírůstku funkční hodnoty účelové funkce (tento druhý způsob je však náročnější a navíc nezaručuje celkově nejkratší výpočet).

Uveďme si pro ilustraci několik typických příkladů úloh lineárního programování:

Dopravní problém: Beton k výstavbě objektů U, V, W se vyrábí v betonárkách A, B. Denně se v betonárce A vyrobí 320 tun betonu a v betonárce B 380 tun betonu. Každý den se spotřebuje 200 tun betonu při výstavbě objektu U, 280 tun při stavbě objektu V a 220 tun při stavbě objektu W. Cena dopravy v Kč za tunu je dána touto tabulkou:

	Objekt U	Objekt V	Objekt W
Betonárka A	50	100	150
Betonárka B	100	125	75

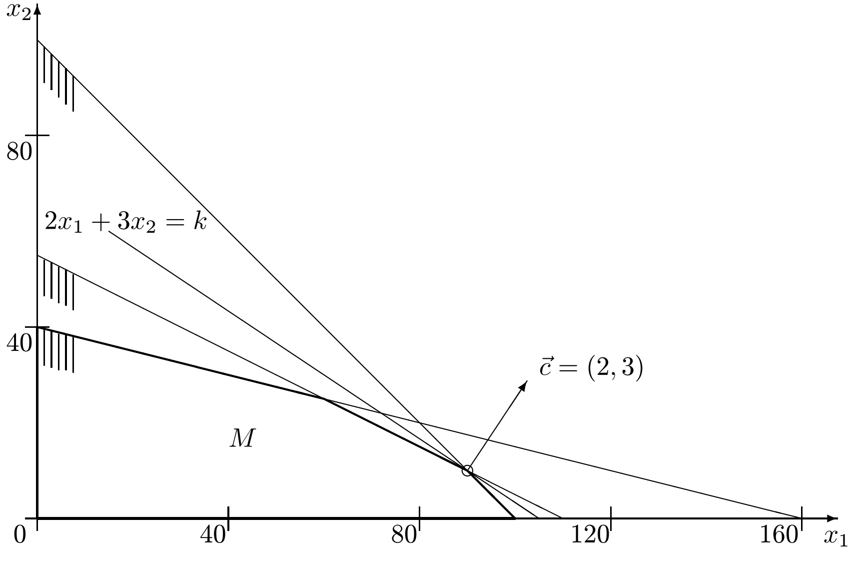
Sestavte denní plán rozvozu betonu tak, aby náklady na dopravu byly minimální (viz [22], s. 167).

Označíme-li x_1 počet tun dopravených z betonárky A na stavbu objektu U, x_2 počet tun dopravených z betonárky A na stavbu objektu V, …, x_6 počet tun dopravených z betonárky B na stavbu objektu W, dostaneme úlohu:

$$
\begin{aligned}
\min(50x_1 \;+\; 100x_2 \;+\; 150x_3 + 100x_4 \;+\; 125x_5 \;+\; 75x_6),&\\
x_1 + x_2 + x_3 &\leqq 320,\\
x_4 + x_5 + x_6 &\leqq 380,\\
x_1 + x_4 &= 200,\\
x_2 + x_5 &= 280,\\
x_3 + x_6 &= 220,\\
x_1, x_2, \ldots, x_6 &\geqq 0.
\end{aligned}
$$

Minimálních denních nákladů na dopravu 58 500 Kč dosáhneme při hodnotách:

$$x_1 = 200,\;\; x_2 = 120,\;\; x_3 = 0,\;\; x_4 = 0,\;\; x_5 = 160,\;\; x_6 = 220.$$



Obr. 1. Geometrická interpretace úlohy o osevním plánu.

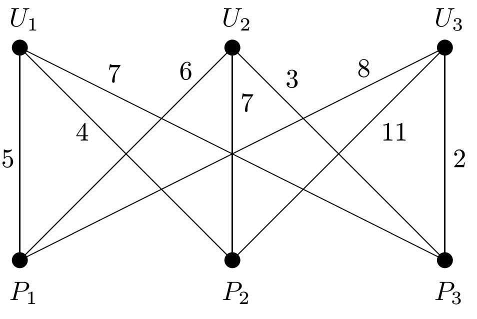
Osevní plán: Družstvo chce na 100 ha půdy pěstovat libovolnou kombinaci plodin P, Q. Vypěstování plodiny P vyžaduje 10 dní práce a 100 Kč investic na každý osetý hektar, zatímco vypěstování plodiny Q vyžaduje 40 dní práce a 200 Kč investic na každý osetý hektar. Výnos plodiny P z jednoho hektaru dává čistý zisk 400 Kč, výnos plodiny Q dává čistý zisk 600 Kč/ha. Družstvo má možnost investovat do pěstování těchto plodin 11 000 Kč a odpracovat 1600 dní. Kdy bude mít družstvo maximální zisk? (Zadání úlohy je převzato z učebnice [22], s. 168. Řešení této úlohy uvedené v citované učebnici je však chybné, protože v něm není zahrnuta podmínka, která by vyjadřovala skutečnost, že družstvo má k dispozici pouze 100 ha půdy.)

Matematická formulace dané úlohy, pokud označíme jako x_1 počet hektarů osetých plodinou P, x_2 počet hektarů osetých plodinou Q, bude mít podobu:

$$\begin{aligned} \max(400x_1 + 600x_2), \\ x_1 + x_2 \leqq 100, \\ 100x_1 + 200x_2 \leqq 11000, \\ 10x_1 + 40x_2 \leqq 1600, \\ x_1, x_2 \geqq 0\,. \end{aligned}$$

Tato úloha obsahuje pouze dvě proměnné, a tak se dá lehce znázornit i geometricky (viz obr. 1). Množina přípustných řešení M leží v prvním kvadrantu (což plyne z podmínky $x_1, x_2 \geqq 0$) a vznikne jako průnik tří polorovin určených ohraničujícími podmínkami. Jak je patrné z obrázku, množinou M je v tomto případě konvexní pětiúhelník v rovině.

Vrstevnicím účelové funkce $f(x_1, x_2) = 400x_1 + 600x_2 = 200(2x_1 + 3x_2)$ geometricky odpovídá systém navzájem rovnoběžných přímek o rovnicích $2x_1 + 3x_2 = k,\ \ k \in \mathbb{R}$. Je-li totiž $\vec{c} \cdot \vec{x} = 2x_1 + 3x_2 = k$, potom $f(x_1, x_2) = 200k =$ konst. Optimální řešení určuje ten vrchol pětiúhelníku, ve kterém se poslední z těchto přímek (s největší možnou hodnotou k) „dotkne“ množiny M (vrstevnice s vyšší hodnotou k už nebudou mít s množinou M žádný společný bod). Je zřejmé, že optimálním řešením zadané úlohy je dvojice $x_1 = 90$, $x_2 = 10$, pro kterou platí $\vec{c} \cdot \vec{x} = 2 \cdot 90 + 3 \cdot 10 = 210$, s hodnotou účelové funkce $f(90, 10) = 200 \cdot 210 = 42000$ Kč.



Obr. 2. Ilustrace k přiřazovacímu problému.

Přiřazovací problém: Nejmenovaná mezinárodní firma potřebuje obsadit tři různé pracovní pozice P_1, P_2 a P_3 vyžadující rozdílné schopnosti zaměstnanců. Do konkursu se přihlásili tři uchazeči U_1, U_2 a U_3 schopní pracovat za stejnou mzdu na kterémkoli nabízeném místě. Samozřejmě mají rozdílné zkušenosti a znalosti, a tak mají pro firmu na různých postech různou cenu (viz obr. 2). Jakým způsobem mají být jednotlivá místa obsazena, aby firma co nejvíce „získala“?

Označíme-li $x_1 = 1$ (resp. $x_1 = 0$) možnost, že uchazeč U_1 přijme (resp. nepřijme) pozici P_1, podobně x_2 pro pozici P_2 atd., dostaneme úlohu:

$$\begin{gathered} \max(5x_1 + 4x_2 + 7x_3 + 6x_4 + 7x_5 + 3x_6 + 8x_7 + 11x_8 + 2x_9), \\ x_1 + x_2 + x_3 = 1, \\ x_4 + x_5 + x_6 = 1, \\ x_7 + x_8 + x_9 = 1, \\ x_1 + x_4 + x_7 = 1, \\ x_2 + x_5 + x_8 = 1, \\ x_3 + x_6 + x_9 = 1, \\ x_j \in \{0, 1\}, \quad j = 1, 2, \ldots, 9. \end{gathered}$$

Optimálním řešením je situace, kdy uchazeč U_1 zaujme pozici P_3, uchazeč U_2 zaujme pozici P_1, uchazeč U_3 zaujme pozici P_2.

2. Historie

Podněty k hledání optimálních řešení se začaly častěji objevovat již ve druhé polovině 18. století v geodézii, kartografii, astronomii, a především v teoretické mechanice. Od poloviny 19. století pak úlohy, které dnes zařazujeme mezi úlohy optimalizační, pronikaly do mnoha oblastí matematiky — teorie pravděpodobnosti, teorie čísel, teorie řešení soustav rovnic a nerovnic, teorie her atd.

Z bohaté historie si připomeňme alespoň některé milníky a významné osobnosti. První myšlenky související s lineárním programováním lze najít již v sebraných spisech francouzského matematika Jeana Baptista Josepha Fouriera (1768–1830). Jeho motivací ke studiu řešení soustav nerovnic byly otázky teoretické mechaniky související s problémem práce virtuálních sil a podmínek rovnováhy. Fourier se sice nedostal při studiu soustav nerovnic příliš daleko, nicméně z jeho publikací je zřejmé, že měl mj. geometrickou představu o tom, že množinu přípustných řešení soustavy lineárních nerovnic o 3 neznámých tvoří polyedrická množina v $\mathbb{R}^3$.

Zhruba ve stejném období Carl Friedrich Gauss (1777–1855) studoval řešení soustav lineárních rovnic — po něm pojmenovaný eliminační algoritmus dnes znají i studenti středních škol. Jde vlastně o speciální případ úlohy lineárního programování pro ohraničení $\mathbf{A}\vec{x} = \vec{b}$, kde $\mathbf{A}$ je regulární matice a $\vec{c} \in \mathbb{R}^n$ je libovolný vektor.

Dalším významným příspěvkem do výsledné mozaiky byla práce z přelomu 19. a 20. století, ve které maďarský matematik Gyula Farkás (1847–1930) navázal na Fourierovu cestu a začal budovat teorii řešení soustav lineárních nerovnic. Jeho zprvu mechanický pohled na problematiku během několika let vykrystalizoval v náhled ryze matematický. Z úplně jiného konce se k téže problematice dostal Hermann Minkowski (1864–1909) — a sice přes studium konvexních množin v rámci geometrické teorie čísel. Nevyužíval však přitom překvapivě jako základní stavební kámen své teorie geometrickou interpretaci lineárních nerovnic. Na tuto skutečnost upozornil až maďarský matematik Alfred Haar (1895–1933) v roce 1917 (viz [10]) a jako první použil teorii konvexních množin jako základ pro řešení podobných problémů.

Za vrchol snah v rámci řešení soustav lineárních nerovnic do roku 1935 lze považovat disertační práci Theodora Samuela Motzkina (1908–1970) *Beiträge zur Theorie der linearen Ungleichungen* (viz [17]). Tato práce bývá označována za významný předěl v historii svého oboru, neboť Motzkin v ní shrnul a popsal všech 42 dosavadních publikovaných příspěvků zaměřených na problematiku lineárních nerovnic a navázal svými výsledky. Jeho dílo paralelně sledující analytický i geometrický ráz se tak stalo výrazným zdrojem inspirace pro další poválečný rozvoj oboru.

Za první práci zaměřenou na lineární optimalizaci v dnešním smyslu slova je považována práce [12] ruského matematika Leonida Vitaleviče Kantoroviče (1912–1986) z roku 1939 *Matematické metody plánování a organizace výroby*, která však v předválečném období nedoznala docenění, kterého se jí dostalo až mnohem později. Byla i přesto první vlaštovkou před obrovským „boomem“, který v oblasti lineárního programování způsobila druhá světová válka a potřeby rychle obnovit válkou poničené ekonomiky. Především americká a britská armáda investovala velké prostředky do operačního výzkumu, a tak se disciplína dala do pohybu.

Dříve než byla publikována obecná metoda pro řešení úloh lineárního programování, byly řešeny některé dílčí problémy. V roce 1931 maďarští matematici D. König a E. Egerváry ukázali kombinatorické řešení přiřazovacího problému. O deset let později navrhl obecný postup pro řešení dopravního problému Frank Lauren Hitchcock. Další významnou událostí pro rozvoj lineárního programování bylo v roce 1944 vydání knihy Johna von Neumanna (1903–1957) a Oskara Morgensterna (1902–1977) *Theory of Games and Economic Behavior*.

V roce 1947 spatřila světlo světa metoda schopná řešit obecně úlohy lineárního programování – simplexová metoda, o které jsme se zmínili v předchozí části textu. Původně byla vyvinuta Georgem Bernardem Dantzigem pro potřeby amerického letectva. Shrnula v podstatě do té doby známé útržky a dala jim nový rámec v podobě využití Jordanovy modifikace Gaussovy eliminační metody (viz [21], s. 437) vylepšené přidáním účelové funkce.

Jedním z prvních problémů, na kterých byla metoda testována, byl tzv. *dietní problém*: jaké množství vybraných potravin je třeba zařadit do diety, abychom dostali předepsané množství jednotlivých živin a přitom jedli co nejlevněji a současně dodrželi dietní požadavky? Konkrétně šlo o soustavu 9 rovnic o 77 proměnných, kterou řešil již v roce 1945 George Joseph Stigler[2]) (1911–1991). Stigler předpověděl řešení pomocí 510 ručně počítaných kombinací s přesností, která se od optimální hodnoty

[2]) G. J. Stigler se v roce 1982 stal laureátem Nobelovy ceny za ekonomii *za významné studie o průmyslové struktuře, fungování trhu a o příčinách a následcích veřejné regulace.* (Nobelova cena za ekonomii je udílena od roku 1969 pod názvem „Cena Švédské národní banky za rozvoj ekonomické vědy na památku Alfreda Nobela“. Uděluje ji švédská Královská

lišila o 24 centů za rok (počítáno v cenách amerického dolaru v roce 1945, skutečné minimum bylo 39,69 dolarů ročně). Nalezení optimálního řešení simplexovou metodou Dantzigově týmu trvalo pomocí stolních kalkulaček 120 „člověkodní“. V roce 1953 pak úlohu zvládal počítač IBM 701 vyřešit během dvaceti minut, v dnešní době jde o soustavu řešitelnou na počítači ve zlomku sekundy. Podrobný popis algoritmu simplexové metody včetně jeho počítačové implementace je uveden např. v [20], kap. 10.8.

V souvislosti s rychlým pokrokem ve vývoji výpočetní techniky se otevřely možnosti řešit úlohy velkých rozměrů společně s otázkou efektivnosti výpočtů a jejich výpočetní složitosti. V 70. letech se potvrdilo, že simplexový algoritmus v obecném případě není polynomiální, jak lze ukázat např. na úloze

$$\begin{aligned}
\max(2^{n-1}x_1 + 2^{n-2}x_2 + \dots + 2x_{n-1} + x_n),& \\
x_1 &\leqq 5,\\
4x_1 + x_2 &\leqq 25,\\
8x_1 + 4x_2 + x_3 &\leqq 125,\\
16x_1 + 8x_2 + 4x_3 + x_4 &\leqq 625,\\
&\vdots\\
2^n x_1 + 2^{n-1}x_2 + \dots + 8x_{n-2} + 4x_{n-1} + x_n &\leqq 5^n,\\
x_1, x_2, \dots, x_n &\geqq 0\,,
\end{aligned}$$

pokud pro výběr nové proměnné do báze použijeme pravidlo maximálního ocenění (tzn. do báze vždy přidáváme novou proměnnou s největší zápornou cenou). Podrobný komentář k této úloze lze najít např. v knize [19], s. 135–142.

Od té doby byla navržena řada nových algoritmů pro řešení úloh lineárního programování, např. elipsoidová metoda Leonida Chačijana (1952–2005) či metoda vnitřních bodů, kterou navrhl indický matematik Narendra Karmarkar (nar. 1957). Elipsoidová metoda je přitom polynomiální pro obecný problém lineárního programování nad tělesem racionálních čísel. V praxi však stále simplexová metoda dosahuje lepší účinnosti než tyto zmiňované algoritmy.

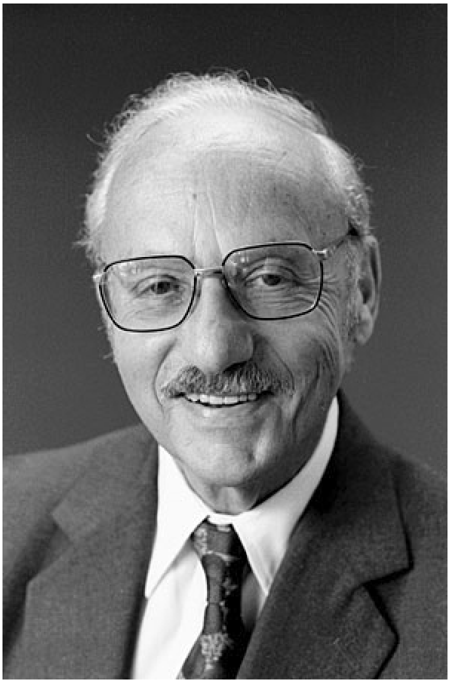
Z českých matematiků se do historie lineárního i dynamického programování nesmazatelně zapsal i František Nožička (1918–2004) mj. knihou [18].

3. Život G. B. Dantziga

George Bernard Dantzig se narodil 8. listopadu 1914 v Oregonu v rodině Tobiase a Anji Dantzigových. Jeho otec Tobias Dantzig (1884–1956) pocházel z litevského města Shavli, odkud později odešel do Francie studovat matematiku. V Paříži Tobias studoval u vynikajícího francouzského matematika Henri Poincarého (1854–1912).

akademie věd. Protože však ekonomie nebyla zmíněna v Nobelově závěti, peněžní odměna se nevyplácí z Nobelova fondu.)

Na Sorbonně potkal Anju, svou budoucí manželku, která tehdy také studovala matematiku. Po svatbě společně emigrovali do Oregonu v USA. Zde se zpočátku probíjeli jen velmi těžce. Tobias byl nucen pracovat jako dělník, a tak se George i jeho mladší bratr Henry narodili do chudých poměrů. Rodiče volili svým synům jména podle toho, jakou si pro ně představovali budoucnost — starší George měl být spisovatelem jako G. B. Shaw, mladší syn Henry (1918–1973) se měl stát matematikem jako Henri Poincaré. Nakonec však oba synové zakotvili u matematiky (bratr Henry působil jako aplikovaný matematik ve firmě Bendix Corporation) po vzoru svého otce, který v roce 1916 získal doktorát na Univerzitě v Indianě.



Obr. 3. George Bernard Dantzig.

Celá rodina se poté přestěhovala do Washingtonu. George měl zprvu s matematikou na škole trochu problémy (především s algebrou), ale otec jej stále trénoval množstvím geometrických úloh, a tak jeho talent začal při tomto tréninku postupně vyplouvat na povrch. Pro otcovu knihu *Number: The Language of Science* (viz [5]), která byla poprvé vydána v roce 1930, kreslil George některé obrázky. Tuto knihu velmi pozitivně hodnotil mj. Albert Einstein: „*This is beyond doubt the most interesting book on the evolution of mathematics which has ever fallen into my hands. If people know how to treasure the truly good, this book will attain a lasting place in the literature of the world. The evolution of mathematical thought from the earliest times to the latest constructions is presented here with admirable consistency and originality and in a wonderfully lively style.*“

Přestože již Tobias Dantzig učil na univerzitě, nebyla finanční situace rodiny nijak růžová, a tak George začal studovat na Univerzitě v Marylandu, kde jeho otec učil matematiku, neboť si nemohl dovolit studium na prestižnější univerzitě. Bakalářský titul v matematice a fyzice získal v roce 1936. V létě téhož roku se oženil s Anne Shmunerovou (1917–2006). Ve studiu dále pokračoval na Univerzitě v Michiganu, kde získal magisterský titul M.A. v matematice v roce 1938. Abstraktní matematika jej však neuspokojovala, a tak dalšího studia zanechal a odešel pracovat do Washingtonu na pozici statistika. V roce 1939 získal místo asistenta na Univerzitě v Berkeley u profesora Jerzy Neymanna (1894–1981) spolu s možností dokončit postgraduální studium. Do tohoto období spadá velmi známá historka o tom, jak napsal svou disertační práci:

> *Jednoho dne dorazil na přednášky pozdě, a tak si v rychlosti opsal dva problémy ze statistiky napsané na tabuli, neboť se domníval, že jde o domácí úkol. Úlohy se mu však zdály neobvykle obtížné, a tak je vyřešil až po delší době. Když je potom profesorovi donesl s omluvou, že domácí úlohu donesl tak pozdě, byl vyzván, aby je hodil na stůl (kde byly kupy papírů, jak už to tak na některých pracovních stolech bývá). Domníval se, že o svých příkladech už neuslyší. Po dlouhé době jej v neděli ráno vzbudilo bouchání na dveře, za nimiž stál jeho profesor se slovy: „Napsal jsem předmluvu k Vašemu článku, přečtěte si to, ať to můžeme zaslat redakci!“ Až tehdy Dantzig zjistil, že vyřešil dva dosud otevřené problémy ze statistiky. A tím byla na světě podstata jeho disertační práce.*[3])

Dokončení doktorských studií však narušila druhá světová válka, a tak Dantzig odešel do Washingtonu, kde jako civilista pracoval na velitelství US Air Force v oddělení statistiky, kde se zpracovávala data typu počty ztracených letadel, počty shozených bomb, zásobování jednotek atd. Zde vlastně vznikl termín *programování* využívaný ve vojenském žargonu pro plánování. Po válce v roce 1946 se Dantzig vrátil na jeden semestr na Berkeley, kde získal doktorát a nabídku akademické pozice. Tu však odmítl (údajně se jeho ženě zdál nabízený plat příliš nízký) a vrátil se do Pentagonu, kde pracoval na zefektivnění plánovacích procesů. V roce 1947 představil světu *simplexovou metodu.*

V roce 1952 Dantzig přešel do civilní organizace RAND Corporation, ve které armáda shromažďovala velké matematické mozky své doby, a pokračoval v aplikaci simplexové metody v různých odvětvích a na její implementaci do počítačů. Po letech mu však RAND přestal dodávat dostatek svěžích myšlenek, a tak přijal místo na Univerzitě v Berkeley, kde byl jmenován profesorem a ředitelem Centra pro operační výzkum. V této době napsal Dantzig svou nejznámější knihu [3] *Linear Programming and Extensions* (1963). V roce 1966 přešel na Univerzitu ve Stanfordu, kde setrval po zbytek své aktivní akademické kariéry. Když se jej při rozhovoru před jeho 85. narozeninami ptali, proč odešel do Stanfordu, odpověděl, že kvůli vyhrazenému parkovacímu

[3]) Tato historka údajně inspirovala i kázání jistého reverenda v Americe jako ukázka pozitivního myšlení — kdyby Dantzig věděl, že jde o otevřené problémy, pravděpodobně by je tak snadno nevyřešil, neboť by si tolik nevěřil jako v případě domácího úkolu.

místu blízko jeho pracovny (které mimochodem bylo krátce po jeho příchodu zrušeno). Od roku 1985 přednášel jako emeritní profesor, do důchodu odešel v roce 1997. I nadále však pracoval jako poradce a zabýval se problémem stochastického plánování.

Během své aktivní kariéry získal řadu prestižních ocenění, z nichž za nejvýznamnější bývá považována národní medaile za vědu udělená v roce 1976 prezidentem USA Geraldem Fordem. Paradoxem zůstává, že v roce 1975 při udělování Nobelovy ceny (samozřejmě ne za matematiku, ale za ekonomii) za lineární programování[4]) se na Dantziga jaksi „zapomnělo“ a laureáty se stali pouze americký matematik holandského původu T. C. Koopmans a L. V. Kantorovič (viz [1]). Svět byl v šoku — otec lineárního programování (jak se Dantzigovi přezdívalo) tuto dvojici laureátů nedoplnil. Oba dlouho zvažovali, zda bez Dantziga cenu přijmou. Koopmans trpěl takovým pocitem viny, že dokonce finanční částku odpovídající třetině svého podílu věnoval společnosti IIASA (International Institute of Applied Systems Analysis) v Laxenburgu v Rakousku, kde Dantzig trávil svůj „sabbatical year“. K Dantzigovu působení v IIASA se váží dvě historky:

Pár dní po svém příchodu do IIASA volal Ruth Steinerové, která měla na starosti návštěvníky, s následující žádostí: „Před mou kanceláří stojí velmi dlouhý nákladní vůz. Nedovedu si představit, že je výhodné mít takovou délku. Můžete mi prosím zjistit, co je v něm naloženo, odkud přijel, jakou cestou a jak projížděl kolem rohů?“ Přišla odpověď: „Nábytek ze Salzburgu, přes dálnici, častokrát musel couvat a vracet se.“ Za nějaký čas informoval Georgeův asistent Ruth, že firma by ušetřila 40 % nákladů, pokud by použila namísto velkého čtyři menší nákladní vozy a navrhoval, aby to firmě oznámila. Udělala to a říkala: „Mysleli si o mně, že jsem se zbláznila.“ (volně přeloženo podle [8]).

V IIASA byl George B. Dantzig také proslulý tím, že pil polévku z pivního půllitru. Když se jej jeho asistentka ptala proč, napsal „dlouhou matematickou formuli“ dokazující, že tepelné ztráty při použití půllitru jsou menší ve srovnání s polévkovým talířem (volně přeloženo podle [8]).

G. B. Dantzig byl autorem nebo spoluautorem 7 knih a více než 150 vědeckých článků. Obdržel celkem osm čestných doktorátů, nejvíce si však považoval čestného doktorátu ze své alma mater, Univerzity v Marylandu. Dantzigovo jméno nese nejprestižnější cena pro nejlepší disertační práci z oboru operačního výzkumu.

George Bernard Dantzig zemřel v pátek 13. května 2005 po krátké nemoci na komplikace diabetes a kardiovaskulární choroby. Matematická optimalizace tak zaznamenala černý pátek s velkou ztrátou pro celý obor.

Poděkování. Autorka děkuje prof. RNDr. Michalu Křížkovi, DrSc., za cenné připomínky k původní verzi článku.

---

[4]) Přesněji byla cena udělena *za příspěvek k teorii optimální alokace zdrojů.*

L i t e r a t u r a

[1] Basile, A., Li Calzi, M.: *Kdo říká, že matematik nemůže získat Nobelovu cenu?* PMFA *52* (2007), 17–28.

[2] Cottle, R., Johnson, E., Wets, R.: *George B. Dantzig (1914–2005),* Notices of the AMS *54* (2007), no. 3, 344–362.

[3] Dantzig, G. B.: *Linear Programming and Extensions,* Princeton Univ. Press. Princeton, New Yersey, 1963.

[4] Dantzig, G. B.: *Linear Programming,* Operations Research *50* (2002), 42–47.

[5] Dantzig, T.: *Number, The Language of Science,* Macmillan, New York, 1930.

[6] Dupačová, J., Morton, D. P.: *George B. Dantzig 1914–2005,* Bull. Czech Econometric Soc. *22* (2005), 2–5.

[7] Fourier, J. B. J.: *Solution d'une question particulière du calcul des inégalités,* Nouveau Bulletin des Sciences par la Société Philomatique de Paris, 1826, 99–100.

[8] Gass, S. I.: *The Life and Times of the Father of Linear Programming,* (dostupné online cit. 18. 4. 2008), `http://www2.informs.org/History/dantzig/bios.htm`

[9] Grattan-Guinnes, I. (ed.): *Companion Encyclopedia of the History and Philosophy of the Mathematical Sciences, Volume 1,* The Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore a London, 1994, 828–836.

[10] Haar, A.: *Die Minkowskische Geometrie und die Annährung an stetige Funktionen,* Math. Ann. *78* (1917), 294–311.

[11] Hitchcock, F. L.: *The distribution of a product from several sources to numerous localities,* J. Math. Phys. Mass. Inst. Tech. *20* (1941), 224–230.

[12] Kantorovich, L. V.: *Matematicheskie metody organizatsii i planirovanija proizvodstva,* Leningrad Univ. Press, Leningrad, 1939.

[13] Kjeldsen, T. H.: *Different Motivations and Goals in the Historical Development of the Theory of Systems of Linear Inequalities,* Arch. Hist. Exact Sci. *56* (2002), 469–538.

[14] Martin, H. M.: *T. Dantzig, Historian and Interpreter of Mathematics,* Science, New Series *124* (1956), 714.

[15] MacTutor: *History of Mathematics,* (Dostupné online cit. 20. 5. 2008), `http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies.`

[16] Minkowski, H.: *Geometrie der Zahlen,* B. G. Teubner, 1896.

[17] Motzkin, T.: *Beiträge zur Theorie der linearen Ungleichungen,* Azriel, Jerusalem, 1936.

[18] Nožička, F., Guddat, J., Hollatz, H.: *Theorie der linearen Optimierung,* Akademie-Verlag, Berlin, 1972.

[19] Plesník, J., Dupačová, J., Vlach, M.: *Lineárne programovanie,* Alfa, Bratislava, 1990.

[20] Press, W. H., Flannery, B. P., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T.: *Numerical Recipes, The Art of Scientific Computing,* Cambridge Univ. Press, 1986.

[21] Ralston, A.: *Základy numerické matematiky,* Academia, Praha, 1973.

[22] Smida, J. a kol.: *Sbírka úloh z matematiky pro I. ročník gymnázií,* SPN, Praha, 1989.

[23] Stigler, G. J.: *The cost of subsistence,* J. Farm Economics *27* (1945), 303–314.

[24] Turzík, D.: *Matematika III. Základy matematické optimalizace, 3. vydání,* Vydavatelství VŠCHT, Praha, 2006.

[25] von Neumann, J., Morgenstern, O.: *Theory of Games and Economic Behavior,* Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey, 1944.