

Z histórie ekonometrie

Martin Lukáčik

Ekonometria sa dá stručne charakterizovať ako veda, ktorá používa matematické a štatistické metódy podporované ekonomickou teóriou na analýzu empirických údajov. Pod pojem ekonometrické modelovanie teda môžeme zahrnúť všetky dostupné metódy exaktných vied, ktoré sa dajú použiť pre analýzu a tvorbu modelu skúmanej ekonomickej skutočnosti.

Ekonometrické modelovanie od svojho vzniku prechádza neustálym vývojom, pri ktorom dochádza k ustavičnému zdokonaľovaniu jeho techník a postupov. Tento proces vyvoláva snaha skvalitniť aplikačné výsledky, ktoré využívajú metodológiu ekonometrie. A práve neuspokojivé výsledky „dovtedy používaného“ postupu modelovania vždy priniesli nové návrhy, riešenia a postupy, ktoré prax buď akceptovala alebo zostali bez väčšej odozvy ako teoretická zaujímavosť.

Vznik ekonometrického modelovania bol podmienený rozvojom štatistickej teórie a vzrastajúcou dostupnosťou ekonomických údajov na začiatku 20. storočia. Moderná štatistická teória začala svoj rozvoj už prácami Legendra [34] a Gaussa [13], v ktorých vyvinuli metódu najmenších štvorcov, pričom bola použitá pri výpočte obežných dráh v astronómii.

Veľký impulz priniesla práca Galtona [12], ktorá je považovaná za vznik regresie, ktorú neskôr rozšíril Yule [66] a [67]. Pearson [42] v sérii svojich prác formuloval základy pravdepodobnostnej chyby a testovania hypotéz, ktoré dopracoval Neyman spolu s Pearsonom [41]. Student [53] rozpracoval teóriu malých výberov a Fisherova práca [10] sa stala základným kameňom štatistickej indukcie¹.

Prvé práce z oblasti štúdia štruktúry dopytu – Moore [39], Marschak [37] a Schultz [49] a [50], podobne z oblasti rodinných výdavkov – Allen a Bowley [1], produkčných funkcií – Cobb a Douglas [6] alebo cenových determinantov na poľnohospodárskych trhoch – Working [64], Wright [65], Hanau [18], Bean [3]

¹ Griliches, Z. – Intriligator, M. D. (1983): *Handbook of Econometrics, Vol. 1*. North-Holland, Amsterdam.

a Waugh [62] začali v dvadsiatych a tridsiatych rokoch formovať novo vznikajúci vedný odbor ekonometriu. Využívali najmä regresný prístup a metódu najmenších štvorcov.

Dôležitým krokom vo vývoji ekonometrie bolo aj modelovanie hospodárskeho cyklu Slutskym [52]. To následne rozpracoval Frisch [11], a tým ho priblížil metódam analýzy časových radov Yula [68] a Hotellinga [19]. Taktiež sa ním zaoberal Wold [63], ktorý prišiel s dekompozíciou stacionárneho časového radu. K Slutskeho názorom sa ekonometria vrátila až po známej Lucasovej kritike [35].

Makroekonometrické modelovanie² vzniklo tiež v tridsiatych rokoch, keď publikoval svoje práce Tinbergen [57] a [58] a keď Keynesovou [24] teoretickou prácou bol daný impulz pre vznik systému národného účtovníctva ako podkladu pre empirický výskum. Zároveň bola založená Ekonometrická spoločnosť a začalo sa vydávanie vedeckého časopisu *Econometrica*. Zaujímavým príspevkom tohto obdobia bolo Tintnerovo riešenie [59] a [60] niektorých problémov odhadom modelov v diferenčnom tvare. Tým síce predbehol dobu o niekoľko desaťročí, ale jeho práca bola v úzadí Tinbergena.

Tinbergen vychádzal z teoretickej práce Koopmansa [28], na ktorého prácu nadviazal Haavelmo [15] a [16], a tým vytvoril základ pre výskumný program Chicagskej univerzity známy ako Cowlesova komisia pre ekonomický výskum. Rozvoj statického štruktúrneho simultánneho modelu pokračoval v prácach Haavelma [17], Koopmansa [29], Hooda [30], Theila [54 až 56] a Basmana [2] a priniesol množstvo užitočných nástrojov pre ekonometriu.

Odhad modelov v tvare simultánnych rovníc a makroekonometrický model Kleina [26] a následne Kleina a Goldbergera [27] spustil lavínu tvorby ekonometrických modelov po celom svete, ale striktné predpoklady obmedzovali ich tvorcov. Na ich základe sa začali vytvárať ekonometrické prognózy budúceho ekonomického vývoja.

Jeden z prvých, čo upozorňoval na problémy, ktoré spôsobovala autokorelácia bol Hurwicz [23], ale riešenie prišlo prostredníctvom Cambridgskej katedry aplikovanej

² Epstein, J. (1987): *A History of Econometrics*. North-Holland, Amsterdam.

ekonómie a jej programu Analýza časových radov, ktorého výsledkom bol známy Durbinov-Watsonov test [9] a takisto Cochrane-Orcuttova metóda odhadu [7].

Vývoj nastavený Cambridgskou školou smeroval k hľadaniu komplikovanejších metód odhadu pri zachovaní statickosti modelov nezohľadňujúcich vyskytujúce sa fluktuácie. Sargan [45] a [46] a Durbin [8] síce poukázali na ekvivalentnosť autokorelačnej schémy a dynamickej rešpecifikácie pôvodného modelu s určitými ohraničeniami (Sargan dokonca uvažoval aj nad autoregresným modelom s rozloženým oneskorením – ADL), ale až koncom sedemdesiatych rokov bol tento dôsledok úplne preskúmaný Mizonom [38] a Hendrym [21].

Pôvodne sa klasickí tvorcovia ekonometrického modelu snažili striktne dodržiavať známu špecifikáciu štruktúry teoretického modelu. Až dovedy, kým Theil [54], na základe konštatovania, že tvorca modelu nepozná jeho reálny tvar, nezačal testovať rôzne teoretické modely navzájom pomocou analýzy špecifikácie založenej na skúmaní reziduálov regresie. Jeho myšlienku potom o dvadsať rokov neskôr oživil a dopracoval Leamer [33], ktorý sa pomocou bayesiánskeho prístupu snažil zmierniť rozdiel medzi teoretickým a empirickým modelom hľadajúc čo najvernejší teoretický model eliminujúci varianciu náhodnej zložky.

Teória racionálnych očakávaní sa dostala do pozornosti ekonometrov na začiatku šesťdesiatych rokov, keď svoj článok o modelovaní komoditného trhu publikoval Muth [40]. Prostredníctvom dynamiky náhodnej zložky jednoducho odvodil dynamiku vývoja očakávaní. Mal mnohých nasledovníkov, ktorí tento prístup podrobne rozpracovali ako Lucas a Prescott [36] alebo Sargent a Wallace [48]. Rozpoznanie, že vplyv exogénnych šokov dokáže meniť očakávania a tie zasa následne menia parametre štruktúry, vyvolal známu Lucasovu kritiku [36] hodnotenia hospodárskej politiky prostredníctvom takýchto šokov.

Práve Sargent a Wallace [48] vo svojej práci potvrdili, že jednorovnicový model s racionálnymi očakávaniami sa dá vyjadriť ako autoregresný model s rozloženým oneskorením. Neskôr Hansen [19], Sargent [47] a Wallis [61] tiež dokázali, že viacrovnicový model racionálnych očakávaní sa stáva modelom vektorovej

autoregresie a v prípade sériovo závislých šokov vedú tieto typy modelov k modelom typu ARMA prípadne VARMA³.

Modely s racionálnymi očakávaniami a Box-Jenkinsova metodológia [4] používaná pre časové rady podporili v ekonometrii začiatkom osemdesiatych rokov rozvoj metodológie všeobecnej vektorovej autoregresie. Hlavným zástancom tohto prístupu sa stal Sims [51], ktorý obhajoval modelovanie premenných pomocou vektorovej autoregresie bez ohraničení.

Následne sa do centra záujmu dostala analýza reakcie na impulzy, skúmajúca modely reálneho hospodárskeho cyklu, ktorá namiesto odhadu parametrov využíva Kydlandom a Prescottom [32] navrhnutú kalibráciu parametrov. Tá bola pôvodne navrhnutá pre makro-ekonomický model všeobecnej rovnováhy a napriek mnohým zástancom – Kim a Pagan [25] vzbudila v radoch ekonometrov veľkú nedôveru – Quah [44] alebo Gregory a Smith [14].

V čase, keď vzrástla popularita vektorovo autoregresných modelov, vyvinula Londýnska ekonomická škola model s korekčným členom ako prostredný, dovtedy chýbajúci prvok medzi tradičným štruktúrnym modelovaním a vektorovou autoregresiou. Tento prístup charakterizoval Hendry [20], podľa ktorého ide o snahu získať štruktúrny model zohľadňujúci určitú teóriu redukciou modelu vektorovej autoregresie. Táto metóda, v súčasnosti dosť obľúbená, je predmetom neustáleho záujmu ekonometrov, pričom viacerí autori sa ju snažia skombinovať s bayesiánskym prístupom – Phillips a Ploberger [43], Chao a Chiao [5].

Pre tvorbu ekonometrického modelu teda neexistuje univerzálny postup, ktorý by zaručil dosiahnutie najlepšieho výsledku. Preto je nevyhnutné analyzovať a zaoberať sa alternatívnymi prístupmi, ktoré ponúkla ekonometrická teória v svojej doterajšej histórii a ktoré ponúka ako možné riešenia aj v súčasnosti.

³ Qin, D. – Gilbert, Ch. L. (2001): The Error Term in History of Time Series Econometrics. *Econometric Theory* 17, str. 424-450.

Zoznam literatúry

- [1] Allen, R. G. D. – Bowley, A. L. (1935): *Family Expenditure*. P. S. King, Londýn.
- [2] Basmann, R. L. (1957): A Generalized Classical Method of Linear Estimation of Coefficients in a Structural Equation. *Econometrica* 25, str. 77-83.
- [3] Bean, L. H. (1928) Some Interrelationships between the Supply, Price, and Consumption of Cotton, *US DA*.
- [4] Box G. E. P. – Jenkins, G. M. (1970): *Time Series Analysis, Forecasting and Control*. Holden Day, San Francisco.
- [5] Chao, J. C. – Chiao, C. S. (1998): Testing the Expectations Theory of the Term Structure of Interest Rates Using Model-selection Methods. *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics* 12, str. 95-108.
- [6] Cobb, C. W. – Douglas, P. H. (1928): A Theory of Production. *American Economic Review* 18, str. 139-165.
- [7] Cochrane, D. – Orcutt, G. (1949): Application of Least Squares Regression to Relationships Containing Autocorrelated Error Terms. *Journal of American Statistical Association* 44, str. 32-61.
- [8] Durbin, J. (1960): Estimation of Parameters in Time-Series Regression Models. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B* 22, str. 139-153.
- [9] Durbin, J. – Watson, G. S. (1950): Testing for Serial Correlation in Least Squares Regression I. *Biometrika* 37, str. 409-428.
- [10] Fisher, R. A. (1925): *Statistical Methods for Research Workers*. Oliver and Boyd, Londýn.
- [11] Frisch, R. (1933): *Propagation Problems and Impulse Problems in Dynamic Economics*. V *Economic Essays in Honor of Gustav Cassel*. George Allen & Unwin, Londýn.
- [12] Galton, F. (1889): *Natural Inheritance*. Macmillan, Londýn.
- [13] Gauss, C. F. (1809): *Theoria Motus Corporum Coelestium in Sectionibus Conicis Solem Ambientium*. Perthes and Besser, Hamburg.
- [14] Gregory, A. W. – Smith, G. W. (1995): Business Cycle Theory and Econometrics. *The Economic Journal* 105, str. 1597-1608.
- [15] Haavelmo, T. (1943): The Statistical Implications of a System of Simultaneous Equations. *Econometrica* 11, str. 1-12.
- [16] Haavelmo, T. (1944): The Probability Approach in Econometrics. *Econometrica* 12, str. 1-115.
- [17] Haavelmo, T. (1947): Methods of Measuring the Marginal Propensity to Consume. *Journal of the American Statistical Association* 42, str. 105-122.

- [18] Hanau, A. (1928): Die Prognose der Schweinepreise, *Vierteljahrshefte zur Konjunktur-forschung*. Sonderheft, Berlin.
- [19] Hansen, L. P. – Sargent, T. J. (1980): Formulating and Estimating Dynamic Linear Rational Expectations Models. *Journal of Economic Dynamics and Control* 2, str. 7-46.
- [20] Hendry, D. F. (1995): *Dynamic Econometrics*. Oxford University Press, Oxford.
- [21] Hendry, D. F. – Mizon, G. E. (1978): Serial Correlation as a Convenient Simplification, not a Nuisance: A Comment on a Study on the Demand for Money by the Bank of England. *Economic Journal* 88, str. 549-563.
- [22] Hotelling, H. (1927): Differential Equations Subject to Error. *Journal of the American Statistical Association* 22, str. 283-314.
- [23] Hurwicz, L. (1944): Stochastic Models of Economic Fluctuations. *Econometrica* 12, str. 114-124.
- [24] Keynes, J. M. (1936): *The General Theory of Employment, Interest and Money*. Macmillan, Londýn.
- [25] Kim, K. – Pagan, A. R. (1995): *The Econometric Analysis of Calibrated Models*. V Pesaran, M. H. – Wickens, M.: *Handbook of Applied Econometrics*. Blackwell, Oxford.
- [26] Klein, L. R. (1950): *Economic Fluctuations in the United States, 1921-1941*. Cowles Commission Monograph 11. John Wiley & Sons, New York.
- [27] Klein, L. R. – Goldberger, A. S. (1955): *An Econometric Model of the United States 1929-1952*. North-Holland Publishing, Amsterdam.
- [28] Koopmans, T. C. (1937): *Linear Regression Analysis of Economic Time Series*. Netherlands Economic Institute, Haarlem.
- [29] Koopmans, T. C. (1950): *Statistical Inference in Dynamic Economic Models*. Cowles Commission Monograph 10. John Wiley & Sons, New York.
- [30] Koopmans, T. C. – Hood, W. C. (1953): *The Estimation of Simultaneous Linear Economic Relationships*. V Hood, W. C. – Koopmans, T.: *Studies in Econometric Method*. (Cowles Commission Monograph 14). Yale University Press, New Haven.
- [31] Kuznets, S. (1946): *National Product since 1869*. NBER, New York.
- [32] Kydland, F. – Prescott, E. (1991): The Econometrics of the General Equilibrium Approach to Business Cycles. *Scandinavian Journal of Economics* 93, str. 161-178.
- [33] Leamer, E. E. (1978): *Specification Searches: Ad Hoc Inference with Non-Experimental Data*. Wiley, New York.
- [34] Legendre, A. M. (1806): *Nouvelles Methodes pour la Détermination des Orbites des Comètes*. Paríž.

- [35] Lucas, R. E. (1976): *Econometric Policy Evaluation: A Critique*. V Brunner, K. – Meltzer, A.: *Stabilization of the Domestic and International Economy*. North-Holland, Amsterdam.
- [36] Lucas, R. E. – Prescott, E. C. (1971): Investment under Uncertainty. *Econometrica* 39, str. 659-681.
- [37] Marschak, J. (1931): *Elastizität der Nachfrage*. J. C. B. Mohr, Tübingen.
- [38] Mizon, G. E. (1977): Inferential Procedures in Nonlinear Models: An Application in a UK Industrial Cross Section Study of Factor Substitution and Returns to Scale. *Econometrica* 45, str. 1221-1242.
- [39] Moore, H. L. (1917): *Forecasting the Yield and Price of Cotton*. The Macmillan Company, New York.
- [40] Muth, J. F. (1961): Rational Expectations and the Theory of Price Movements. *Econometrica* 29, str. 315-335.
- [41] Neyman, J. – Pearson, E. (1933): On the problem of the Most Efficient Tests of Statistical Hypotheses. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 231, str. 289-337.
- [42] Pearson, K. (1894-1916): Mathematical Contributions to the Theory of Evolution. 18 papers published in *Philosophical Transactions of the Royal Society*, Londýn.
- [43] Phillips, P. C. B. – Ploberger, W. (1996): An Asymptotic Theory of Bayesian Inference for Time Series. *Econometrica* 64, str. 381-412.
- [44] Quah, D. T. (1995): Business Cycle Empirics: Calibration and Estimation. *The Economic Journal* 105, str. 1594-1596.
- [45] Sargan, J. D. (1959): The Estimation of Relationships with Autocorrelated Residuals by the Use of Instrumental Variables. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B* 21, str. 91-105.
- [46] Sargan, J. D. (1961): The Maximum Likelihood Estimation of Economic Relationships with Autoregressive Residuals. *Econometrica* 29, str. 414-426.
- [47] Sargent, T. J. (1978): Estimation of Dynamic Labor Demand Schedules under Rational Expectations. *Journal of Political Economy* 86, str. 1009-1044.
- [48] Sargent, T.J. – Wallace, N. (1975): Rational Expectations, the Optimal Monetary Instrument and the Optimal Money Supply Rule. *Journal of Political Economy* 83, str. 241-254.
- [49] Schultz, H. (1928): *Statistical Laws of Demand and Supply*. University of Chicago Press, Chicago.
- [50] Schultz, H. (1938): *The Theory and Measurement of Demand*. University of Chicago Press, Chicago.
- [51] Sims, C. A. (1980): Macroeconomics and Reality, *Econometrica* 48, str. 1-48.
- [52] Slutsky, E. (1927): The Summation of Random Causes as the Source of Cyclic Processes. Moskva. Reedícia (1937) *Econometrica* 5, str. 105-146.

- [53] Student [Gosset, W. S.] (1908): The Probable Error of a Mean. *Biometrika* 6, str. 1-25.
- [54] Theil, H. (1954): Estimation of Parameters of Econometric Models. *Bulletin of the International Statistics Institute* 34, str. 122-128.
- [55] Theil, H. (1957): Specification Errors and the Estimation of Economic Relationships. *Review of International Statistical Institute* 25, str. 41-51.
- [56] Theil, H. (1958): *Economic Forecasts and Policy*. North-Holland Publishing, Amsterdam.
- [57] Tinbergen, J. (1935): Quantitative Fragen der Konjunkturpolitik. *Weltwirtschaftliches Archiv* 42, str. 316-399.
- [58] Tinbergen, J. (1939): *Statistical Testing of Business Cycle Theories*. Vol. 1: *A Method and its Application to Investment Activity*; Vol. 2: *Business Cycles in the United States of America, 1919-1932*. League of Nations, Geneva.
- [59] Tintner, G. (1940): *The Variate Difference Method*. Cowles Commission Monograph 5, Bloomington.
- [60] Tintner, G. (1940): The Analysis of Economic Time Series. *Journal of American Statistical Association* 35, str. 93-100.
- [61] Wallis, K. F. (1980): Econometric Implications of the Rational Expectations Hypothesis. *Econometrica* 48, str. 49-73.
- [62] Waugh, F.V. (1929): *Quality as a Determinant of Vegetable Prices*. Columbia University Press, New York.
- [63] Wold, H. (1938): *A Study in the Analysis of Stationary Time Series*. Almqvist & Wiksells, Uppsala.
- [64] Working, H. (1922): Factors Determining the Price of Potatoes in St. Paul and Minneapolis. *Agricultural Experiment Station Technical Bulletin* 10, Minnesota.
- [65] Wright, S. (1925): *Corn and Hog Correlations*. USDA, Bui. 1300, Washington.
- [66] Yule, G. U. (1897): On the Theory of Correlations. *Journal of the Royal Statistical Society* 60, str. 812-854.
- [67] Yule, G. U. (1911): *Introduction to the Theory of Statistics*. Charles Griffin & Co, Londýn.
- [68] Yule, G. U. (1927): On a Method of Investigating Periodicities in Disturbed Series, with Special Application to Wolfert's Sun Spot Numbers. *Philosophical Transactions of the Royal Society, Series A* 226, str. 267-298.