

MATERIAŁY NADEŚLANE, POLEMIKI I DYSKUSJE

Dariusz J. Błaszczuk

PRZEWIDYWANIE W NAUKACH EKONOMICZNYCH

Część II. Analiza symulacyjna na podstawie nieliniowego wielorównaniowego modelu ekonometrycznego. Sterowanie optymalne na podstawie modelu ekonometrycznego. Prognozowanie metodami ekspertologicznymi. Wykorzystanie prognoz, analiz symulacyjnych i sterowania optymalnego w praktyce

Streszczenie

Przedmiotem rozważań są zaawansowane metody wykorzystania modeli ekonometrycznych (analiza symulacyjna i sterowanie optymalne) do przewidywania w naukach ekonomicznych oraz prognozowanie ekspertologiczne (heurystyczne) a także uwagi na temat wykorzystania prognoz, analiz symulacyjnych i sterowania optymalnego w praktyce.

Analiza symulacyjna jest rozumowaniem łączącym analizę mnożnikową i prognozowanie. Polega ona na badaniu wpływu określonego bodźca zewnętrznego bądź zestawu bodźców zewnętrznych albo nawet zmiany struktury całego otoczenia zewnętrznego na określony system gospodarczy opisywany za pomocą NIEWIEM.

Z kolei sterowanie optymalne polega na podjęciu w danym podokresie ciągu decyzji (optymalnych), które powinny być wprowadzone w życie w podokresach przyszłych. Podstawą do podjęcia tych decyzji jest analiza oparta na określonym przekształceniu modelu ekonometrycznego, w efekcie którego ma miejsce odwrócenie rozumowania związanego z prognozowaniem albo analizą symulacyjną. W rezultacie sterowanie optymalne dostarcza odpowiedzi na pytanie: jakie powinny być wartości wybranych zmiennych egzogenicznych (instrumentów) przy danych poziomach wartości pozostałych zmiennych egzogenicznych (dat), aby wartości wybranych zmiennych endogenicznych (celów) przyjęły wartości określone z góry przez podejmującego decyzję.

Natomiast pod pojęciem **prognozowania ekspertologicznego** rozumie się formułowanie, na podstawie wiedzy, doświadczenia, wyobraźni i intuicji ekspertów, wniosków naukowych, co do przyszłego kształtowania się badanych zmiennych, w szczególności rozwiązań zagadnień albo przynajmniej zebranie sposobów i metod ich rozwiązania albo też ocena wpływu wybranych zdarzeń na przedmiot prognozy w warunkach niedostatecznej informacji. Odpowiedzi udzielone przez ekspertów podawane są zwykle wraz z uzasadnieniem.

Przy przewidywaniu przyszłości ważne jest, która metoda powinna być zastosowana w konkretnej sytuacji. Kryteriami wyboru w takiej sytuacji są, przede wszystkim, ważność i stabilność przedmiotu badania, horyzont badania, dokładność przewidywania oraz jego koszt.

Omówione metody przewidywania wykorzystuje się praktycznie na wszystkich szczeblach kierowania. Ich przydatność uwarunkowana jest zgodnością celów badania z celami decydentów, a także zgodnością zasad klasyfikacji agregacji oraz poziomu i zasad agregacji ze szczegółowością podejmowanych decyzji, a także znajomością wyników badania odpowiednio wcześniej przed momentem podejmowania decyzji.

Słowa kluczowe: ekonomia, przewidywanie, sterowanie optymalne, prognozowanie

Abstract:

To be considered is the use of advanced methods of econometric models (simulation analysis and optimal control) to predict in economics and heuristic forecasting as well as comments on the use of projections and simulation of optimal control in practice.

Simulation analysis is the reasoning connecting the multiplier analysis and forecasting. It involves the study of the impact of specific external stimulus or a set of external stimuli, or even change the entire structure of the external environment on a specific economic system described by unknown.

In turn, optimal control is to make an optimal decision within a given sub-period, which should be implemented in the sub-periods of the future. The basis for such a decision is analysis based on a specific transformation of an econometric model, resulting in a reversal of the reasoning associated with forecasting or simulation analysis. As a result, optimal control, provide an answer to the question: what should be the values of selected exogenous variables (instruments) at given levels of the other exogenous variables (dates) to the values of selected endogenous variables (goals) have adopted the values specified in advance by the decision-maker.

In contrast, under the term expert forecasting one should understand to formulate, on the basis of knowledge, experience, imagination and intuition ex-

pert scientific conclusions regarding the future development of the variables studied, in particular, solutions to problems, or at least meeting the ways and methods of their solutions or the effect of selected events on the subject forecasts in terms of insufficient information. The answers given by the experts are usually served with justification.

When predicting the future, it is important which method should be applied in a particular situation. Selection criteria in such a situation are, first of all, the validity and stability of the test item, the horizon research, prediction accuracy and its cost.

Discussed prediction methods are used practically on all levels of management. Their usefulness is determined by the purpose of testing compatibility with the objectives of decision-makers, as well as compatibility of the classification rules and the level of aggregation and aggregation rules with specificity decisions, and knowledge of the test results well before the moment of decision-making.

Keywords: economy, prediction, optimal control, forecasting

1. Analiza symulacyjna na podstawie nieliniowego wielorównaniowego modelu ekonometrycznego (NIEWIEM).

Budowanie NIEWIEM jest uzasadnione dążeniem do przedstawiania zależności możliwie dobrze odzwierciedlających sytuacje występujące w rzeczywistości. Rozwiązanie takiego modelu (dla okresu diagnozy) może mieć charakter deterministyczny (RD) albo stochastyczny (RS). Każde z tych rozwiązań można uzyskać metodą statyczną (MS) albo dynamiczną (MS). Wszystkie rozwiązania otrzymuje się stosując następującą procedurę:

- a) model rozwiązuje się metodą Gaussa–Seidela, która polega na uzyskiwaniu kolejnych przybliżeń wartości teoretycznych zmiennych endogenicznych do ich wartości empirycznych dla każdego podokresu, poczynając od rozwiązania dla podokresu pierwszego. Iteracje te wykonuje się aż do momentu, gdy różnice względne między sąsiednimi dwoma przybliżeniami dla każdej ze zmiennych endogenicznych w każdym podokresie staną się mniejsze od założonej z góry wielkości¹;
- b) dla każdej zmiennej wyznacza się i analizuje, podobnie jak przy estymacji LWEM, wartości wybranych miar dokładności. W praktyce zwykle stosuje

¹ Gdy proces nie jest zbieżny, iterację przerywa się i dokonuje zmian w modelu, np. dodając lub usuwając równania, zmieniając ich postać analityczną, dodając lub usuwając zmienne w nich występujące. *Jeśli zmiany te nie spowodują zbieżności, ustala się mniej rygorystyczną wartość progową dla danej zmiennej.*

się równocześnie kilka miar, bowiem różne są wartości informacyjne każdej z nich. Szczególnie często stosuje się miary względne, umożliwiające porównywanie stopnia dopasowania do rzeczywistości wartości zmiennych endogenicznych, wyrażonych w różnych jednostkach. Wyniki tego badania, będącego formą weryfikacji merytorycznej i statystycznej NIEWIEM, są podstawą do przeformułowania modelu;

- c) procedurę powtarza się aż do uzyskania satysfakcjonujących wyników.
Różne są natomiast założenia. W przypadku RDMS przyjmuje się wartości:
- a) wszystkich zmiennych egzogenicznych oraz zmiennych endogenicznych opóźnionych na poziomach równych ich wartościom rzeczywistym;
 - b) wszystkich zmiennych losowych na stałym poziomie w zależności od postaci analitycznej danego równania, np. równym 0 albo 1.
- Z kolei RDMD uzyskuje się przyjmując wartości:
- a) wszystkich zmiennych egzogenicznych oraz zmiennych endogenicznych opóźnionych dla podokresów wcześniejszych niż początek okresu diagnozy na poziomach równych ich wartościom rzeczywistym;
 - b) wszystkich zmiennych losowych tak jak w RDMS.

Rozwiązanie uzyskane MD jest lepsze, bowiem uwzględnia także powiązania dynamiczne między zmiennymi endogenicznymi.

Uzyskane RD jest jednym z możliwych RS. W celu znalezienia kolejnego RS, do postaci strukturalnej każdego z równań modelu w każdym podokresie wprowadza się wartości zmiennych losowych, generowane przez zadany z góry proces losowy. Następnie znajduje się, stosując odpowiednio MS albo MD, wystarczająco dużą liczbę (nawet dziesiątki tysięcy) pojedynczych rozwiązań stochastycznych, które łącznie stanowią ostateczne rozwiązanie stochastyczne RSMS albo RSMD. Zwykle zbiór ten jest następnie przedmiotem dalszej obróbki statystycznej, której efektem są, przede wszystkim, wartości średnie i odchylenia standardowe poszczególnych parametrów strukturalnych oraz zmiennych endogenicznych. RS jest lepsze, bowiem uwzględnia niepewność co do poziomu realizacji poszczególnych zmiennych endogenicznych.

Na podstawie omawianych rozwiązań przeprowadza się rozumowanie analogiczne do analizy mnożnikowej oraz prognozowania, które łącznie określa się mianem analizy symulacyjnej. Polega ona na badaniu wpływu określonego bodźca zewnętrznego bądź zestawu bodźców zewnętrznych albo nawet zmiany struktury całego otoczenia zewnętrznego na określony system gospodarczy opisywany za pomocą NIEWIEM.

W celu dokonania analiz symulacyjnych wyznacza się wartości różnych mnożników, stosując następującą procedurę:

- a) rzeczywiste wartości zmiennych egzogenicznych a także wartości zmiennych endogenicznych nieopóźnionych w okresie diagnozy oraz ich wartości

- prognozowane metodą pasywną traktuje się jako wartości bazowe (kontrolne), czyli jako punkt odniesienia;
- b) zakłada się sytuację alternatywną (zakłóconą), przyjmując różniący się od najbardziej prawdopodobnego poziom realizacji jednej ze zmiennych egzogenicznych² w jednym z podokresów okresu badania, tj. albo diagnozy, albo prognozy;
 - c) ponownie znajduje się odpowiednio RDMS, RDMD, RSMS albo RSMD, tym razem dla zbioru zmiennych egzogenicznych uwzględniającego zakłócenie;
 - d) bada się wpływ wprowadzonego zakłócenia na wartości poszczególnych zmiennych endogenicznych, tj. bada się charakter, kierunek i skalę odchylenia nowych wartości teoretycznych (trajektorii) każdej ze zmiennych endogenicznych od odpowiednich wartości wzorcowych w poszczególnych podokresach okresu badania. W szczególności wyznacza się wartości mnożników:
 - i. bezpośredniego, tj. relację różnicy między wartością zakłóconą i wzorcową zmiennej endogenicznej w danym okresie do różnicy między wartością zakłóconą a wzorcową zmiennej egzogenicznej w tym samym podokresie;
 - ii. kolejnych pośrednich, tj. relacje różnicy między wartością zakłóconą i wzorcową zmiennej endogenicznej w danym okresie do różnicy między wartością zakłóconą a wzorcową zmiennej egzogenicznej w odpowiednim podokresie wcześniejszym;
 - iii. kolejnych skumulowanych, tj. sumy kolejnych mnożników pośrednich, czyli różnic między wartościami na ścieżce zakłóconej oraz odpowiednimi wartościami na ścieżce kontrolnej.

W systemach stabilnych ścieżka rozwiązania zakłóconego po określonym czasie praktycznie zbiega się ze ścieżką rozwiązania kontrolnego. W takich sytuacjach, po określonej liczbie podokresów, skumulowana różnica między omawianymi ścieżkami, a zatem suma odpowiedniej liczby mnożników pośrednich, przyjmuje wartość stałą, równą wartości tzw. mnożnika całkowitego.

Analiza symulacyjna może również być dokonana dla oceny skutków jednoczesnej zmiany wartości danej zmiennej egzogenicznej w większej liczbie podokresów (w tym we wszystkich podokresach) okresu badania, tj. zarówno diagnozy, jak i prognozy³ lub większej liczby (nawet wszystkich) zmiennych

² W zastosowaniach praktycznych wartości zmiany zakłada się na poziomach najbardziej prawdopodobnych, przy czym jeśli są one zbyt:

a) małe, to różnice między trajektoriami zakłóconymi a odpowiednimi kontrolnymi mogą być zbyt małe, aby je prawidłowo ocenić (niektóre wnioski mogą być fałszywe);

b) duże, to uzyskane wartości mogą być praktycznie niedopuszczalne.

³ Jeżeli określona zmienna egzogeniczna podlega zmianie o określoną wartość w całym badanym okresie (gdy występują tzw. zmiany podtrzymywane), to różnica między

egzogenicznych w jednym albo większej liczbie podokresów okresu badania. W tym celu:

- a) buduje się prognozy alternatywne, tj. wyznacza się nowe wartości zmiennych endogenicznych przyjmując różne poziomy zmiennych egzogenicznych w okresie badania;
- b) bada się wpływ wprowadzonych zakłóceń na wartości poszczególnych zmiennych endogenicznych, tj. bada się, obliczając wartości mnożników, charakter, kierunek i skalę odchyień nowych wartości teoretycznych (trajektorii) każdej ze zmiennych endogenicznych od odpowiednich wartości wzorcowych w poszczególnych podokresach okresu badania.

Często oprócz jednoczesnej zmiany wartości większej liczby zmiennych egzogenicznych w większej liczbie podokresów okresu badania jednocześnie przyjmuje się wartości ocen parametrów strukturalnych różne od uzyskanych na etapie rozwiązywania modelu. Taką analizę określa się zwykle mianem analizy scenariuszowej.

W trakcie analizy symulacyjnej można także obliczać wartości tzw. mnożników uogólnionych, przez które rozumie się reakcje systemu opisywanego danym modelem na dowolne inne zmiany jego elementów, np.: zmianę postaci analitycznej jednego z równań, endogenizację zmiennej egzogenicznej (wprowadzenie równania, opisującego daną zmienną egzogeniczną) albo egzogenizację zmiennej endogenicznej (usunięcie równania, opisującego daną zmienną endogeniczną). Wtedy efekty zakłóceń również mierzy się wartościami odpowiednich „mnożników” (bezpośrednich, pośrednich, skumulowanych i całkowitych), traktując je jako zmiany spowodowane jednostką określonego zakłócenia.

Często różnicę między wartościami zakłóconymi a bazowymi poszczególnych zmiennych endogenicznych nieopóźnionych odnosi się także do ich poziomu bazowego. Relacja ta ma oczywiście jednoznaczną i jednocześnie bardzo wygodną interpretację ekonomiczną, jako zmianę względną w stosunku do poziomu bazowego. Wyznacza się również wartości średnie tych odchyień dla większej liczby (ewentualnie wszystkich) podokresów okresu badania.

Aby analiza symulacyjna mogła być efektywnie wykorzystana w praktyce, muszą być spełnione określone warunki. W szczególności musi być ona przeprowadzona:

- a) odpowiednio wcześniej przed momentem podejmowania decyzji;
- b) każdorazowo od nowa, jeśli zmieniły się uwarunkowania zewnętrzne lub wewnętrzne (innymi słowy powinna być odpowiednio często aktualizowana);
- c) na podstawie:

ścieżkami zakłóconą a kontrolną, po określonej liczbie podokresów, może ustabilizować się. **Jest ona wartością** tzw. mnożnika długookresowego.

- i) tych samych zasad klasyfikacji i agregacji, w których podejmuje się decyzje;
- ii) modelu odzwierciedlającego rzeczywiste zachowania badanych zmiennych;
- iii) najbardziej prawdopodobnych, najgorszych oraz najlepszych wartości przyszłych poszczególnych zmiennych egzogenicznych, przy czym każda wprowadzona wartość musi być właściwie uzasadniona teoretycznie lub empirycznie oraz muszą być zachowane realistyczne relacje wzajemne między wprowadzonymi zakłóceniami oraz między nimi a wartościami zmiennych egzogenicznych nie podlegających zakłóceniom.

Podsumowując, poszczególne warianty analizy symulacyjnej muszą być budowane w porozumieniu z użytkownikami podejmującymi decyzje. Wtedy badania symulacyjne pozwalają sprawdzić zachowanie opisywanego systemu gospodarczego w warunkach, które może sobie wyobrazić osoba konstruująca model lub zlecająca jego opracowanie. Innymi słowy, pozwalają one przewidzieć efekty podjęcia określonej decyzji na poszczególne zmienne endogeniczne w poszczególnych podokresach, począwszy od podokresu, w którym podjęta decyzja spowodowała zmianę wartości co najmniej jednej zmiennej egzogenicznej.

2. Sterowanie optymalne na podstawie modelu ekonometrycznego

Sterowanie optymalne układami gospodarczymi⁴ polega na podjęciu w danym podokresie ciągu decyzji (optymalnych), które powinny być wprowadzone w życie w podokresach przyszłych. Podstawą do podjęcia tych decyzji jest analiza oparta na określonym przekształceniu modelu ekonometrycznego⁵, w rezultacie którego ma miejsce odwrócenie rozumowania związanego z prognozowaniem albo analizą symulacyjną. Sterowanie optymalne dostarcza, bowiem, odpowiedzi na pytanie: jakie powinny być wartości wybranych zmiennych egzogenicznych, tzw. zmiennych sterujących⁶ przy danych poziomach wartości pozostałych zmiennych egzogenicznych⁷, aby wartości wybranych zmiennych endogenicznych, zwanych celami⁸ przyjęły wartości określone z góry przez podejmującego decyzję⁹. Pozostałe zmienne endogeniczne nazywane są zmiennymi oderwanymi.

⁴ Mogą być nimi np. gospodarka krajowa, jej sektor, jej region, przedsiębiorstwo itd.

⁵ Najczęściej jest nim dynamiczny NIEWIEM o równaniach współzależnych.

⁶ Zwane są one także zmiennymi instrumentalnymi, sterownikami, a w modelach makroekonomicznych – instrumentami polityki gospodarczej.

⁷ Nazywane są one zwykle zmiennymi obojętnymi albo datami (ang. *data*).

⁸ Nazywane są one także zmiennymi sterowanymi albo zmiennymi celu.

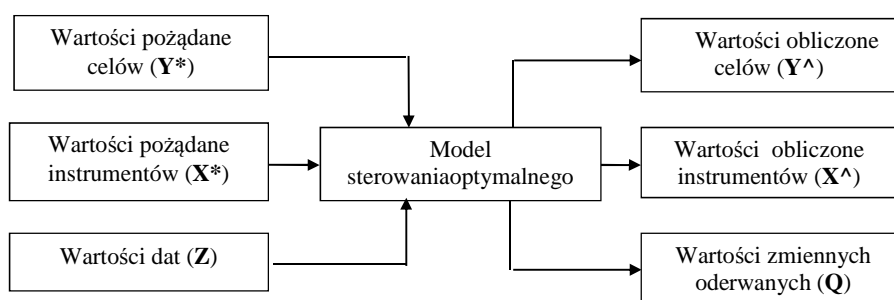
⁹ W sytuacji, gdy rozpatruje się wartości wybranej zmiennej endogenicznej w kolejnych podokresach przeszłości, mówi się o jej przebiegu wzdłuż określonej trajektorii.

W rezultacie, podział na zmienne endogeniczne i egzogeniczne musi odpowiadać podziałowi, z jednej strony na cele polityki gospodarczej oraz zmienne oderwane, a z drugiej, na instrumenty polityki gospodarczej oraz zmienne obojętne. Co więcej, w modelu wykorzystywanym do sterowania optymalnego muszą wystąpić związki przyczynowo-skutkowe, w których określone decyzje organu sterującego mają wpływ na realizację procesów gospodarczych¹⁰. W praktyce zwykle oznacza to konieczność albo (na ogół) zbudowania zupełnie nowego modelu ekonometrycznego, albo przynajmniej daleko idącej modyfikacji modelu wcześniej zbudowanego¹¹.

W modelu sterowania optymalnego zakłada się, że wartości pożądane mają osiągnąć, nie tylko cele, ale i instrumenty. Wartości pożądane instrumentów wprowadza się, aby przedział rozwiązań dla tych zmiennych zawęzić do „rozsądnych” granic. Ponadto, wartości pożądane tych zmiennych wprowadza się ze względów rachunkowych, gdy liczba celów jest mniejsza od liczby instrumentów. Jednocześnie przyjmuje się, że wartości obliczone, zarówno celów, jak i instrumentów, mogą odbiegać od poziomów pożądanych (por. Schemat 1).

Schemat 1.

Schemat modelu sterowania optymalnego



Źródło: Opracowanie własne.

Procedura sterowania optymalnego na podstawie modelu ekonometrycznego w bardzo ogólnej formie sprowadza się do następujących etapów:

1. ustalenie celu sterowania optymalnego;
2. ustalenie listy celów i instrumentów polityki gospodarczej;

¹⁰ Obecnie coraz częściej zwraca się uwagę na zależności wzajemne między celami i instrumentami, w tym na tzw. kointegrację.

¹¹ Teoria sterowania optymalnego powstała na gruncie nauk technicznych, więc jej zastosowanie do modelowania procesów gospodarczych wymaga formułowania zagadnień ekonomicznych w odpowiedniej postaci.

3. budowa albo adaptacja istniejącego modelu ekonometrycznego, opisującego funkcjonowanie badanego systemu gospodarczego;
4. wybór postaci analitycznej funkcji wyboru (celu);
5. ustalenie wartości wag, występujących w funkcji celu;
6. ustalenie wartości pożądanego celu i instrumentów oraz dat;
7. wyznaczenie wartości obliczonych celów i instrumentów oraz zmiennych oderwanych;
8. analiza otrzymanych wyników i ich interpretacja, w tym analiza wrażliwości otrzymanych rozwiązań optymalnych;
9. powtarzanie etapów 5-8 aż do uzyskania zadowalających wyników.

A zatem, najpierw ustala się cele sterowania optymalnego oraz cele i instrumenty polityki gospodarczej. Ich lista zależy od założeń, w tym subiektywnych, na różne tematy, w tym horyzontu sterowania, przyjętych przez decydenta, a także od danych statystycznych, prognostycznych i planistycznych posiadanych przez decydenta lub konstruktora modelu.

Następnie buduje się albo modyfikuje wcześniej zbudowany model ekonometryczny. Rola decydenta na tym etapie jest żadna albo co najwyżej znikoma.

W dalszej kolejności ustala się postać analityczną funkcji wyboru¹², w której zwykle minimalizuje się ważoną sumę różnic między wartościami w poszczególnych podokresach poszczególnych elementów macierzy \mathbf{Y}^{\wedge} i \mathbf{Y}^* oraz \mathbf{X}^{\wedge} i \mathbf{X}^* , przyjmując, że wartości wag w poszczególnych podokresach są wzajemnie niezależne oraz że funkcja wyboru da się rozwinąć w szereg Taylora, którego dwa pierwsze człony aproksymują ją z wystarczającą dokładnością¹³. Również na tym etapie rola decydenta na tym etapie jest żadna albo co najwyżej znikoma.

Kolejnym krokiem jest ustalenie wartości wag funkcji wyboru. Jest to zadanie niezwykle trudne, bowiem decydent praktycznie nigdy nie wyraża swojej opinii o poziomie wag jednoznacznie i w sposób skwantyfikowany, a ponadto w dłuższych okresach ulega ona zmianom. Dlatego w pierwszym przybliżeniu zwykle przyjmuje się arbitralne wartości tych wag, zakładając na ogół, że decydenci mają awersję do ryzyka¹⁴. Zwykle zakłada się przy tym, że macierze występujące w funkcjach wyboru są symetryczne, a więc że odchylenia dodatnie i ujemne są traktowane jednakowo¹⁵. Ponadto, ze względów obliczeniowych

¹² Funkcja taka nazywana jest zwykle funkcją strat, funkcją preferencji albo funkcją użyteczności.

¹³ Rezultatem takiej postaci funkcji wyboru jest to, że cele i instrumenty przyjmują wartości z przedziałów, których środkami są ich wartości pożądane, przy czym długości tych przedziałów zależą od wartości elementów macierzy wag oraz od oszacowanych wartości parametrów modelu ekonometrycznego. Oczywiście, buduje się także funkcje wyboru o nieco innych postaciach analitycznych.

¹⁴ Rzadziej szacuje ich wartości na podstawie danych statystycznych dla okresu diagnozy.

¹⁵ Bywa to kwestionowane. Sposób rozwiązania tej kwestii podał np. B. M. Friedman.

często przyjmuje się, że macierze wag są diagonalne¹⁶ oraz że wartości współczynników funkcji celu dla różnych podokresów są jednakowe¹⁷. Następnie używane wagi podlegają wyskalowaniu.

W dalszej kolejności decydent ustala wartości pożądanych celów i instrumentów polityki gospodarczej. Oprócz informacji z praktyki gospodarczej, może on brać pod uwagę także wartości uzyskane w efekcie analizy mnożnikowej, prognozowania bądź analizy symulacyjnej na podstawie wcześniej zbudowanych modeli, opisujących dany system gospodarczy.

Ponadto, należy przyjąć faktyczne albo najbardziej prawdopodobne wartości dat¹⁸. Jest to zwykle zadanie konstruktora modelu.

Na tej podstawie konstruktor modelu wyznacza wartości obliczone celów i instrumentów oraz zmiennych oderwanych. Algorytm rozwiązywania zadań sterowania optymalnego zależy przede wszystkim od założenia na temat sposobu uwzględnienia upływu czasu. W zadaniach sterowania optymalnego opartych na modelach np. ekonomii matematycznej, operuje się czasem ciągłym, co pozwala na stosowanie zasady maksimum Pontriagina. Natomiast w modelach ekonometrycznych operuje się czasem dyskretnym, a ponadto, uwzględnia się zmienne losowe, podlegające „białemu szumowi gaussowskiemu”¹⁹. Jednak zastępując wartości zmiennych losowych ich wartościami oczekiwanymi model stochastyczny sprowadza się do deterministycznego. W rezultacie, również możliwe jest zastosowanie procedury opartej ma zasadzie maksimum Pontriagina.

Algorytm rozwiązywania zadań sterowania optymalnego na podstawie modelu ekonometrycznego zależy także od jego postaci analitycznej.

W przypadku sterowania optymalnego opartego na LWEM metoda rozwiązywania zależy od różnicy między liczbą celów i liczbą instrumentów. Gdy jest ona równa 0, rozwiązuje się odpowiedni układ równań. W takiej sytuacji odchylenia wartości celów obliczonych od ich wartości pożądanych, a w efekcie

16 Tymczasem pozadiagonalne elementy w poszczególnych blokach macierzy leżących na głównej oznaczają skutki (niekoniecznie koszty) związane z faktem, że różne cele lub instrumenty jednocześnie odchyliły się od swoich wartości pożądanych. Natomiast pozadiagonalne bloki tych macierzy reprezentują międzyokresowe skutki odchyleń celów lub instrumentów: diagonalne elementy tych macierzy oznaczają relacje między odchyleniami tych samych zmiennych w różnych podokresach, a elementy pozadiagonalne – między różnymi zmiennymi w różnych podokresach. Sposób postępowania w takiej sytuacji zaproponowali m.in. H. Theil oraz G. C. Chow.

¹⁷ Przy ustalaniu wartości wag uwzględnia się, oczywiście, że są one zwykle wyrażone w różnych jednostkach miary oraz że zmienne występujące w funkcji wyboru kształtują się na poziomach różnego rzędu.

¹⁸ Ich wartości ustala się tak samo, jak w przypadku prognozowania czy analizy symulacyjnej.

¹⁹ L. Pontriagin wykazał, że dopuszczenie możliwości skorelowania procesów zakłóceń nie prowadzi do istotnej zmiany własności stochastycznych dynamicznego LWEM.

i wartość funkcji wyboru są, oczywiście, równe zero. Z kolei, gdy liczba celów jest większa od liczby instrumentów, odnośny układ równań jest sprzeczny. W takiej sytuacji stosuje się jedno z rozwiązań zaproponowanych przez H. Theil'a (np. zwiększa się odpowiednio liczbę instrumentów albo przypisuje odpowiedniej liczbie celów wartości założone z góry). Natomiast, jeśli instrumentów jest więcej niż celów, istnieje nieskończenie wiele rozwiązań. W takiej sytuacji najpierw zwiększa się odpowiednio liczbę celów albo przypisuje odpowiedniej liczbie instrumentów wartości założone z góry. Innym rozwiązaniem, które można wykorzystać w takiej sytuacji, jest metoda mnożników Lagrange'a, a zwłaszcza zaproponowany przez G.C. Chowa algorytm dwustopniowy wykorzystujący metodę mnożników Lagrange'a i metodę programowania dynamicznego (Bellmana).

Niezależnie od powyższego, przy założeniu, że zmienne losowe podlegają procesowi Gaussa-Markowa, możliwe jest rozwiązanie zadania sterowania optymalnego opartego na LWEM przy wykorzystaniu macierzy filtru Kalmana.

Natomiast w przypadku wykorzystywania NIEWIEM możliwe jest zastosowanie albo odpowiednio zmodyfikowanej procedury mnożników Lagrange'a, albo wcześniej wspomnianego algorytmu dwustopniowego G.C. Chowa po uprzedniej linearyzacji postaci strukturalnej modelu nieliniowego np. przez jej aproksymację członami pierwszego stopnia szeregu Taylora²⁰. Istotną różnicą w stosunku do modeli liniowych jest to, że rozwiązanie w modelu nieliniowym otrzymuje się w drodze iteracji. Ponadto, w odróżnieniu od modelu liniowego, wartości współczynników aproksymacji liniowej są zmienne w czasie. Dokładność rozwiązania ostatecznego zależy, oczywiście, od stopnia dokładności, z jaką postaci zlinearyzowane aproksymują równania modelu nieliniowego²¹.

Natomiast L. Klein wykorzystał analizę symulacyjną do wyznaczenia rozwiązania zadania rozszerzonego, które powstaje przez dołączenie do modelu ekonometrycznego warunków koniecznych istnienia ekstremum²². W takiej sytuacji warunki konieczne istnienia ekstremum służą do wyznaczenia wartości instrumentów, a równania modelu ekonometrycznego pozwalają określić wartości celów.

²⁰ Inne metody linearyzacji, to np.: linearyzacja regresyjna równań postaci strukturalnej, sprowadzająca się do oszacowania parametrów liniowego równania regresji, w którym zmiennymi objaśniającymi są wszystkie zmienne pojawiające się w linearyzowanym równaniu, oraz linearyzacja mnożnikowa, tzn. budowa zlinearyzowanej postaci końcowej modelu, w której parametrami są mnożniki.

²¹ G. C. Chow zaproponował zwiększenie stopnia dokładności liniowego członu rozwinięcia modelu nieliniowego w szereg Taylora przez wyznaczanie wartości pochodnych odrębnie dla każdego podokresu. Zadanie to może być z powodzeniem wykonane również za pomocą analizy symulacyjnej.

²² Inne rozwiązanie polega na wykorzystaniu procedury Gaussa-Seidela z relaksacją dla modelu quasi-statycznego oraz jej rozwinięcia.

Podjęmowane są także próby sterowania optymalnego w warunkach niepewności, zarówno tzw. bez uczenia się, jak i tzw. z uczeniem się, w których do specyfikacji i estymacji modelu wykorzystywane są informacje na temat zachowania się sterowanego układu w trakcie sterowania.

Uzyskane wartości celów i instrumentów podlegają analizie z udziałem decydenta. Zwykle okazuje się, że wartości co najmniej niektórych z nich są wzajemnie sprzeczne, niedopuszczalne, na niewiarygodnym poziomie lub niepożądane albo nieakceptowalne przez decydenta. Decydent wskazuje, które, jego zdaniem, wartości celów i instrumentów, oraz w jakim kierunku i o ile należy zmienić²³. W związku z tym dokonuje się zmiany, przede wszystkim, wartości wag funkcji celu oraz wartości pożądaných celów i instrumentów.

Po uwzględnieniu tych wskazówek wyznacza nowe rozwiązanie optymalne, które przedstawia się decydentowi do akceptacji albo do wskazania nowych kierunków zmian, przy czym wyniki otrzymane na podstawie modelu ulepszonogo nie muszą być lepsze od uzyskanych na podstawie poprzedniego modelu²⁴. Dlatego wielokrotnie powtarza się etapy 5-8 powyżej przedstawionej procedury. Często występuje nawet konieczność powrotu do wcześniejszych jej etapów, a więc konieczność także respecyfikacji zmiennych polityki gospodarczej, respecyfikacji i reestymacji modelu ekonometrycznego lub zmiany postaci analitycznej funkcji wyboru. Analiza wyników kolejnych rozwiązań pozwala wskazywać pożądanę kierunki zmian wartości, tak celów, jak i zwłaszcza instrumentów i ograniczeń działania²⁵. Jednocześnie wskazuje się decydentowi ryzyko porażki, np. określając dla poszczególných zmienných instrumentalnych przedziały wartości, których przekroczenie spowodowałoby załamanie strategii, a więc zagrożenie realizacji założonego celu.

Uwzględnia się przy tym stochastyczny charakter procesów gospodarczych. W sterowaniu optymalnym zwykle rozpatruje się, bowiem, kilka wariantów (scenariuszy), przyjmując różne założenia co do poziomu każdej ze zmienných. Mianowicie, na podstawie analizy możliwych stanów przyszłych, w tym szans i zagrożeń płynących z otoczenia oraz silnych i słabých stron danego podmiotu, które łącznie będą określać kierunek i intensywność przemian, wyznacza się i weryfikuje wartości różnych celów i instrumentów polityki gospo-

²³ „Elastyczność” decydenta w przypadku różnych zmienných zależy od wielu czynników związanych z jego preferencjami, zarówno obiektywných, w tym instytucjonalnych, jak i subiektywných, w tym emocjonalnych, i dlatego jest ona różna dla różnych celów i instrumentów. Skutkuje to mniejszymi (a nawet żadnymi) zmianami jednych wag oraz stosunkowo dużymi zmianami innych.

²⁴ Nowe rozwiązanie może w niektórych obszarach być gorsze (i to nawet znacznie) od poprzedniego, bowiem korekta macierzy wag lub wartości pożądaných (celów lub instrumentów) zmienia całą strukturę funkcji wyboru danego modelu sterowania optymalnego.

²⁵ Polityka gospodarcza jest bowiem znacznie bardziej zorientowana na zmianę systemu ograniczeń, niż na wyszukiwanie rozwiązań optymalnych przy danych ograniczeniach.

darczej, a także ich wpływ na funkcjonowanie badanego układu gospodarczego²⁶. Innymi słowy, bada się wpływ różnych decyzji na sytuację danego podmiotu w przyszłości²⁷.

Procedurę kończy się, gdy różnica między wartościami otrzymanymi na podstawie modelu a wartościami pożądanymi dla wszystkich zmiennych jest akceptowana przez decydenta, a więc wystarczająco mała. A zatem, sterowanie optymalne pozwala ustalić takie wartości zmiennych instrumentalnych, możliwie najbardziej bliskie ich wartościom pożądanym, które pozwalają osiągnąć wartości zmiennych celu możliwie najbardziej bliskie ich wartościom pożądanym przy danej funkcji wyboru, danych wartościach zmiennych obojętnych (dat) oraz dopuszczalnych wartościach zmiennych oderwanych.

Ważnym efektem sterowania optymalnego jest lepsze poznanie przez konstruktora modelu właściwości modelu ekonometrycznego wykorzystywanego do sterowania optymalnego²⁸. Analizując wyniki kolejnych wariantów i wyprowadzając z nich odpowiednie wnioski, konstruktor modelu ekonometrycznego może zaproponować decydentowi coraz lepsze narzędzie sterowania optymalnego.

Głównym efektem sterowania optymalnego jest, jednak, „uczenie się” decydenta, który obserwując kierunki i skalę zmian poszczególnych zmiennych w kolejnych krokach, uświadamia sobie współzależności między wartościami celów i wartościami instrumentów, w szczególności np., że wartości wybranych zmiennych są zbyt wygórowane albo mało ambitne, albo też wzajemnie

²⁶ Sterowanie optymalne jest, zatem, odpowiednikiem eksperymentów prowadzonych w laboratoriach w przypadku np. nauk przyrodniczych. Wykonywanie tych „eksperymentów” w przypadku układu gospodarczego wymaga sporo czasu, a także jest dosyć kosztowne z uwagi na zaangażowanie wysokiej klasy specjalistów oraz odpowiednich programów komputerowych, jednak koszt ten jest znikomy w stosunku do strat, które dany układ gospodarczy poniósłby podejmując nieodpowiednie decyzje (w szczególności mógłby on przestać istnieć).

²⁷ Ostatecznie jeden ze scenariuszy bywa wskazany jako najbardziej prawdopodobny, a odpowiadająca mu strategia jest określana jako strategia dominująca. Czasami sterowanie optymalne wykorzystuje się także do oceny przeszłych decyzji gospodarczych, tj. do analizy polityki gospodarczej, prowadzonej w przeszłości, z uwzględnieniem istniejących wtedy szans i zagrożeń płynących z otoczenia oraz silnych i słabych stron danego podmiotu. Jednakże i w takim przypadku kierunkiem przewodnim jest przyszłość (chodzi o znalezienie przyczyn sukcesów lub porażek). W modelach służących ocenie przeszłości zakłada się obserwowane przedziały akceptowalności poszczególnych zmiennych.

²⁸ W modelu sterowania optymalnego należy, w szczególności, jednocześnie ustalić wartości wybranych zmiennych, zarówno egzogenicznych, jak i endogenicznych. Zwiększa to liczbę stopni swobody i może być przyczyną uzyskiwania rozwiązań bezsensownych z praktycznego punktu widzenia, także w sytuacji, gdy model ekonometryczny dobrze opisywał rzeczywistość i był przydatny do prognozowania czy symulacji. Znane są także sytuacje odwrotne, gdy modele ekonometryczne słabo opisujące rzeczywistość zupełnie nieźle nadawały się do sterowania optymalnego.

sprzeczne, a ponadto, że zmienność niektórych z nich może być w określonym stopniu uwarunkowana (ograniczona). A zatem, efektem sterowania optymalnego jest lepsze zrozumienie przez decydenta badanego systemu gospodarczego. Sterowanie optymalne pozwala bowiem decydentowi poznać źródła stanów i dynamiki badanego systemu gospodarczego oraz zanalizować mechanizmy jego funkcjonowania, a także głębiej i wszechstronniej zanalizować politykę gospodarczą, czego efektem powinno być lepsze kierowanie przez niego badanym systemem gospodarczym.

Reasumując, sterowanie optymalne wykorzystuje się, aby odpowiedzieć na pytanie, czy realizacja założonych celów (przy akceptowanych poziomach zmiennych instrumentalnych, zmiennych obojętnych oraz zmiennych oderwanych) jest w ogóle możliwa, a jeśli tak, to odpowiedzieć na pytanie na temat kosztów realizowanych przedsięwzięć, czyli do wyznaczenia optymalnej polityki gospodarczej albo oceny polityki gospodarczej sformułowanej poza modelem.

3. Prognozowanie metodami ekspertologicznymi

Pod pojęciem ekspertologicznych²⁹ (heurystycznych³⁰) metod prognozowania rozumie się na ogół stawianie hipotez, których weryfikacja może prowadzić do odkrycia prawd o świecie, a zatem formułowanie, na podstawie wiedzy, doświadczenia, wyobraźni i intuicji ekspertów³¹, wniosków naukowych co do przyszłego kształtowania się badanych zmiennych, w szczególności rozwiązań zagadnień albo przynajmniej zebranie sposobów i metod ich rozwiązania albo też ocena wpływu wybranych zdarzeń na przedmiot prognozy w warunkach niedostatecznej informacji. Odpowiedzi udzielone przez ekspertów podawane są zwykle wraz z uzasadnieniem.

Stosując metody ekspertologiczne, zakłada się, że eksperci dysponują wszelką dostępną informacją, niezbędną do sporządzenia prognozy, przy czym suma wiedzy ekspertów zaangażowanych w badaniu jest większa niż suma wiedzy pojedynczych ekspertów, wykorzystywanych oddzielnie. Przy okazji następuje rozbudzanie kreatywności oraz wyobraźni osób biorących udział w bada-

²⁹ Metody ekspertologiczne często nazywane są metodami intuicyjnymi, opisowymi albo intuicyjno-opisowymi. Żadne z tych określeń nie jest jednak w pełni adekwatne.

³⁰ Heurystyka (gr. *heurisko* – odkrywam, znajduję) jest to nauka o dokonywaniu odkryć. Jej przedmiotem jest badanie praw rządzących twórczym myśleniem ekspertów oraz formułowanie metod je ułatwiających i systematyzujących.

³¹ Za eksperta uważa się osobę o wysmienitej znajomości wybranych zagadnień szczegółowych, mającą szerokie rozeznanie w sprawach ogólnych, a zatem osobę mającą głęboką, zarówno teoretyczną, jak i praktyczną wiedzę specjalistyczną i jednocześnie odpowiednią wiedzę ogólną.

niu. W rezultacie, metody ekspertologiczne umożliwiają analizę kompleksową, porównawczą i dynamiczną.

Ponadto zakłada się, że wysoki poziom wiedzy ekspertów stanowi gwarancję obiektywności sądów przez nich wypowiedzianych. Jednakże w praktyce istnieje wiele powodów (przede wszystkim wybór przedmiotu prognozowania, wybór metody badania, dobór ekspertów, procedura badania, interpretacja wyników), czasami nawet bardzo daleko idącego subiektywizmu w metodach ekspertologicznych.

Prognozowanie metodami ekspertologicznymi sprowadza się do zastosowania ogólnej procedury, która składa się z następujących czterech etapów:

- a) sformułowania celu, zakresu i metody prognozowania;
- b) powołania eksperta albo grupy ekspertów;
- c) opracowania opinii przez eksperta albo grupę ekspertów;
- d) wykorzystania opinii eksperta albo grupy ekspertów.

Sformułowanie celu, zakresu i metody prognozy odbywa się w zależności od konkretnych potrzeb, przy czym cel i zakres badania najczęściej wskazuje decydent, ewentualnie wykorzystując wskazówki doradców.

Następnie, odpowiednio do potrzeb, a często także możliwości finansowych zlecającego, dokonuje się wyboru eksperta albo odpowiednio licznej grupy ekspertów. Wybór pojedynczego eksperta może nastąpić spośród osób, które zgłosiły się w wyniku rozpisanego wcześniej konkursu albo spośród osób ogłaszających się w prasie fachowej lub w internecie. Można skorzystać z osoby poleconej przez inne osoby lub instytucje. Może to być też ekspert znany zlecającemu lub osobie z nim współpracującej, w szczególności osoba, która wcześniej sporządziła prognozę dla zlecającego. Natomiast dobieranie grupy ekspertów składa się zwykle z następujących czterech etapów: doboru wstępnego, selekcji pośredniej, samooceny ekspertów oraz ostatecznej selekcji ekspertów. Wybrany zespół powinien składać się, zarówno z osób o szerokiej wiedzy ogólnej, jak i z wąsko wyspecjalizowanych ekspertów w określonej dziedzinie, zarówno teoretyków, jak i praktyków, reprezentujących różne dyscypliny wiedzy, różne branże, różne środowiska, w tym różne opcje polityczne, różne szczeble decyzyjne.

Wybrani eksperci opracowują opinie. Ogół stosowanych przez nich metod klasyfikuje się według różnych kryteriów. Na przykład według stosowanych technik wyróżnia się metody:

- a) porównawcze (przez analogię): w czasie, w przestrzeni oraz jednocześnie w czasie i w przestrzeni, które są najczęstsze. Ich zaletą jest relatywna prostota, zaś wadą to, iż historia nigdy nie powtarza się dokładnie;
- b) twórcze, wykorzystywane w sytuacjach, które nie miały precedensów.

Często stosowany jest podział według generacji, który pokrywa się z podziałem według formy pracy ekspertów na:

- a) pierwszej generacji, przy których pojedynczy eksperci, pracujący niezależnie, sporządzają indywidualne prognozy eksperckie (tzw. ekspertyzy). Są one relatywnie tanie. Stosując je, uzyskuje się wyniki w stosunkowo krótkim czasie. Często są one jednak obciążone bardzo dużą dozą subiektywizmu, nawet gdy jest kilka niezależnych ekspertyz;
- b) drugiej generacji, przy których zespoły ekspertów, pracujący razem, sporządzają zespołowe prognozy bezpośrednie (raporty). Ich praca może być zorganizowana w formie burzy mózgów, konferencji ideowej (bez scenariusza albo ze scenariuszem), gry sytuacyjnej, modelu operacyjnego, scenariusza (techniką odkrywczą albo normatywną). Zespołowe prognozy bezpośrednie umożliwiają rozszerzenie zakresu przedmiotowego prognozowania oraz mniejszy stopień subiektywizmu niż ekspertyzy indywidualne. Jednak wyniki prognozowania są w dużej mierze kształtowane przez ekspertów, mających nie tylko autentyczny autorytet ale skuteczniej forsujących swoje przekonania;
- c) trzeciej generacji, przy których eksperci, pracujący niezależnie, sporządzają zespołowe prognozy zbiektywizowane. Praca ekspertów może być zorganizowana na kilka różnych sposobów, których głównym elementem są badania kwestionariuszowe. Najbardziej powszechną jest metoda delficka. Połączeniem metody delfickiej oraz burzy mózgów lub konferencji ideowej, a także metody scenariuszowej jest *foresight*, którego istotą jest usystematyzowana analiza trendów technologicznych w korporacji, branży, regionie³², a także głównych kierunków rozwoju kraju³³. Metodą trzeciej generacji jest też metoda wzajemnego oddziaływania używana do badania wzajemnych relacji (w szczególności związków przyczynowo-skutkowych) między poszczególnymi zdarzeniami.

Odpowiedzi uzyskane są analizowane i systematyzowane (w przypadku korzystania z więcej niż jednego eksperta) metodami statystycznymi. W tym celu stosuje się przede wszystkim miary tendencji centralnej oraz miary dyspersji. Natomiast w przypadku informacji nie w pełni porównywalnych stosowane są: rangowanie (nadawanie rang), porównania kolejne, porównania parzyste oraz ustalanie stopnia zgodności opinii poszczególnych ekspertów (na podstawie wartości współczynników zgodności, np. Ustjużaninowa albo Kendalla).

Usystematyzowane i zanalizowane odpowiedzi są jedną z głównych podstaw podejmowania decyzji.

³² Jednym z pierwszych był koncern DaimlerChrysler, który w 1979 r. rozpoczął badania czynników kształtujących rynki, produkty oraz technologie.

³³ Pierwsze (początek lat 70.) projekty dotyczyły gospodarki Japonii, a wkrótce potem Niemiec oraz USA. W grudniu 2006 r., z inicjatywy Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego, zapoczątkowano „Narodowy Program *Foresight* „Polska 2020”, którego treścią był dialog społeczny w celu uzyskania szerokiego poparcia w kwestiach: zrównoważonego rozwoju Polski, technologii informacyjnych i telekomunikacyjnych oraz bezpieczeństwa.

Podsumowując, metody ekspertologiczne charakteryzuje podejście heurystyczne. Do ich zalet należą przede wszystkim:

- a) możliwość uwzględnienia zmiennych trudno mierzalnych, w tym jakościowych;
- b) możliwość uwzględnienia bardzo szerokiego zakresu uwarunkowań i zależności wzajemnych, w tym zmian strukturalnych;
- c) zwykle większa precyzja wyników niż uzyskanych innymi metodami;
- d) zwykle relatywnie niski koszt rzeczowy przeprowadzanych badań.

Natomiast ich wadami, w szczególności przy wykorzystywaniu grupy ekspertów, są:

- a) konieczność zatrudnienia dobrze opłacanych osób, co jest dosyć kosztowne;
- b) konieczność zapewnienia stałości składu grupy ekspertów przy pracach kilkietapowych;
- c) konieczność ujednoczenia pojęć, którymi posługują się eksperci;
- d) operowanie danymi niewycenialnymi statystycznie;
- e) konieczność opracowywania statystycznego wyników, co może wymagać zatrudnienia dodatkowych osób lub zakupu sprzętu i oprogramowania komputerowego;
- f) wydłużenie okresu badania;
- g) relatywnie duża doza subiektywizmu;
- h) przyjmowanie opinii średnich lub większości, a zatem odrzucanie opinii skrajnych, które czasami mogą być jedynymi trafnymi;
- i) brak możliwości określenia *ex ante* nie tylko wartości ale nawet skali błędu prognozy oraz prawdopodobieństwa realizacji wyniku prognozy.

Wymienione wcześniej zalety są w wielu przypadkach o wiele bardziej istotne od podanych wad i dlatego metody ekspertologiczne są dosyć często wykorzystywane w praktyce. W szczególności wykorzystuje się je do weryfikacji i oceny prognoz uzyskanych na podstawie modeli statystycznych lub ekonometrycznych.

4. Wybór „optymalnej” metody przewidywania

Wybór metody przewidywania w naukach ekonomicznych zależy przede wszystkim od:

- a) potrzeb i możliwości zlecającego badanie;
- b) szeroko rozumianego przedmiotu badania (zmiennych, niekoniecznie ekonomicznych);
- c) „właściwości” poszczególnych grup metod przewidywania (statystycznych, ekonometrycznych i ekspertologicznych).

Zakładając, że potrzeby i możliwości sporządzającego na potrzeby własne lub zlecającego badanie są w zasadzie określone, wybór metody badania uzależniony jest od przedmiotu badania oraz od właściwości poszczególnych grup metod badania. Cechami charakteryzującymi przedmiot badania z punktu widzenia wyboru najbardziej odpowiedniej metody badania są: horyzont badania, „ważność” przedmiotu badania oraz jego stabilność.

Horyzont badania uzależniony jest od celu badania. W przypadku przewidywania gospodarczego horyzont badań powinien odpowiadać horyzontowi planów krótko-, średnio- i długookresowych. Z kolei „ważność” przedmiotu badania można rozumieć na kilka różnych sposobów. W przypadku produktów pojęcie „ważności” można odnieść do ich znaczenia strategicznego dla badanego układu gospodarczego. Natomiast z punktu widzenia badań prognostycznych czy symulacyjnych pojęcie to rozpatruje się zwykle biorąc pod uwagę zmianę danej zmiennej decyzyjnej pod wpływem określonej z góry zmiany względnej wybranego przedmiotu badania³⁴. Natomiast przez stabilność przedmiotu badania należy rozumieć jego nieznaczną albo regularną zmienność. Na ogół stosuje się jedną z dwu metod badania stabilności: bezpośrednią obserwację i analizę zmian przedmiotu badania przy wykorzystaniu ogólnie znanych metod statystycznych albo metodę pośrednią, która polega na wyznaczeniu wartości hipotetycznych zmiennych decyzyjnych w poszczególnych podokresach okresu diagnozy przy założeniu, że wartości przedmiotu badania w całym okresie diagnozy były stałe. Różnice między odpowiadającymi sobie wartościami hipotetycznymi i faktycznymi poszczególnych zmiennych decyzyjnych oraz ich znaki, a także ewentualne trendy ich zmian, pozwalają oszacować siłę i kierunek zmian analizowanego przedmiotu badania.

„Ważność” i stabilność przedmiotu badania zależą od szeregu czynników natury technicznej, ekonomicznej, organizacyjnej, prawnej, społecznej itd. Zależą one także od rozwiązań, przyjętych przy badaniu. W szczególności zależą np. od przyjętego sposobu klasyfikacji produkcji, która może być przedmiotowa, podmiotowa albo mieszana oraz od stopnia i metody agregacji, który powinien odpowiadać szczegółowości planów, odpowiednio krótko-, średnio- i długookresowego. Każda z klasyfikacji oraz agregacji może odgrywać różną rolę przy różnych horyzontach planu. Dlatego należy znać zasady i metody przechodzenia od danej klasyfikacji do każdej innej oraz od jednej agregacji do każdej innej.

Każdą z metod przewidywania charakteryzują określone cechy. Stosowanie metod ekspertologicznych charakteryzuje, przede wszystkim, zapotrzebowanie na ogromną liczbę bardzo szczegółowych informacji, zarówno mierzalnych, jak niemierzalnych. Zebranie tych informacji, a następnie ich umiejętne zanalizowanie wiąże się z koniecznością zaangażowania przez relatywnie długi okres

³⁴ Podziału przedmiotów badania na „ważne” i „pozostałe” nie wolno łączyć z podziałem zmiennych na istotne i nieistotne (merytorycznie czy statystycznie).

dużej ilości zasobów, zwłaszcza ludzkich i to bardzo wysoko wykwalifikowanych. Osoby te zwykle muszą mieć dostęp do wysokiej klasy urządzeń porozumiewania się i przekazywania informacji. Ponadto, niektórzy z nich posługują się także wysoką techniką obliczeniową. W sumie oznacza to, że koszty całkowite, stosowania metod ekspertologicznych są znaczne. Dzięki tym nakładom możliwe jest jednak uzyskanie bardzo szczegółowych i relatywnie dokładnych wyników badania.

Z kolei stosowanie modeli ekonometrycznych wymaga ogromnej ilości informacji statystycznych oraz zaangażowania przez długi okres znacznych zasobów ludzkich i pozaludzkich w celu ich przetworzenia. Dostęp, zarówno do specjalistów, jak i do danych oraz do techniki obliczeniowej wiąże się z poniesieniem wysokich kosztów osobowych i rzeczowych, jednak w sumie na ogół niższych niż w przypadku wykorzystywania ekspertów. Modele ekonometryczne pozwalają uzyskać wyniki porównywalne z wynikami metod ekspertologicznych jedynie w przypadku relatywnej stabilności poziomu lub trendu przedmiotu badania. Brak tej stabilności pogłębia się, gdy okres badania ulega wydłużeniu.

Relatywnie najprostsze i najtańsze jest przewidywanie na podstawie modeli statystycznych. Ich stosowanie oparte jest na mniejszej ilości informacji niż w przypadku modeli ekonometrycznych. Ich stosowanie nie wymaga ani tak bardzo wysokiej klasy specjalistów, ani też tak wysokiej klasy techniki porozumiewania się, czy też przetwarzania danych, jak w przypadku wykorzystywania ekspertów czy modeli ekonometrycznych³⁵. Również okres niezbędny do wykonania badania jest zwykle znacznie krótszy niż w przypadku badania ekonometrycznego czy ekspertologicznego. Relatywna prostota oraz stosunkowo niski koszt badań przy wykorzystaniu metod statystycznych okupione są raczej niskim poziomem dokładności wyników. Jednak jeśli badane zjawisko charakteryzuje wysoki stopień stabilności, a więc w przypadku braku istotnych zmian strukturalnych, co zdarza się w okresach krótkich, często uzyskiwane wyniki są bardzo satysfakcjonujące.

A zatem, rozpatrywane trzy grupy metod badania różnią się między sobą w zasadzie jedynie dokładnością wyników badania, która zależy przede wszystkim od horyzontu badania i stabilności przedmiotu badania oraz od szeroko rozumianego kosztu badania. Uwzględniając powyższe, można odpowiedzieć na pytanie: kiedy która metoda powinna być stosowana? (por. Tabela 1).

³⁵ Niezbędne obliczenia może z łatwością zaprojektować i wykonać absolwent wyższej uczelni o profilu ekonomicznym czy społecznym, wykorzystując powszechnie dostępny komputer osobisty oraz arkusz kalkulacyjny *Excel*.

Tabela 1.

Zależność metody badania od horyzontu badania oraz od „ważności” i stabilności przedmiotu badania

| Wyszczególnienie | | | Okres badania | | |
|-------------------|------------|-------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | | | krótki | średni | długi |
| Przedmiot badania | „ważny” | niestabilny | metody ekspertologiczne | | |
| | | stabilny | modele statystyczne | modele ekonometryczne | metody ekspertologiczne |
| | „nieważny” | | modele statystyczne | | |

Źródło: Opracowanie własne.

„Nieważne” przedmioty badania należy badać metodami statystycznymi, bez względu na okres przewidywania, bowiem decydujący jest koszt badania, zaś „ważne” niestabilne zawsze metodami ekspertologicznymi ze względu na wymóg dokładności wyników. Mniej jednoznaczna jest sytuacja w przypadku „ważnych” stabilnych przedmiotów badania. W przypadku przewidywania perspektywicznego badanie należy wykonać metodami ekspertologicznymi z uwagi na priorytetowe znaczenie dokładności wyników. Z kolei w przypadku przewidywania średniookresowego należy wykorzystywać modele ekonometryczne, które, zapewniając relatywnie wysoką dokładność wyników, są mniej kosztowne od metod ekspertologicznych. W przypadku przewidywania krótkookresowego w zasadzie należałoby przyjąć rozwiązanie analogiczne do przyjętego dla okresu średniego. Jednak często badanie metodami ekonometrycznymi nie może mieć miejsca z uwagi na okres niezbędny do wykonania takiego badania. Wtedy, z konieczności, trzeba stosować metody statystyczne.

Badanie każdego przedmiotu dla każdego horyzontu powinno być dokonane przy wykorzystaniu co najmniej dwu metod, należących do grupy „optymalnych” w danej sytuacji. Duża rozbieżność między wynikami odnośnych badań wskazuje na istnienie dodatkowych czynników kształtujących poziom danego przedmiotu badania. W takiej sytuacji należy wykonać dodatkowe badanie. Natomiast w przypadku zbieżności wyników różnych badań należy ustalać warianty wartości przedmiotu badania, przyjmując różne założenia na temat zestawu czynników, kształtujących dany przedmiot badania, jak również siły wpływu każdego z nich na przedmiot badania.

5. Wykorzystanie prognoz, analiz symulacyjnych i sterowania optymalnego w praktyce

Przewidywanie zjawisk gospodarczych pozwala oszacować wariantowo wpływ zmian różnorodnych czynników, tak wewnętrznych, jak i zewnętrznych,

na przyszłe funkcjonowanie badanego układu gospodarczego, a więc ustalić możliwe skutki zastosowania różnych strategii, zależnych od woli decydenta, oraz różnego kształtowania się czynników zupełnie niezależnych od jego woli. Dlatego omówione metody przewidywania wykorzystuje się praktycznie na wszystkich szczeblach kierowania. Powszechnie znane są modele makroekonomiczne opracowywane dla szczebla gospodarki narodowej.

Natomiast modele służące przewidywaniu na szczeblu przedsiębiorstw, zwłaszcza korporacji międzynarodowych, zwłaszcza na etapach budowy ich strategii, oczywiście, nie są publikowane, bowiem opisują one bardzo szczegółowo daną korporację oraz jej związki z otoczeniem. Informacje o wykorzystywaniu takich modeli są jednak czasami podawane przez przedstawicieli ich najwyższych władz.

Przedmiotem takich badań są, na ogół, zagadnienia związane ze strategią wejścia albo dalszej ekspansji na określone rynki, albo też utrzymania osiągniętego w nich udziału, a więc: pojemność całego rynku, kształtowanie się trendów głównych składników kosztów konkurentów, mechanizmy kształtujące koszty własne produkcji, szanse utrzymania przez dłuższy okres osiągniętej pozycji na rynku, cele i zadania produkcyjne, tempo i kierunki postępu technicznego, rozwój nowych technologii produkcji, prawdopodobieństwa realizacji warunków, niezbędnych do zastosowania wybranych technologii, możliwości wdrożenia nowej technologii, długość okresu jej życia, wydatki na badania i rozwój oraz ich efektywność, stopień nowoczesności produkcji, skala produkcji (lub korzyści skali), stopień wykorzystania mocy wytwórczych, poziom albo tempo zmian całkowitych oraz jednostkowych kosztów produkcji, wydatki na kształcenie kadr i ich efektywność, rozwój nowych metod marketingu, wydatki na marketing i ich efektywność itp. itd.

W rezultacie ustala się: sposoby wejścia na nowe rynki lub wycofywania się ze starych, politykę sprzedaży nowych produktów lub wycofywania się z wytwarzania starych, harmonogramy zakupów technologii, maszyn, urządzeń, siły roboczej itp., niezbędne zmiany organizacyjne, programy szkoleń i innych form podnoszenia kwalifikacji załogi, formy marketingu, w tym formy sprzedaży oraz kanały dystrybucji, które będą wykorzystywane w przyszłości, budżet firmy w poszczególnych podokresach przyszłości itp. itd.

W każdym przypadku zwykle rozważa się zwykle cztery warianty:

- a) optymistyczny, w którym abstrahuje się od możliwości produkcyjnych i handlowych firmy. Uzyskane w tym wariantcie wyniki wykorzystywane są do rozstrzygnięcia kwestii, związanych z jednej strony z inwestycjami kapitałowymi w majątek trwałe lub przejmowanie firm, a z drugiej – z pozostawieniem części rynku do zagospodarowania przez konkurentów;
- b) realistyczny;

- c) pesymistyczny, w którym zakłada się cenę minimalną, którą może żądać dana firma lub którykolwiek z jej konkurentów. Badanie takie służy ustaleniu odpowiedniej strategii sprzedaży, a więc strategii produkcyjnej, strategii marketingowej, polityki cenowej, podnoszenia jakości, różnicowania produktów itp.;
- d) kryzysowy, w którym rozpatruje się działania pozwalające firmie przetrwać w przypadku szczególnie niekorzystnego rozwoju sytuacji w otoczeniu zewnętrznym.

Po ustaleniu strategii działania firmy, podstawowym zadaniem kierownictwa jest zbudowanie planów operacyjnych, czyli znalezienie odpowiedzi na pytania: co, kto, gdzie, kiedy i jak powinien zrobić, aby przyczynić się do zrealizowania przyjętej strategii, a zatem do sukcesu firmy. Na przykład przewidywanie krótkookresowe sprzedaży obejmuje szacowanie zmian cen poszczególnych produktów oraz skutków tych zmian w zakresie dochodów ze sprzedaży oraz wydatków operacyjnych, np. na marketing, wielkości sprzedaży poszczególnych produktów na poszczególnych rynkach w poszczególnych podokresach, wielkości zapotrzebowania na siłę roboczą, surowce, materiały do produkcji, środki finansowe itd. Do tego celu niezbędne jest oszacowanie wartości zmiennych opisujących kształtowanie się zapotrzebowania na produkty wytwarzane przez daną firmę, z uwzględnieniem już złożonych zamówień oraz trybu ich składania oraz zdolności produkcyjnych firmy, sytuacji na rynku pracy, sytuacji na rynkach finansowych (dostępu do środków obcych), sytuacji na rynkach surowcowych itp.

Ponadto, w badaniach na szczeblu przedsiębiorstwa występuje szereg zmiennych makroekonomicznych, np.: tempo zmian PKB, poziom stóp procentowych, stopy wzrostu cen (dóbr i usług konsumpcyjnych, zaopatrzeniowych, inwestycyjnych, produktów eksportowanych, produktów importowanych, relacji cen eksportowych i importowych, tj. *terms of trade* w handlu zagranicznym itp.), poziomy kursów walut obcych, poziom płac minimalnych, stawki ubezpieczeń społecznych itd.

Przewidywanie jest uzasadnione, zarówno w sytuacjach stabilnych, jak i niestabilnych. W sytuacjach stabilnych relacje uwzględnione w badaniu oraz siła związków między zmiennymi są mocną podstawą do wyprowadzania wniosków na przyszłość, bowiem efektem badania jest jednoznaczne ustalenie mechanizmów funkcjonowania badanego systemu gospodarczego w przyszłości. Dzięki temu zmniejsza się niepewność gospodarowania, a tym samym umożliwia się podejmowanie lepszych decyzji. Natomiast w sytuacjach niestabilnych przewidywanie umożliwia dokonanie oceny wpływu zakłóceń nietypowych na wartości badanych zmiennych.

Dlatego niezmiernie istotna jest świadomość decydentów potrzeby przewidywania, a zwłaszcza traktowania wyników jako jednej z podstawowych informacji niezbędnych do podjęcia decyzji optymalnych w danych warunkach.

Często jednak przydatność przewidywania jest kwestionowana. Wiąże się to z faktem, że w wielu przypadkach w praktyce nie są spełnione zasadnicze warunki naukowego przewidywania. Do warunków tych należy przede wszystkim zgodność celów zakładanych w badaniu z celami gospodarczymi, do których mają prowadzić podejmowane decyzje. Warunkiem ściśle z tym związanym jest zgodność zasad agregacji i klasyfikacji badanych obszarów oraz poziomu ich agregacji ze szczegółowością podejmowanych decyzji. Oczywistym warunkiem przydatności przewidywania naukowego w praktyce podejmowania decyzji jest także to, aby wyniki badania były znane odpowiednio wcześniej przed momentem podejmowania decyzji. Warunkami sprawnego systemu kierowania, opartego na prognozowaniu, analizach symulacyjnych i sterowaniu optymalnym, jest także pełny, sprawny i poprawny system kierowania, w tym gromadzenia, przepływu i przetwarzania informacji (sprawozdawczej, prognostycznej i planistycznej). Ponadto badania, o których mowa, muszą być prowadzone przez odpowiedniej klasy specjalistów, zatrudnionych przez kadrę menedżerską, świadomą zadań, przed którymi stoi, oraz złożoności uwarunkowań, w których funkcjonuje. Kadra taka musi umieć określić precyzyjnie cel i zakres badań, a następnie prawidłowo wykorzystać przedstawione jej wyniki.

Badania prognostyczne, analizy symulacyjne i sterowanie optymalne powinny być wykonywane systematycznie, przy czym każda ich następna edycja powinna być poprzedzona oceną wartości błędów *ex post* oraz badaniem przyczyn odchylenia każdej z wartości prognozowanych czy symulowanych od odpowiednich wartości rzeczywistych, które stały się znane w międzyczasie. Na tej podstawie należy dokonać odpowiednich modyfikacji modelu wyjściowego by następnie wykorzystać nową jego postać do przewidywania na następne podokresy.

Bibliografia

1. Barrell R., Holland D., *The NIGEM approach to modelling EU accession*, International Conference MACROMODELS 2002, Cedzyna, Poland, December 4-7.
2. Barteczko K., Bocian A., *Prognozowanie i symulacje makroekonomiczne*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Białymstoku, Białystok 2004.
3. Błaszczuk D.J., *Wprowadzenie do prognozowania, analiz symulacyjnych i sterowania optymalnego*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2014 (w druku).
4. Błaszczuk D. J., *Zarządzanie wiedzą w przedsiębiorstwach polskich w świetle teorii i badań empirycznych*, Acta Universitatis Lodziensis, Folia Oeconomica, 268, 2012.

5. Borodako K., *Foresight w zarządzaniu strategicznym*, Wydawnictwo C. H. Beck, Warszawa 2009.
6. Canon M.D., Cullum C.D., Polak E., *Sterowanie optymalne i programowanie matematyczne*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1975.
7. Dębski W., *Przewidywanie i analizy symulacyjne w biznesie. Podręcznik menedżera*, First Business College, Warszawa 1995.
8. Dittman P., *Prognozowanie w przedsiębiorstwie. Metody i ich zastosowania*, Oficyna Wydawnicza, Kraków 2003.
9. Fic T., Kolasa M., Kot A., Murawski K., Rubaszek M., Tarnicka M., *Model gospodarki polskiej ECMOD*, Materiały i Studia NBP Zeszyt 194, czerwiec 2005.
10. Gajda J.B., *Prognozowanie i symulacja a decyzje gospodarcze*, C.H. Beck, Warszawa 2001.
11. Gajda J.B., *Model ekonometryczny w optymalnym sterowaniu gospodarką*, PWE, Warszawa 1993.
12. Gajda J.B., *Wielorównaniowe modele ekonometryczne w praktyce*, Uniwersytet Łódzki, Łódź 1992.
13. Gajda J.B., *Wielorównaniowe modele ekonometryczne. Estymacja, symulacja, sterowanie*, PWN, Warszawa 1988.
14. Gedymin O., *Optymalne sterowanie procesami gospodarczymi*, PWN, Warszawa 1977.
15. Grabek G., Kłós B., Koloch G., *SOE^{PL 2009} – Model DSGE małej otwartej gospodarki estymowany na danych polskich. Specyfikacja, oceny parametrów, zastosowania*, NBP, Warszawa 2010.
16. Kłós B., Kokoszczyński R., Łyżiak T., Przystupa J., Wróbel E., *Modele strukturalne w prognozowaniu inflacji w Narodowym Banku Polskim*, Departament Analiz Makroekonomicznych i Strukturalnych NBP, Warszawa, październik 2005.
17. Kołodziejski M., *Foresight. Nowoczesne narzędzie planowania*, Innowacje, Biuletyn euro info nr 6 (08).
18. Kowalak J., *Sterowanie statystycznie optymalne w ekonometrycznych modelach wzrostu*, Akademia Ekonomiczna w Poznaniu, Poznań 1993.
19. Nazarko J., *Regionalny foresight gospodarczy. Metodologia i instrumentarium badawcze*, Związek Pracodawców Warszawy i Mazowsza, Warszawa 2013.
20. Panek E., *Optymalizacja procesów wzrostu gospodarczego w świetle teorii sterowania*, PWN, Warszawa-Poznań 1989.
21. Rychłowska-Musiał E., *Optymalne strategie rozwoju firmy w świetle teorii sterowania*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań 2003.

22. *Scenariusze jako instrument kreowania wiedzy w organizacji*, w: *Scenariusze, dialogi i procesy zarządzania wiedzą* (pod red. K. Perechudy i M. Sobińskiej), Difin, Warszawa 2008.
23. Stawicka M., *Zastosowanie metod scenariuszowych w przedsiębiorstwach w warunkach kryzysu*, w: *Przedsiębiorstwo wobec wyzwań globalnych* (pod red. A. Hermana i K. Poznańskiej), SGH, Warszawa 2008.
24. Welfe W., Welfe A., Florczak W. and Sabanty L., *The W8-2000 medium-term macroeconomic model of the Polish economy*, International Conference MACROMODELS 2002, Cedzyna, Poland, December 4-7.
25. Witkowska D., *Optymalne sterowanie na podstawie modeli ekonometrycznych. Analiza empiryczna makrorelacji w gospodarce polskiej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 1993.
26. Witkowska D., *System sterowania jako narzędzie wyznaczania optymalnych polityk gospodarczych*, w: „*Studia Prawno-Ekonomiczne*” 1/1992, t. XLIII.
27. Zaleski J., Tomaszewski P., Wojtasiak A., Bradley J., *Modyfikacja i aktualizowanie wersji modelu HERMIN dla Polski*, Wrocławska Agencja Rozwoju Regionalnego S. A., Wrocław 2004.