



Munich Personal RePEc Archive

A Critical Review of Major Approaches for Modeling Economic Expectations

Gerunov, Anton

Sofia University "St. Kliment Ohridski"

2014

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/68797/>

MPRA Paper No. 68797, posted 13 Jan 2016 14:20 UTC

Заглавие: Критичен преглед на основните подходи за моделиране на икономическите очаквания

Автор: д-р Антон Герунов
Катедра Икономика, Стопански факултет
Софийски университет „Св. Климент Охридски“

Адрес: Стопански факултет, каб. 505, бул. Цариградско шосе 125, София 1113,
Е-мейл: gerunov@uni-sofia.bg

Абстракт: Настоящата разработка прави критичен обзор на основните хипотези за формирането на икономически очаквания. Разглеждат се статичните и адаптивни очаквания, рационалните, очакванията, формираните чрез учене и базираните на хетерогенна информация и хетерогенни агенти. Очертават се основните им приложения и ограничения, като се извежда и оценка за състоятелността на подходите от гледна точка на нововъзникващата поведенческа макроикономика.

Ключови думи: икономически очаквания, рационални очаквания, хетерогенни очаквания, поведенческа макроикономика

Abstract: The study presents a critical review of the main schools of thought regarding the formation of economic expectations. The overview includes static and adaptive expectations, rational expectations, learning approaches, and heterogeneous agents and heterogeneous information approaches. Key applications and limitations are outlined, resulting in an overall evaluation of the presented hypotheses. This is also put in the context of the newly emerging field of behavioral macroeconomics.

Key words: expectations, rational expectations, heterogeneous expectations, behavioral macroeconomics

1.1. Въведение

Икономическата система е съставена от много на брой агенти, които си взаимодействат с цел постигане на максимална удовлетвореност от това взаимодействие. Тези взаимодействия, най-често дефинирани като математическа оптимизация на определени целеви функции, водят до динамично променящото се състояние на стопанската система във всеки момент. В динамичен план поведението на икономиката не е еднозначно определено. Тя може да клони към едно уникално и добре дефинирано равновесие (Solow, 1956; Koopmans, 1965), към някои от множествата определени равновесия (Chauvet & Guo, 2003) или да демонстрира неопределено хаотично поведение (de Grauwe, 2010; Brock and Hommes, 1998).

Тъй като индивиди и фирми оптимизират поведението си спрямо целия възможен хоризонт, бил той краен (Diamond, 1965) или безкраен (Koopmans, 1965) те неизбежно трябва да вземат под внимание бъдещи неизвестни реализации на някои ключови променливи при изграждането на оптимална програма на потребление, спестяване, инвестиции и производство. Накратко, агентите трябва да формират очаквания за бъдещите стойности на променливите, които ключово ще предопределят както поведението на икономическите субекти на индивидуално ниво, така и динамиката на стопанската система на агрегирано ниво.

Настоящата разработка прави критичен обзор на теоретичните и научни достижения при моделиране на икономическите очаквания в хронологичен ред – започвайки от статичните и адаптивни очаквания, преминавайки през рационалните и достигайки до очакванията формирани чрез учене и чрез хетерогенните възприятия на агентите. Прави се преглед и на някои основни приложения на различните категории очаквания, както и на ограниченията на определената парадигма. Обзорът на основните школи е хронологичен, като първо се фокусираме върху статичните и адаптивни очаквания, следвани от рационалните и формираните чрез процес на учене и завършваме с хетерогенните очаквания.

1.2. Статични и адаптивни очаквания

Определение

Хронологично най-ранно появили се, статичните очаквания са най-опростеният модел за представяне на формиране на нагласите на агентите относно бъдещата динамика на системата. Те допускат, че при ниска волатилност на прогнозираната променлива и при ограничена информация и/или рационалност на агента, за него е логично да екстраполира за следващия период в бъдещето стойността на дадената променлива в настоящия период (Evans and Honkapohja, 2001), или:

$$E_t[x_{t+1}^e] = x_t. \quad (1)$$

Това означава например, че при наблюдавано ниво на инфлация в период t , агрегираните очаквания на агентите за инфлацията в период $t+1$ ще бъдат равни на същото число. Подобен подход има значителното предимство, че информацията за бъдещите очаквания е вече налична в настоящия период. Ако агентите екстраполират настоящия тренд, то и моделиращият икономист има еднозначно определена и налична мярка за очакванията им.

Освен това някои резултати от поведенческата икономика показват, че е възможно част от агентите да използват прости евристики при прогнозирането си (Barberis & Thaler, 2002), което насочва към идеята, че статичните очаквания може да описват поведението на част от агентите. Емпиричните изследвания показват, че известен брой от агентите в действителност отговарят на това описание (Branch, 2004). Въпреки че този подход допуска силно ограничени когнитивни усилия от страна на агентите, той служи като естествена идеализирана точка на неоптималното поведение тъй предполага използването на абсолютен минимум от информация и се използва като граничен случай при моделирането (Chen et al., 2008). Като следваща стъпка при по-реалистичното моделиране на очакванията се явяват адаптивните очаквания, формално въведени през петдесетте и шестдесетте години на миналия век в трудовете на Nerlove (1958), Cagan (1956), Friedman (1957).

Този вид механизъм на дефиниране на очакванията е базиран на идеята, че икономическите агенти формират вярванията си за бъдещото по определен начин и след това ревизират тези си очаквания според наблюдаваните реализации – тоест, те адаптират очакванията си към реалното развитие на икономическата среда с определен коефициент на пропорционалност λ , като $0 < \lambda < 1$.

Ако с $E_t[x_{t+1}]$ означим очакванията, то формулировката на адаптивният механизъм е от следния вид:

$$E_t[x_{t+1}] = E_t[x_{t+1}] + \lambda(x_t - E_t[x_{t+1}]). \quad (2)$$

Преобразувайки този израз се достига до:

$$E_t[x_{t+1}] = \lambda x_t + (1 - \lambda)E_t[x_{t+1}]. \quad (3)$$

В тази интерпретация на механизма коефициентът λ се разглежда като относителната тежест, която агентът отдава съответно на реализацията в текущ период и на формираните очаквания. При $\lambda = 1$, адаптивният механизъм се превръща в статичен такъв (уравнение(1)).

При последователно заместване на променливата, за която са формирани очаквания в уравнение (3), се получава:

$$E_t[x_{t+1}] = \lambda x_t + (1 - \lambda)(\lambda x_t + (1 - \lambda)E_t[x_{t+1}]). \quad (4)$$

След алгебрични преобразувания, тази формулировка води до

$$E_t[x_{t+1}] = \lambda x_t + \lambda(1 - \lambda)x_{t-1} + (1 - 2\lambda - \lambda^2)E_t[x_{t+1}]. \quad (5)$$

В уравнение (5) очакванията $E_t[x_{t+1}]$ могат също да бъдат заместени с техния съответстващ израз от формулировката (3) и така итеративно процесът да продължи до началото на желания хоризонт. Това ще доведе до все по-намаляващ ефект на вече формираните очаквания $E_t[x_{t-j}]$ в дадения период j , като в граничния случай значението им ще бъде безкрайно малко. Това означава, че процесът, който предопределя формирането на очакванията, ще зависи от предишните реализации на параметъра и от това колко минали периоди агентите включват в настоящата си прогноза. По тази логика адаптивните очаквания могат да бъдат моделирани с авторегресионен процес с подходящ брой лагове от следния тип:

$$E_t[x_{t+1}] = \beta_t x_t + \beta_{t-1} x_{t-1} + \dots + \beta_{t-j} x_{t-j} = \sum_{i=0}^j \beta_{t-i} x_{t-i}. \quad (6)$$

Това е и една от най-често използваната емпирична спецификация на адаптивните очаквания, като броят на лаговете се определя според подходящ информационен критерий. При наличие на информация за формираните очаквания, се използва и оригиналната спецификация в уравнения (2) и (3).

Приложение на подхода

Адаптивните очаквания намират широко приложение още от въвеждането им през петдесетте години на XX век. В едно от първите им приложения Sagan (1956) разглежда динамиката на хиперинфлациите в модел, при който агентите очакват промяната на ценовото равнище да бъде пропорционална на наблюдаваното в минал период. Моделът предполага наличието на две равновесия с различни нива на инфлация при еднакъв сенъораж. Адаптивният механизъм води до ключовия извод, че паричните власти могат да генерират сенъораж над равновесния поне за определен период от време, тъй като агентите не приспособяват паричните баланси, които поддържат, с достатъчно висока скорост.

През петдесетте години на миналия век, Фридман (Friedman, 1957) публикува своето изследване върху потреблението – *Теория на функцията на потребление*, която изследва въпроса защо потреблението е относително постоянно в дълги времеви редове, въпреки сравнително по-ниските стойности на пределната склонност към потребление през разглеждания период. Този емпиричен факт налага извода, че потреблението зависи не само от настоящия разполагаем доход, но и от очакваните бъдещи доходи, като тези очаквания са моделирани чрез адаптивен механизъм, или т.нар. Хипотеза за постоянния доход. Ранните приложения на адаптивните очаквания включват и моделиране на очакваните цени при паяжинен модел на пазара (Nerlove, 1958). Разглежда се пазар, дефиниран от линейни функции на търсене и предлагане, като предлагането се определя от очакваните цени за дадения период, формиран в края на предишния период. Адаптивният механизъм поставя под съмнение дали моделът винаги клони към равновесие, при което търсенето се изравнява с предлагането. При определени макар и ограничени стойности на параметрите, адаптивните очаквания могат да доведат до експлозивни траектории към модела поради високата инерция, която те враждат в стопанската система.

След първоначалните изследвания на адаптивните очаквания, те стават стандартно средство за моделиране на икономическите агенти през 60-те и 70-те години на двадесети век, като продължават да се използват и до настоящия момент в широк спектър от свързани с икономиката дисциплини (Dubois & Holmberg, 2009). Следва да се подчертае и изключително широкото им използване при моделиране на групи от агенти на финансовите пазари (Gauersdorfer, 2000; Naruy et al., 2007; Hayward, 2011; Sordi & Vercelli, 2012). Макроикономическите приложения на адаптивните очаквания често моделират вярванията за бъдещите нива или динамика на ценовото равнище като зависими от миналата динамика (Ball, 2000; Agliari et al., 2006). За конкретност ще изведем основните резултатите на адаптивните очаквания от опростен модел на съвкупно търсене и предлагане, модифицирана версия на Mankiw & Reis, 2002. При зададена икономика, в която фирмите не променят цените си едновременно (базирана на модела на Calvo, 1983), желаната цена

на дадена фирма зависи от общото ценово равнище P и от нивото на отклонение на производство то от потенциала му Y (или производствения разрив). Ако обозначим с P^* цената, която фирмата би искала да постигне, то е в сила зависимостта:

$$\log P^* = \log P + \alpha \log Y, \quad (7)$$

където α е параметър, отчитащ чувствителността на цените спрямо разрива.

За удобство ще означим логаритмите с малки букви, тоест $\log P^* = p^*$, $\log P = p$ и $\log Y = y$, като последният член има интерпретацията на производствен разрив, ако потенциалния брутен продукт е нормализиран към нула. Това ще доведе до уравнението:

$$p_t^* = p_t + \alpha y_t. \quad (8)$$

Следва да отбележим, че това уравнение предполага относителната цена, която фирмата определя, да е в зависимост от общото икономическо състояние – тя се увеличава при възход и намалява при икономически спад:

$$p_t^* - p_t = \alpha y_t. \quad (9)$$

Това е така, тъй като пределните разходи за производство растат непропорционално при увеличеното търсене, което и води до оптимално увеличение на относителната цена на продукта на фирмата. Ако фирмите не обновяват цените си постоянно, то промяната на цените им ще бъде претеглена сума от настоящата цена и всички бъдещи очаквани цени с намаляваща тежест λ , което може да бъде описано със следното уравнение:

$$p_t = \lambda \sum_{j=0}^{\infty} (1-\lambda)^j E_t [p_{t+j}^*]. \quad (10)$$

Следва да отбележим, че в уравнение (10) влиянието на миналите периоди прогресивно намалява, така че се гарантира сходимост на редицата и оттам – определеност на цената. Тук и по-долу с $E_t [p_{t+j}^*]$ са обозначени очакванията на дадената фирма. Ако механизмът за формиране на очакванията е адаптивен, то уравнение (10) се редуцира до:

$$x_t = \lambda \sum_{j=1}^{\infty} (1-\lambda)^j p_{t-j} \quad (11)$$

Общото ценово равнище е претеглена средна от цените, които всички фирми поставят на продуктите си, или:

$$p_t = \lambda \sum_{j=0}^{\infty} (1-\lambda)^j x_{t-j} \quad (12)$$

Решавайки този модел за инфлацията $\pi_t \equiv p_t - p_{t-1}$, достигаме до следното уравнение, което е и познатата форма на новата Кейнсианска крива на Филипс:

$$\pi_t = \left[\frac{\alpha \lambda^2}{1-\lambda} \right] y_t + E_t [\pi_{t+1}] \quad (13)$$

В тази интерпретация инфлацията зависи както от общото състояние на икономиката, и по-специално от производствения разрив, така и от инфлационните очаквания на агентите. Първият член отговаря на инфлацията, предизвикана от натиска на разхода, а вторият – на инфлационната

инерция, предизвикана от очакванията. Обичайно е при тази интерпретация да се добави и член, отговарящ за инфлацията причинена от външни шокове ε_t , или:

$$\pi_t = \left[\frac{\alpha\lambda^2}{1-\lambda} \right] y_t + E_t[\pi_{t+1}] + \varepsilon_t. \quad (14)$$

При адаптивно формиране на очакванията и $\left[\frac{\alpha\lambda^2}{1-\lambda} \right] = \beta$, уравнение (14) се редуцира до:

$$\pi_t = \beta y_t + \pi_{t-1} + \varepsilon_t. \quad (15)$$

Уравнение (15) представлява обичайната формулировка на кривата на Филипс с адаптивни очаквания и има интерпретацията на крива на съвкупно предлагане. Ще допълним модела, като добавим и крива на съвкупно търсене в духа на количественото уравнение, като с M е означена номиналната парична маса, с V – скоростта на обращение, с P – ценовото равнище, а с Y – производството:

$$MV = PY. \quad (16)$$

Означавайки с малки букви логаритмите на величините в (16) и допускайки нулева промяна на скоростта на обращение на парите, достигаем до една опростена спецификация на уравнението на съвкупното търсене:

$$m = p + y \Rightarrow y = m - p. \quad (17)$$

Уравнения (15) и (17) и допускането за екзогенен процес на определяне на номиналната парична маса задават икономика, която оперира в състояния на адаптивни очаквания за ценовото равнище. В този модел са видни и основните изводи при адаптивното формиране на очаквания (вж. например Blanchard & Fischer, 1989):

1. Отрицателен шок върху съвкупното търсене води до много бавно намаление на нивото на инфлация.
2. Положителен шок на съвкупното търсене води до сравнително по-бавно увеличение на нивото на инфлация спрямо алтернативни спецификации с рационални очаквания.
3. Дезинфлацията от страна на Централната банка винаги предполага загуба на реално производство – и оттам благосъстояние – независимо дали е очаквана от обществеността или не.
4. В модел с адаптивни очаквания паричните власти могат да изберат нивото на заетост при зададено ценово равнище чрез разширяване или намаляване на паричното предлагане.

Някои от основните резултати на моделите с адаптивни очаквания се дължат на това, че агентите използват минали реализации на променливата, за която формират очаквания, което внася значителна инерция в поведението им. Тази инерция в поведението се отразява и върху настоящите реализации и чрез адаптивния механизъм се пренася и в новите прогнози на агентите.

Критики и ограничения

Основната критика към адаптивното формиране на очакванията е, че то противоречи допускането за икономическа рационалност. Адаптивният механизъм допуска, че дори при налична информация, която би могла да доведе до по-оптимално решение, носещо допълнителна

полезност, икономическият агент няма да я използва. Това е необоснована пропусната полза за взимания решения и той би следвало да се стреми да я избегне (Lucas, 1972; Mishkin, 1983).

От друга страна, адаптивните очаквания са формирани на база изцяло на минали данни и реализации, докато икономическите агенти разполагат с богат набор от настоящи новини (пр. информация за промяна на режима на икономическо управление) и бъдещи прогнози, които могат да използват при определяне на своето поведение. Доброволният отказ от икономическа информация е и поведенчески необоснован.

Поради тези причини адаптивните (или екстраполативни) очаквания излизат извън основният поток на икономическото мислене през 80-те и 90-те години на миналия век. Неочаквано в тяхна защита се явяват достиженията на поведенческата икономика. В светлината на икономически експерименти и резултати от психологията се доразвива хипотезата на Хърбърт Саймън (Simon, 1957) за ограничената рационалност. Предвид огромният обем информация, който икономическият агент трябва да обработи и обективните му когнитивни ограничения, в някои моменти е рационално да пренебрегне информация или дори да формира грешни прогнози ако пределната загуба от грешката е сравнително малка (Camerer, 2003; Vissing-Jorgensen, 2004; Baker & Wurgler, 2011). По този начин дори използването на методи за прогнозиране, които систематично дават погрешни резултати (като адаптивната прогноза), може да е рационално при определени обстоятелства.

Експериментални данни също дават основание за подобно заключение – в икономически експеримент върху финансови пазари, Hommes et al. (2005) откриват, че голяма част от очакванията на участващите могат да бъдат моделирани като прости авторегресионни процеси в духа на уравнение (6). Изследването на икономическите системи от гледна точка на нелинейната им динамика също дава известни основания за включването на адаптивния механизъм в изследователската програма на икономистите. Ако икономическите системи действат като динамични нелинейни системи, рационалното прогнозиране не е възможно, а екстраполативното такова не дава систематично грешни резултати, което и прави адаптивното формиране на очакванията един потенциално рационален механизъм (Agliari et al., 2006).

1.3. Рационални очаквания

Определение

Рационалните очаквания пренасят основните подходи и изводи от Теория на полезността при разглеждането на агентите от страна на макроикономическата теория – те са моделирани като съвършено рационални индивиди, както при взимане на междувремеви оптимизационни решения, така и при максималното използване на пълния възможен набор от информация при прогнозиране на важните за решенията им променливи. В този смисъл те са концептуализирани от някои автори като опит за свързване на детерминизма на неокласическата теория с практиката на иконометрията, ориентирана към теория на вероятностите (Sent, 1999).

В едно от най-ранните определения Мут (Muth, 1961) дефинира рационалните очаквания, като съвпадащи с прогнозата на икономическата теория за определената променлива. Ако означим с Θ_t множеството от цялата налична информация, която има отношение към прогнозната стойност на определена променлива x_t , то рационалните очаквания могат да бъдат изразени със следното уравнение:

$$E_t[x_{t+1}] = E[x_{t+1} | \Theta_t]. \quad (18)$$

На практика това означава, че при формирането на прогнозата за дадена променлива, например ценовото равнище, агентите ще използват целия наличен времеви ред от стойности, ще включат други променливи, които имат отношение към процеса (пр. производствен разрыв и структура на шоковете), и ще използват възможно най-добрия икономически модел, за да формулират своята прогноза.

Важно е да подчертаем, че хипотезата за рационалните очаквания не допуска, че прогнозите на икономическите агенти задължително са безгрешни. Възможно е да има големи отклонения между очакваните и реализирани стойности, но рационалността диктува, че при наличие на систематична грешка агентите ще я елиминират с цел подобряване на прогнозата си (Mishkin, 1983). Това означава, че очакваната грешка при наличната информация в дългосрочен план е нула, или:

$$E[x_{t+1} - x_t | \Theta_t] = 0. \quad (19)$$

Емпиричното изследване на рационални очаквания се сблъсква с редица обективни предизвикателства: дори сред икономистите остава спорен въпросът кой е „верният“ модел, който най-добре описва системата, какъв е оптималният баланс между краткост и пълнота, както и някои чисто иконометрични изчислителни проблеми.

Стандартен подход в емпиричната литература е рационалните очаквания да бъдат операционализирани като резултата на прогностичен модел на векторна авторегресия (вж. например Mankiw et al., 2004; Branch, 2004). Това води до операционална дефиниция на рационалните очаквания от следния вид:

$$\begin{bmatrix} x_{1,t+1} \\ x_{2,t+1} \\ \dots \\ x_{n,t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_n \end{bmatrix} + A_1 \begin{bmatrix} x_{1,t} \\ x_{2,t} \\ \dots \\ x_{n,t} \end{bmatrix} + A_2 \begin{bmatrix} x_{1,t-1} \\ x_{2,t-1} \\ \dots \\ x_{n,t-1} \end{bmatrix} + \dots + A_j \begin{bmatrix} x_{1,t-j} \\ x_{2,t-j} \\ \dots \\ x_{n,t-j} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1,t+1} \\ e_{2,t+1} \\ \dots \\ e_{n,t+1} \end{bmatrix}. \quad (20)$$

В уравнение (20) с x_1 е означена променливата която агентът прогнозира, а с останалите $x_i, i \geq 2$ са означени другите системни променливи. Векторът c е вектор от константи, e – вектор от остатъци, а с A_1, A_2, \dots, A_j са означени матриците от коефициенти в модела. Следва да подчертаем съществуването на алтернативни дефиниции на рационалност, като абсолютната рационалност предполага прогнозата на агентите точно да съвпадне с бъдещата реализация на променливата, или:

$$E_t[x_{t+1}] = E[x_{t+1} | \Theta_t] = x_{t+1}. \quad (21)$$

Макар че подобна формулировка е изключително удобна от математическа гледна точка при решаване на конкретни икономически модели, то на дневен ред стои въпросът доколко тя е реалистична.

Приложение на подхода

Макар че основни идеи за рационалност на агентите са свързват и с по-ранни периоди подходът на рационалните очаквания става доминиращ в икономиката през 70-те години (Forder, 2010). Това той е аналитично изследван (Blanchard & Kahn, 1980) и до настоящия момент представлява основен инструмент за моделиране на икономическите очаквания (Mankiw, 1990; de Grauwe, 2010; Иванова и Лазаров, 2001). В едно от първите му приложения Muth (1967) разглежда пазарите за земеделски стоки в рамките на паяжинен модел с рационални очаквания и ги сравнява с алтернативни спецификации. Това изследване открива, че въвеждането на идеята за рационални очаквания носи различни условия за стабилност, но и доближава модела до реално наблюдаваните явления на земеделските пазари.

През 1972 Lucas публикува изследване за връзките между предлагането на номинални пари и ефекта му върху съвкупното производство в условия на рационални очаквания, като открива, че дори при рационално формирани прогнози паричната маса влияе върху реалното предлагане. Това изследване е и едно от първите, които обосновават съвместимостта между рационалност и липсата на неутралност на парите в съвременните икономики. Fisher (1977) моделира икономика, при която номинални негъвкавости и по-специално фиксирани периоди на трудовите договори позволяват полезен ефект на паричната политика. Ранни изследвания за макроикономическите ефекти на рационалните очаквания включват също така Sargent & Wallace (1975) и, особено важно, Lucas, 1976. В Lucas (1976) е формулирана т.нар. *критика на Лукас*, която твърди, че в условия на динамично формирани рационални очаквания икономическата политика е безсилна, тъй като в момента, в който тя се опита да използва формирани устойчиви зависимости, те ще се променят.

След първоначалните успехи рационалните очаквания намират широко приложение в изследване на потреблението в условия на несигурност (Hall, 1988), взимане на инвестиционни решения и моделиране на финансови пазари (Mishkin, 1983; Hayward, 2011), моделиране на общата икономическа динамика (McCallum, 1980; Fuhrer & Olivei, 2010; Sugema & Bakhtiar, 2010; Adam & Padula, 2011) и много други икономически решения.

За да очертаем основните макроикономически изводи от система с рационално формирани очаквания, ще разгледаме опростен макроикономически модел, сходен с този разгледан в раздел 1.1., базиран върху Lucas (1973). В икономиката са дадени фирми, произвеждащи блага, използвайки труд като основен фактор на производство. В резултат на оптимизационно поведение, фирмите предлагат количество стока в зависимост от относителната цена на дадената стока спрямо общото ценово равнище, като малките букви означават логаритми на съответните променливи:

$$q_i = \alpha(p_i - p), \quad (22)$$

където с q_i е означено количеството от благо i , което фирмата произвежда, p_i е цената му, а p е общото ценово равнище, като всички те са изразени като логаритми. С α е означена чувствителността на произведеното количество към относителните цени.

С x_i означаваме относителната разлика в цените, така че:

$$x_i = p_i - p. \quad (23)$$

Оттук и уравнение (23) се редуцира до

$$q_i = \alpha x_i. \quad (24)$$

Тъй като относителната разлика в цените не е наблюдаема от страна на икономическите агенти, а е известна само цената на тяхната стока, те трябва да формират очаквания за това каква е стойността на x_i , или:

$$q_i = \alpha E[x_i | p_i] \quad (25)$$

Формирайки очакванията си рационално, агентите правят допускания за статистическото разпределение на отделните променливи и изчисляват математическото очакване на прогнозната си променлива. При допускане за нормално разпределение на променливите, то очакването на едната променлива е линейна функция от наблюдаваната стойност на другата, или:

$$E[x_i | p_i] = \delta_1 + \delta_2 p. \quad (26)$$

Уравнение (26) може да бъде представено и като функция от дисперсиите (Var) и математическите очаквания на променливите (E):

$$E[x_i | p_i] = \frac{\text{Var}[x]}{\text{Var}[x] + \text{Var}[p]} E[p] + \frac{\text{Var}[x]}{\text{Var}[x] + \text{Var}[p]} p_i = \frac{\text{Var}[x]}{\text{Var}[x] + \text{Var}[p]} (p_i - E[p]). \quad (27)$$

Замествайки уравнение (27) в индивидуалната крива на предлагане (25) достигаме до:

$$q_i = \alpha \frac{\text{Var}[x]}{\text{Var}[x] + \text{Var}[p]} (p_i - E[p]) = \beta (p_i - E[p]). \quad (28)$$

Осреднявайки тези резултати върху фирмите от икономиката, се получава кривата на предлагане на Лукас, или:

$$y = \beta (p - E[p]). \quad (29)$$

Уравнение (29) показва, че производственият разрыв се увеличава с неочакваното увеличение на ценовото равнище. Това уравнение представлява и кривата на Филипс за тази икономика, като по същество повтаря основните допускания от уравнение (9), но с по-ясни микроикономически основи (вж. Lucas, 1972; Romer, 1996). Към модела добавяме и опростената крива на предлагане от уравнение (17), достигайки до следното описание на икономиката:

$$\begin{aligned} y &= \beta (p - E[p]) \\ p &= m - y. \end{aligned} \quad (30)$$

По подобие на (15) от (30) може да се изведе крива на Филипс за инфлацията, като адаптивният член на очакванията π_{t-1} е заменен с математическото очакване при използване на всички налични данни $E[\pi_{t+1} | \Omega]$:

$$\pi_{t+1} = \phi y_t + E[\pi_{t+1} | \Theta_t] + \varepsilon_t. \quad (31)$$

Уравнение (31) е и формулировката на един вариант на новата Кейнсианска крива на Филипс с рационални очаквания. От изведения модел (30) следват и основните изводи за икономическата система в режим на рационални очаквания (Blanchard & Fisher, 1989):

1. Отрицателен натиск върху съвкупното търсене води до по-бързо намаление на ценовото равнище спрямо адаптивният случай.
2. Аналогично, положителен натиск върху производството води до ускоряване на инфлацията в процес при който агентите веднага рационално увеличават цените.
3. Неочакваната политика за намаляване на инфлацията от страна на Централната банка води до загуба на производство. Очакваната дезинфлация може да не доведе до загуба на производство и оттам благосъстояния, ако агентите достатъчно бързо формират и закотвят очакванията си към новите ценови равнища. При модели с рационални очаквания особено важна е достоверността на политиките на Централната банка.
4. В модел с рационални очаквания паричните власти не могат да поддържат заетост над естествената норма чрез разширено парично предлагане и оттам инфлация. Агентите започват да очакват ускоряващата се инфлация, което и намалява ефекта върху съвкупното предлагане.

Тези изводи водят до съмнение доколко активистката парична политика има желаните от паричните власти резултати. Рационалните агенти използват наличната информация и познания за структурата на икономиката, така че те очакват резултатите от политиката. Вграждайки това свое очакване в действията си, те би следвало да ограничат обхвата на резултатите. Например, увеличението на паричната маса следва да доведе до разширено производство. Знаейки за това увеличение, агентите ще ревизират нагоре инфлационните си очаквания, така че ще има увеличение само на ценовото равнище без реално разширение на икономиката.

Въпреки това, емпирично се наблюдава значителен ефект при промяна на номинални величини (пр. парична база) върху реалните агрегати (Mankiw, 2001), което и дава основание за провеждане на икономическа политика. Основните обяснения за този феномен в модели с рационални очаквания са следните:

- Асиметрична информация – паричните и фискални власти разполагат с по-добра информация от тази, която обществеността използва за формиране на очаквания.
- Номинални негъвкавости – редица договори в икономиката са фиксирани (пр. заплати, договори с доставчици и др.), което означава, че дори при промяна на очакванията агентите не могат веднага да променят производствените си планове.
- Реални негъвкавости – невъзможността някои реални цени и заплати да достигнат до равновесието, което пазарът би предположил (поради монополна власт или ценообразуване с фиксирани надценки).

При всички случаи следва да подчертаем, че моделите, базирани на рационални очаквания водят до математически оптимално поведение на агентите, включително при сложни проблеми на междувремева оптимизация. Рационалните очаквания гарантират, че икономиката ефективно използва наличната информация, което и води до по-класически режим на действие на

стопанската система, дори в средносрочен план. Както икономическата политика, така и възможностите за свръхнормална печалба са ограничени чрез арбитраж от страна на агенти с рационални очаквания. В рамките на финансовите пазари тази парадигма е основна при формулирането на Хипотезата за ефективните пазари (Fama, 1970; 1991).

Критики и ограничения

Рационалността на агентите често е обект на сериозна критика. Редица автори (Sunder, 1995; Camerer et al., 2001; Camerer, 2003) смятат, че тя не е защитима от поведенческа гледна точка, тъй като предполага твърде силни допускания за възможностите на агентите да събират и обработват информация. Икономическите експерименти показват чести нарушения на основните аксиоми, като агентите имат ясна тенденция да показват времева непоследователност при дисконтирането на бъдещо потребление, проблеми при многократно итерация на оптимизационни проблеми и тенденция за избирателно възприемане на информацията (за подробен преглед виж Baker & Wurgler, 2011), което пречи на адекватното формиране на рационални очаквания.

Допълнителна критика в тази посока е асиметричността на информацията – не всички агенти разполагат с една и съща информация, което и предполага нуждата от алтернативни механизми за формиране на очакванията (Orphanides & Williams, 2003). Поддръжниците на този тип моделиране често го обосновават като разумно приближение на реалното поведение на агентите, което логически следва от допусканията за индивидуалното поведение в статичен план. На практика в редица случаи допускането за рационално формиране на очаквания не е потвърдено в емпиричен план.

Докато първите изследвания за рационалност не винаги достигат еднозначен отговор (Pesando, 1975; Friedman, 1980; Mishkin, 1983), по-нататъшни резултати формират зараждащия се научен консенсус, че хипотезата за рационални очаквания не може напълно да обясни процеса (Das & van Soest, 1997, 1999; Bonham & Cohen, 2001; Dave, 2011). Изследването на макроикономическата динамика показва, че моделирането на очакванията като рационални обяснява много трудно някои емпирично наблюдавани устойчиви връзки, като например тази между инфлация и безработица (Ball, 1994; Mankiw, 2001). В едно изследване Acemoglu & Scott (1994) тестват потребителските очаквания за рационалност и чрез поредица от регресии върху проучвания на потребителските нагласи отхвърлят хипотезата, че реално формираните очаквания отговарят на модела за рационалност. Това изследване потвърждава резултатите от редица други с различни данни и алтернативни спецификации на моделите (вж. например Mankiw and Campbell, 1989; Carroll et al., 1994; Mankiw et al., 2004). Ball & Croushore (2001) откриват систематични разминавания между рационалните очаквания и реално наблюдаемите такива при изследване на ефектите на паричната политика.

Невъзможността на моделирането на очакванията като рационални да обясни ключови факти от макроикономическата динамика (Ball, 2000; Mankiw, 2001), както и проблемите при интерпретация на реално наблюдаеми анкетни очаквания като изцяло рационални (Mankiw et al., 2004), водят до усилено използване на икономическите експерименти за проследяване на реалният

процес на формиране на прогнози и ефекта му върху достигане на пазарно равновесие. В един подробен обзор, Sunder (1995) обобщава резултатите от десетки експерименти:

- Разпространението и обобщаването на информация само чрез механизма на търговията е по принцип възможно, което прави рационалните очаквания принципно възможни.
- Рационалните очаквания не могат да бъдат достигнати веднага, прецизно или без достатъчен брой повторения.
- Твърдението, че рационални очаквания и съответстващото им пазарно равновесие се постигат във всяка пазарна среда, не е защитимо. Отсъствието на възможности за арбитраж не е достатъчно доказателство за наличието им.

По-нови експерименти потвърждават тези заключения. Adam (2007) изследва експериментално монетарна икономика с негъвкави цени. При равновесие на рационални очаквания производството и инфлацията не би следвало да се отклоняват значително от фундаменталните си стойности. На практика, отклоненията са устойчиви и големи по размер, тъй като очакванията на участниците в експеримента не отговарят напълно на условията за рационалност. Bernasconi et al. (2009) използват експериментална постановка с реални данни от европейските икономики и откриват, че очакванията на агентите не отговарят на рационалните такива, но и не могат да бъдат моделирани като адаптивни.

Hommes et al. (2008) моделират експериментално финансов пазар, при който участващите следва да предвидят цената на рисков актив за следващ период. Прогнозите им систематично се отклоняват от рационалните такива, като в повечето експерименти се генерират ендеогенни балони – цени системно над фундаменталните си стойности. Интересното в случая е, че без изрична координация участниците започват да прилагат обща стратегия за прогнозиране, показвайки, че поведенческите характеристики и влиянието на средата са ключови при формиране на очакванията. Подобни заключения се открояват и при експерименти върху финансови пазари и формиране на очаквания за възвръщаемост (Bottazzi et al., 2011).

Реално наблюдаеми данни на неагрегирано ниво също потвърждават тези резултати. Разглеждайки микроикономически панел от производствени предприятия, Dave (2011) открива, че данните за техните очаквания не са съвместими с хипотезата за рационалност. Въпреки растящата критика към подхода на рационалните очаквания, те остават основен инструмент за моделиране на прогнозите, които икономическите агенти правят. Това се дължи на редица причини, сред които следва се спомене тяхната аналитична елегантност и съвместимост с основните допускания на неокласическата икономическа школа за индивидуалното поведение.

Рационалните очаквания също така представляват една пълноценна нормативна теория, която описва оптималното прогнозиране в условия на междупериодна оптимизация, което ги и прави един естествен идеален тип, с който реалното поведение може да бъде сравнено – една от причините те да се смятат и за едно от най-важните постижения на икономическата наука през 20-ти век (Buchanan et al., 2001). Допълнително, поведенчески експерименти показват (Camerer, 2003), че поведението на агентите в много случаи се доближава до рационалното такова при увеличаване на количеството стимули („залозите“), както и при многократно повтаряне на даденото действие (или игра). При дадени условия може да бъде постигната рационалност, или

поне поведение, което е силно нейно приближение. Това не е изпълнено при всички пазарни структури. Нерационалността може да бъде последователна и да има системно важен ефект върху икономическите взаимодействия (Chauvet & Guo, 2003), което и налага по-прецизно моделиране на очакванията. Прецизирането на прогнозният механизъм на агентите е и същността на изследователската програма, която отслабва допусканията на съвършената рационалност с цел да добави реализъм и да подобри емпиричната валидност на икономическите модели.

1.4. Очаквания, формирани чрез учене

Определение

Основните критики към моделите с рационалните очаквания намират сериозен отзвук в макроикономическата изследователска програма. След големите успехи на рационалния подход през 70-те и 80-те години на миналия век, последните две десетилетие отбелязват опити за преработка на това прогнозиране, които да бъдат едновременно математически решими и икономически издържани. Основен кандидат в тази посока е идеята за формиране на очакванията чрез учене от страна на икономическите агенти, като една от първите ѝ формализации е Sargent (1993), а е допълнително разработена от редица автори, най-забележително от Evans & Nonkarohja (2001). Основната идея на този подход е, че икономическите агенти нямат възможност за цялостно наблюдение върху структурата на икономиката, стойностите на параметрите и точните връзки между тях, т.е. те не наблюдават „реалния закон за движението“¹ на системата.

Те се опитват да пресметнат статистически неизвестните параметри, формирайки възприятия за закона за движението на системата². След първото изчисление, агентите обновяват постоянно своите иконометрични оценки, използвайки новите данни, до които имат достъп. Същността на този подход, накратко, е че всички взимащи решения в икономиката действат като иконометрици, които търсят нови и по-добри оценки на параметрите на база на нови данни – т.е. те се учат адаптивно от предишните реализации и така подобряват прогнозата си (вж. Evans & Nonkarohja, 2001; Evans & Nonkarohja, 2001a).

Ако означим с x_t променливата (или векторът от променливи), която трябва да бъде прогнозирана, с $E_t[x_{t+1}]$ – очакванията, с Y_t - вектор от наблюдаеми променливи, а с θ_{t-1} - вектор от променливи, които еволюират спрямо времето, то адаптивното научаване предполага:

$$x_t^e = \Psi(Y_t, \theta_{t-1}). \quad (32)$$

При адаптивното учене прогностичното правило $\Psi(Y_t, \theta)$ е базирано на определен иконометричен модел (т.е. на възприятие за закона за движение), а векторът θ е вектор от неизвестни параметри, които трябва да бъдат изчислени, така че правилото $\Psi(Y_t, \theta)$ да бъде приложено. Прогностичната постановка се завършва с добавяне на правило за изчисляване на θ и за обновяване на използваните данни:

$$\theta_t = \varphi(t, \theta_{t-1}, Y_t). \quad (33)$$

¹ Real law of motion

² Perceived law of motion

За удобство това често се записва в итеративен вид, или:

$$\theta_t = \theta_{t-1} + \gamma_t Q(t, \theta_{t-1}, Y_t). \quad (34)$$

В уравнение (34) параметърът γ_t е детерминистична ред от потенциални подобрения на прогнозата, които определят доколко обновяването ѝ ще бъде чувствително към добавените нови данни. В емпиричен план адаптивното учене най-често се прилага като агентите изчисляват редуцирана форма на икономическите модели по метода на най-малките квадрати и периодично обновяват оценките на параметрите от реализациите на прогнозираната и другите променливи според дадения модел. Струва си да се отбележи, че този подход често води до асимптотично постигане на рационални очаквания (Evans & Honkapohja, 2001).

Приложение на подхода

Формирането на очаквания чрез адаптивно учене се използва в широк спектър от приложни и теоретични икономически разработки. На практика всички ситуации, в които икономическият агент следва да осъществи многопериодна оптимизация, като за целта формира някаква прогноза за важните променливи, се поддават на моделиране чрез адаптивно научаване. В известен смисъл, адаптивното учене е по-широкоспектърен инструмент от рационалните очаквания поради две основни причини:

- Допусканията за рационалност и информация, наложени върху прогнозиращите индивиди или фирми са значително по-слаби, отколкото в случая на съвършено рационалните очаквания.
- При подходящи стойности на параметрите от вектора θ_t (уравнение (34)), статичните, адаптивните и рационалните очаквания са частни случаи на по-общия механизъм на адаптивно научаване $\Psi(Y_t, \theta_{t-1})$, уравнение (32).

Механизмът на адаптивното научаване при формиране на очаквания е използван при изследване на микроикономическо поведение при спестяване и инвестиции – Bernasconi & Kirchkamp (2000) използват модел с припокриващи се поколения при икономически експеримент върху спестяването и откриват, че адаптивното научаване по-добре отговаря на поведението на участниците в експеримента. Този механизъм е подходящ за моделирането на различни по мащаб икономически явления – от отделни пазари, като финансовите такива (Timmermann, 1993) чак до мащабни социо-икономически системи (Marimon et al., 1993; Grandmont, 1998). Допълнително, като частично признание за този механизъм може да послужи и практиката на някои централни банки, която е насочена именно към предоставяне на повече информация, така че вземащите решения агенти в икономиката да мога да „научат“ нейната структура и по-адекватно да предвидят промените (Bauer et al., 2006).

Ще разгледаме опростения макроикономически модел, базиран на Lucas (1973) от предишните раздели с цел да очертаем основните изводи за функциониране на икономическата система в режим на адаптивно научаване. Дадена е икономика, която има функция на съвкупно предлагане, зависеща от потенциалния БВП и разликата между реализираното и очаквано ценово равнище, идентична по смисъл с уравнения (14) и (29), или:

$$y_t = \bar{y} + \beta(p_t - p_t^e) + \varepsilon_t$$

$$\beta \geq 0. \quad (35)$$

Малките букви отново означават логаритмите на съответните променливи, \bar{y} е потенциалното производство, а ε_t е случаен нормално разпределен шок. За описание на съвкупното предлагане стандартно използваме количественото уравнение (17), или:

$$m_t = p_t + y_t. \quad (36)$$

Ако процесът на парично предлагане зависи от определено правило за количеството парична маса, което е чувствително както към номинална цел \bar{m} , така и към поредица от екзогенни наблюдаеми фактори w_{t-1} , то:

$$m_t = \bar{m} + u_t + \rho' w_{t-1}. \quad (37)$$

Редуцираната форма на този модел е:

$$p_t = \frac{\bar{m} - \bar{y}}{1 + \beta} + \frac{\beta}{1 + \beta} p_t^e + \frac{\rho'}{1 + \beta} w_{t-1} + \frac{u_t - \varepsilon_t}{1 + \beta}. \quad (38)$$

Следва да се отбележи, че при този модел е изпълнено следното условие:

$$0 < \frac{\beta}{1 + \beta} < 1, \quad (39)$$

като по-специалното условие от интерес е коефициентът пред членът на уравнението, отговарящ за очакванията, да е по-малък от единица:

$$\frac{\beta}{1 + \beta} < 1. \quad (40)$$

От теорема 2.1 (Evans & Honkapohja, 2001, р. 29), доказана от Bray & Savin (1986) и Marcet & Sargent (1989) следва, че когато е изпълнено условието (40), то и очакванията, формирани чрез адаптивно учене в системи като тези, описани в уравнения (35), (36) и (37) клонят към рационалните очаквания с вероятност 1. Следва да отбележим, че това е един изключително силен глобален резултат, показващ, че когато (40) е изпълнено, то рационалните очаквания на агентите са крайният резултат от процеса на адаптивно учене, или т.нар. „стабилност на очакванията в системата“ е изпълнена (вж. Evans and Honkapohja, 2001; Evans and Honkapohja, 2001a).

Има случаи при които моделите с рационални очаквания водят до повече от едно равновесие, което прави системата неопределена. Адаптивното учене има значителното предимство, че то избира само равновесия, които са научаеми от агентите, като по такъв начин връща детерминираността в моделирането на стопанската система.

Като директни последствия от показаните дотук резултати следват няколко основни извода за икономика в режим на адаптивно научени очаквания:

1. Отрицателен натиск върху съвкупното търсене води до по-бавно намаление на ценовото равнище спрямо случая на рационални очаквания. Аналогично, положителен натиск върху производството води до ускоряване на инфлацията в по-малка степен спрямо рационалния случай. Ако е изпълнено условието (40) ученето в крайна сметка води до равновесието при рационални очаквания.

2. Неочакваната дезинфлация от страна на Централната банка води до загуба на производство. Очакваната дезинфлация също води до загуба на производство и оттам благосъстояние, тъй като агентите имат нужда от известно време докато „научат“ новият режим на опериране на стопанската система.
3. В модел с адаптивно научаване на очакванията паричните власти могат да поддържат заетост над естествената норма чрез разширено парично предлагане и оттам инфлация. Въпреки това, агентите започват да очакват ускоряващата се инфлация, което и намалява ефекта върху съвкупното предлагане.
4. Моделите с адаптивно учене са изключително чувствителни към промяна на параметрите. Ако условие (40) не е изпълнено (а то не е тъждество), то и икономическата система може да бъде нестабилна, с постоянни отклонения от равновесната си точка (Grandmont, 1998).

Адаптивното учене при прогнозирането на основни икономически параметри бързо се превръща във важна алтернатива на съвършено рационалното моделиране. В известен смисъл те са близки като поведенчески възприятия – и двете допускат използване на наличната информация при оценка на параметрите на някакъв икономически модел, но адаптивният механизъм не допуска, че агентите използват действителния модел, по който действа икономиката. В течение на времето взимашите решения обновяват множеството от данни, с което прогнозираят и така се доближават асимптотично до рационалността. Механизмът на формиране на очакванията с учене е удобно изчислим с помощта на съвременните иконометрични методи (най-често рекурсивни най-малки квадрати), което го прави широко-приложим в емпиричното моделиране. Допълнително, методът на адаптивното учене е по-тясно дефиниран спрямо рационалните очаквания. Адаптивното учене е базирано на изчисление на предимно линейни връзки спрямо наличните данни и обновяването им, което е еднозначна операционализация.

За разлика от него, при рационалното формиране на очакванията (вж. уравнение (18)) е възможно да възникнат редица интерпретации особено от гледна точка на това кое е пълното информационно множество и доколко точната структура на модела е известна на агентите. Логическият краен резултат от съвършената рационалност е очакванията на агентите точно да съвпадат с бъдещата реализация на променливата³ (вж. уравнение (21)) – спорен резултат, който в общия случай не се получава при използване на адаптивно учене.

Критики и ограничения

До голяма степен подходът на адаптивното учене е подложен на сходни критики както този на рационалните очаквания. Дори допускането за изчисляване на несъвършен модел на база на непълна информация налага високи изисквания за начина на мислене на икономическите агенти и е трудно съвместимо с резултати от поведенческата икономика, които изследват мисленето на взимашите решения (Baker & Wurgler, 2011).

Един от основните резултати от подхода на адаптивното учене е, че очакванията, формирани по този начин, клонят асимптотично към рационалните очаквания. От това и следва, че стопанската система клони към рационално неокласическо равновесие. Многократни икономически

³ Perfect foresight

експерименти показват, че при определени пазарни структури и условия агентите не „научават“ рационалните очаквания и системата е перманентно извън равновесието, което рационалността би предположила (Sunder, 1995). В един интересен експеримент Marimon et al. (1993) показват, че в рамките на икономики с припокриващи се поколения участващите могат да „научат“ случайно (sunspot) равновесие, което да предизвика ендегенно циклично поведение на икономиката, при която тя не клони към рационалното си равновесие.

Наблюденията на редица пазари също оставят съмнение доколко агентите чисто емпирично използват адаптивно учене. Финансовите пазари се характеризират с поредица от интересни резултати, които по-скоро показват поведенчески характеристики и устойчиви отклонения от реалността, отколкото научаване – вж. напр. Goetzmann & Massa, 2000; Grinblatt & Keloharju, 2001; Maciejovsky & Kirchler, 2002. Едно от значителните преимущества на рационалните очаквания, че те могат да служат като идеален тип, или естествена база за сравнение спрямо алтернативни подходи. При очакванията, формирани чрез адаптивно учене това не е така – те не предписват нормативно поведението на агентите, но и не описват в неговата пълнота поведенческото формиране на очакванията. Въпреки това, те представляват важен етап в процеса на по-реалистичното моделиране на икономическите прогнози от страна на вземащите решения.

1.5. Очаквания, базирани на хетерогенна информация

Определение

Голяма част от изследванията, които моделират очакванията допускат, че в стопанската система има уникален вектор от формирани очаквания за бъдещите реализации на прогнозираните променливи – т.е., че очакванията са хомогенни сред икономическите агенти. Подобно допускане е в голяма степен повлияно от моделирането на представителни агенти – потребители и фирми – които максимално добре описват осредненото поведение на всички агенти в икономиката.

На практика обаче, при формирането на агрегираните очаквания хетерогенността на очакванията на отделните икономически агенти е ключова за разбирането на процеса (Branch, 2004; Branch & Evans, 2006). Подобна хетерогенност може да се дължи на различни прогностични правила (хетерогенни агенти, вж. напр. Brock & Hommes, 1997) или на различен достъп до налична информация (хетерогенна информация, вж. напр. Carroll, 2001). Ако информацията е хетерогенна, това означава, че отделни групи икономически агенти използват различни информационни множества при формирането на прогнозите си, така че дори механизмът на формиране да е еднакъв (рационален или не), то крайният резултат е силно вероятно да е различен (Mankiw et al., 2004; Carroll, 2003).

Ако с $E_t[x_{t+1,i} | \Theta_{t,i}]$ означим очакването i за стойността на променливата x при налично информационно множество Θ_i , то общите очаквания в икономиката ще бъдат претеглена сума от отделните хетерогенни очаквания $E_t[x_{t+1,i} | \Theta_{t,i}]$, умножени по пропорцията агенти λ_i , които имат достъп до даденото информационно множество, или:

$$E_t[x_{t+1}] = \sum_{i=1}^n \lambda_i E[x_{t+1,i} | \Theta_{t,i}]$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1. \quad (41)$$

Хетерогенната информация може да бъде интерпретирана и през по-различна перспектива – нееднаквата информация с която агентите формират очакванията си би могла да се дължи на честотата, с която те обновяват данните, които използват за прогнозиране. Допускайки, че една фиксирана част λ обновява данните си в дадения период, а останалата част от обществеността не го прави, то е в сила следната зависимост (вж. Carroll, 2001):

$$E_t[x_{t+1}] = \lambda E_t[x_{t+1} | \Theta_t] + (1 - \lambda)[\lambda E_{t-1}[x_t | \Theta_{t-1}] + (1 - \lambda)\lambda E_{t-2}[x_{t-1} | \Theta_{t-2}] + (1 - \lambda)\lambda^j E_{t-j}[x_{t+1-j} | \Theta_{t-j}]]. \quad (42)$$

Уравнение (42) показва, че очакванията в стопанската система в даден момент са претеглена сума от очаквания, формирани върху различни информационни множества, което и въвежда хетерогенност в системата. Стандартно методът на очаквания с хетерогенна информация може да бъде операционализиран в рамките на регресия, при която общите очаквания на дадената променливи са обяснени от настоящи и минали прогнози. В най-опростения случай при два периода, това редуцира уравнение (42) до:

$$E_t[x_{t+1}] = \lambda E_t[x_{t+1}] + (1 - \lambda)E_{t-1}[x_t]. \quad (43)$$

Уравнение (43) може да бъде изчислено с помощта на линейна регресия по метода на най-малките квадрати, коригирайки я за обичайните иконометрични проблеми при оценка на параметрите с времеви редове (пр. Mankiw et al., 2004).

Приложение на подхода

Моделирането на очакванията като хетерогенни в икономическата теория и практика е сравнително скорошен феномен. Поради естеството на финансовите пазари, това е и мястото, където очакванията са не просто водещ фактор, но хетерогенността им е основна предпоставка за съществуването на самите пазари. Те могат да се използват при моделиране на цените и динамиката на пазарите (Berg & Lein, 2005; Gao & Li, 2011), на валутна търговия (Manzan & Westerhoff, 2007) и при опитите за разбиране на комплексната и нелинейна същност на финансовите пазари (Chiarella et al., 2007).

Подходът на хетерогенни очаквания намира широко приложение и в макроикономическото моделиране. В основополагаща статия Mankiw & Reis (2002) използват хетерогенен механизъм, за да изведат крива на Филипс (или крива на съвкупно предлагане) на база на очаквания базирани на различни информационни множества. В сходен дух Carroll (2001; 2003) моделира формирането на прогнозните очаквания за инфлацията като резултат от хетерогенен механизъм, вдъхновен от епидемиологията. Pfajfar & Santoro (2010) изследват формираните очаквания за инфлацията и откриват, че те най-добре могат да бъдат обяснени като претеглена сума от различно формирани очаквания. Proano (2011) моделира система от две държави, търгуващи помежду си, при които наличието на хетерогенни очаквания за валутните курсове води до дестабилизация на системата.

Чисто емпирично, хипотезата за хетерогенни очаквания намира подкрепа и при изследване на реално формираните икономически очаквания (Mankiw et al., 2004; Branch, 2007).

Ще разгледаме стандартния модел на съвкупно търсене и съвкупно предлагане, с чиято помощ бяха илюстрирани основните изводи за икономиката в режим на адаптивни, рационални и адаптивно научаеми очаквания, базиран на Mankiw & Reis (2002). Моделът е описан по-подробно в началото на настоящата разработка. Цената на отделната фирма отново се задава с уравнение (8):

$$p_t^* = p_t + \alpha y_t. \quad (44)$$

Дадена фирма, която е обновила плановете си преди j периода има желание да постави следната цена:

$$x_t = E_{t-j}[p_t^*]. \quad (45)$$

Общото ценово равнище е средната цена на всички фирми в икономиката, или:

$$p_t = \lambda \sum_{j=0}^{\infty} (1-\lambda)^j x_t^j. \quad (46)$$

Уравнение (46) е и водещото уравнение за формиране на очакванията при хетерогенна информация, съответстващо на (10). На база на уравнения (44), (45) и (46) може да се изведе кривата на съвкупното търсене за тази икономика:

$$p_t = \lambda \sum_{j=0}^{\infty} (1-\lambda)^j E_{t-j}[p_t + \alpha y_t]. \quad (47)$$

Уравнението (47) е и краткосрочна крива на Филипс – в него ясно се вижда влиянието на изненадата при ценовото равнище върху отклонението на производството (y_t) в дадената икономика. От него може да бъде изведена и връзка между инфлацията и брутният продукт:

$$\pi_t = \left[\frac{\alpha \lambda}{1-\lambda} \right] y_t + \lambda \sum_{j=0}^{\infty} (1-\lambda)^j E_{t-1-j}[\pi_t + \alpha \Delta y_t]. \quad (48)$$

Уравнение (48) показва, че инфлацията зависи от производството, инфлационните очаквания и очакванията за производство. Следва да отбележим, че в този случай са важни миналите очаквания за настоящето икономическо състояние, докато в новата Кейнсианска крива на Филипс са важни настоящите очаквания за бъдещото икономическо състояние. Тази разлика води до някои ключови различия в поведението на икономическата система при тези два режима. Добавяме към модела вече използваната крива на съвкупно търсене, базирана на количественото уравнение, достигайки до следното описание на икономическата система:

$$p_t = \lambda \sum_{j=0}^{\infty} (1-\lambda)^j E_{t-j}[p_t + \alpha y_t] \quad (49)$$

$$y_t = m_t - p_t.$$

Решаването на този модел води до няколко основни извода за това как работи икономиката в режим на очаквания, формиранни въз основа на хетерогенна информация:

1. Отрицателен шок върху съвкупното търсене води до по-бавно намаление на нивото на инфлация спрямо модел с рационални очаквания. Постепенното обновяване на

информация от страна на фирмите генерира инфлационна инерция (макар и в по-малка степен спрямо адаптивни или статични очаквания).

2. Положителен шок на съвкупното търсене води до сравнително по-бавно увеличение на нивото на инфлация спрямо рационални очаквания, но до сравнително по-бързо увеличение спрямо адаптивни очаквания.
3. Политика на дезинфлация от страна на Централната банка води до постепенно намаляване на ценовото равнище, като в първите периоди то реагира сравнително слабо на паричната политика. Намаляването на инфлацията води до загуба на производство – и оттам благосъстояние – поради това, че някои фирми базират ценовите си решения на неактуална информация. Все пак очакваната и достоверна дезинфлация води до много по-ниска загуба на производство.
4. Ключов параметър при използване на различни по актуалност информационни множества е честотата на обновяване на използваната информация. При постоянно обновяване, хетерогенните очаквания клонят към рационалните такива. При нулево обновяване, те клонят към статичните очаквания.

Въвеждането на хетерогенни очаквания отбелязва скъсването на общоприетата икономическа теория с парадигмата на представителния агент и моделират икономическата действителност като много по-комплексна – съставена от активни взимащи решения агенти, разполагащи с различна информация, която използват за прогнозиране. Това води до много по-пълна и по-богата представа за икономическите процеси и взаимодействия. Допълнителната сложност, въведена от този механизъм, е както съвместима с наблюдаемите емпирични зависимости (примерно влияние на номинални върху реални агрегати) така и до голяма степен може да обясни неизяснени феномени като формирането на пазарни настроения, търговия на финансови инструменти при непроменени фундаментални стойности, генериране на ендегенни икономически цикли, предизвикани от очаквания и др. Допълнително предимство е, че при варирането на параметъра λ в уравнение (43) хетерогенните очаквания могат да се редуцират до рационални, статични или адаптивни такива, което и прави тази парадигма значително по-обща и всеобхватна.

Критики и ограничения

Допускането за хетерогенни очаквания отваря пътя за далеч по-сложно моделиране на икономическите системи. Поради относителната новост на подхода, обаче, все още не може да се каже дали подобряването на прогнозните резултати на тези модели ще оправдае усложняването им. На този етап изглежда, че отговорът е положителен, особено предвид по-опростените модели на хетерогенност (Mankiw & Reis, 2002; Carroll, 2003). Хетерогенните очаквания бележат сериозно отклонение от парадигмата за рационалност. При съвършена рационалност агентите следва да имат оптимални хомогенни очаквания за икономическата система (Muth, 1961), докато при хетерогенни очаквания това не е така. Затова и този подход не просто не може да се използва като нормативна база за сравнение, но и не е напълно съвместим с допусканията за съвършена рационалност при взимане на индивидуалните потребителски и фирмени решения.

Следва да се отбележи, че на този етап моделите, базирани на хетерогенни очаквания невинаги са ясно изведени от експлицитни микроикономически основи. Моделът на Mankiw & Reis (2002) и

Mankiw et al., (2004) по същество предполага функционална форма на хетерогенност и я тества спрямо емпирични данни, които отчасти я потвърждават. От друга страна, това, че данните не отхвърлят дадена функционална форма не означава, че тя е добро описание на процеса, генерирал тази извадка. В своите разработки Carroll (2001, 2003) сравнява икономическото формиране на очаквания с епидемиологичен процес на зараза от определена болест, получавайки сходна спецификация като тази на Mankiw & Reis (2002), което отново е базирано на допускане за същността на процеса, а не е изведено от конкретен икономико-психологически модел на поведение.

Основна критика при подобен механизъм на хетерогенно прогнозиране е, че няма конкретен механизъм за селекция на очакванията. Параметърът λ е изчислен върху данните от различните извадки и би могъл да варира в зависимост от времевия период – тоест в периоди на по-висок ръст на инфлацията хората променят начина на използване на наличната информация и формиране на прогнози (Ball, 2000). Ако не е изведен ендегенен механизъм за селекция при изграждане на очакванията, моделите на хетерогенност не могат да се справят с тази смяна на режима. На последно място ще отбележим, че макар очакванията, базирани на различни информационни множества, да са съвместими с данните, то емпирични изследвания показват, че от голяма важност при формирането на прогнози са и други поведенчески нарушения на постулатите за рационалност – например погрешна спецификация на модела (Branch, 2007).

1.6. Хетерогенни агенти и еволюционна селекция на очакванията

Определение

Еволюционните очаквания се явяват опит за отговор на критиката, че очакванията базирани на хетерогенна информация (емпирично е трудно да се различат от тези, базирани на хетерогенни агенти) не могат да моделират в достатъчно голяма степен реалното поведение и освен това са лишени от механизъм, който да описва възникването на хетерогенност като ендегенен процес. По същество този подход е опит общите икономически очаквания да бъдат моделирани като претеглена сума от различни прогнози, при което теглата се определят от еволюционен механизъм на превключване. Колкото по-добри са резултатите от даденият метод на прогнозиране, толкова по-голяма е вероятността той да бъде избран от по-голяма част от вземащите решение икономически агенти (Brock & Hommes, 1997; Hommes, 2001).

Въвеждаме вектор от стойности на променливата, която трябва да се прогнозира:

$$X_t = (x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-n}). \quad (50)$$

Всеки агент разполага с K различни метода за прогнозиране, като с H_t означаваме вектора от тях, така че:

$$H_t = (H_1(X_{t-1}), H_2(X_{t-1}), \dots, H_K(X_{t-1})). \quad (51)$$

Следвайки уравнение (51) означаваме очакванията формирувани от даден метод за прогнозиране H_j като $E[x_{t+1} | H_{j,t}]$. Означаваме с $n_{j,t}$ частта от агентите, които използват метода за прогнозиране

H_j (като $0 < j < K$) в даден момент t , откъдето и съвкупните очаквания се изразяват по следния начин:

$$x_{t+1}^e = \sum_{j=1}^K n_{j,t} E[x_{t+1} | H_{j,t}]. \quad (52)$$

Ако ползата за всеки агент от използването на някой от методите означим с $B'_j(H_j)$, а разходите за него – със C_j , то нетната полза от всеки метод ще бъде:

$$\begin{aligned} B_j(H_j) &= B'_j(H_j) - C_j \\ 0 < j < K. \end{aligned} \quad (53)$$

Колкото по-голяма е нетната полза в най-широк смисъл (това може да бъде конкретна печалба, минимална прогнозна грешка и др.), толкова повече полезност получава вземащият решение. Оттам и формираме индикатор за ефективността на всеки от методите (U_j), като:

$$\begin{aligned} U_{j,t+1} &= \sum_{k=0}^M w_k B_{j,k} \\ \sum_{k=0}^M w_k &= 1. \end{aligned} \quad (54)$$

Уравнение (54) показва, че ефективността на даден прогностичен метод е претеглена сума от настоящи и минали ползи, като с w_k са означени съответните тегла. Колкото е по-голяма ефективността на метода, респ. колкото по-голяма нетна полза носи на агентите, толкова е по-вероятно той да бъде използван в следващ период. Оттам нараства и пропорцията $n_{j,t}$ от икономически субекти, които го използват. Тя се задава най-често с логистичен модел за дискретен избор (вж. Manski & McFadden, 1981);

$$\begin{aligned} n_{j,t+1} &= \frac{\exp[\beta U_{j,t+1}]}{Z} \\ Z &= \sum_{j=1}^K \beta U_{j,t+1}. \end{aligned} \quad (55)$$

В този модел водещ е интензитетът на смяна на решенията, β . Ако този интензитет е нулев, $\beta = 0$, то ефективността на механизма няма да има никакво значение – агентите ще бъдат равномерно разпределени между всички възможни прогностични методи. Ако $\beta \rightarrow \infty$, то уравнение (55) ще клони към неокласическия случай, при който агентите във всеки период избират оптималния прогностичен механизъм. За да генерира реалистична динамика от емпирична гледна точка, този параметър следва да има високи, но крайни стойности. Уравнения (52) и (55) дефинират еволюционното развитие на очакванията. Най-често използваният емпиричен подход за тестване на този механизъм е симулация на очакванията и последващото им сравнение с реално генерирани очаквания при същите условия (вж. Hommes et al., 2005; Pfajfar & Zakelj, 2009; de Grauwe, 2010)

Приложение на подхода

Еволюционните очаквания са сравнително нов начин за моделиране на икономическото поведение, въведени от Brock & Hommes (1997) в контекста на паяжинен модел на пазар. Числената симулация показва локална липса на стабилност и глобална комплексност при тази конфигурация. Еволюционните очаквания се използват при моделиране на финансови пазари. Brock & Hommes (1998) изследват симулационно поведението на цените на финансови активи и откриват, че увеличеният интензитет на избора между алтернативни прогнозни механизми води до нестабилност в системата.

В същия дух, Gaunersdoerfer, 2000 открива, че дори при наличието само на два прогнозни метода цените на финансови инструменти са неопределени и целият пазар може да прояви комплексно и дори хаотично поведение. Увеличаването на интензитета на избор между параметрите и на информационните разходи при използването им се оказват два от ключовите параметри за определяне на поведението на системата в режим на еволюционни очаквания (за обзор на резултатите виж Hommes, 2000). Този механизъм намира своето приложение и при макроикономическото моделиране, като еволюционният механизъм може да се използва като допълнение към вече стандартните динамични стохастични общоравновесни модели (de Grauwe, 2010) или в по-изчистени модели на съвкупно търсене и предлагане (Lines & Westerhoff, 2010). И в двата случая еволюционните очаквания могат да доведат до дестабилизация на системата и да предизвикат комплексна динамика.

Anufriev et al. (2008) изследват ефектите от паричната политика в режим на еволюционно развиващи се очаквания и откриват, че паричните власти трябва особено агресивно да таргетират инфлацията, за да стабилизират системата. Дори в този случай е възможно системата да не достигне до рационалното равновесие, въпреки стабилизиращия ефект на паричната политика. До същият извод достигат и Assenza et al. (2011). Следва да подчертаем, че динамиката на моделите с еволюционни очаквания е значително по-сложна от тази на по-детерминирани модели с рационални (или клонящи към тях) очаквания. Еволюционният механизъм не гарантира конвергенция към стабилното равновесие на рационалните очаквания дори то да може да бъде еволюционно достигнато от агентите. При този механизъм системата може както да се стабилизира, така и да навлезе в режим на постоянни периодични колебания (Hommes & Wagener, 2010).

Емпирично, идеята за еволюционно развитие на рационално хетерогенни очаквания намира своето потвърждение при изследване на реално формирани икономически очаквания (Branch, 2004; Branch & Evans, 2006). Изследвайки експериментално процеса на формиране на инфлационните очаквания в рамките на новия Кейнсиански модел с ценови негъвкавости, Pfajfar & Zakelj (2009) откриват, че икономическите агенти прогнозираят използвайки набор от прости правила, между които могат да превключват. Подобни експериментални данни подкрепят хипотезата, че агентите формират еволюционни очакванията си сред множеството от разбираеми за тях методи, което и има своят ефект върху икономическата динамика (Assenza et al., 2011). Обобщен обзор на експерименталните резултати е представен и в Hommes (2011).

Ще разгледаме опростен модел на съвкупно търсене и предлагане (Lines & Westerhoff, 2010), за да илюстрираме еволюционната динамика на очакванията и ефекта им върху макроикономическите променливи. Съвкупното предлагане задаваме с крива на предлагане в духа на новата Кейнсианска крива на Филипс, при която инфлацията зависи от инфлационните очаквания и от мярка за производствения разрив:

$$\pi_t = E_{t-1}[\pi_t] - \beta(u_t - u_n). \quad (56)$$

В уравнение (56) с u_t е означена безработицата в настоящ период, а с u_n - естествената ѝ норма. Връзката между безработицата и производството се задава с закона на Оукън, като с y_t е означен ръстът на производството, а с y_n - ръстът на потенциалното производство:

$$u_t - u_{t-1} = \alpha(y_t - y_n). \quad (57)$$

Съвкупното търсене се задава с познатата формулировка на количественото уравнение:

$$y_t = m - \pi_t. \quad (58)$$

От уравнения (56), (57) и (58) може да се изведе и редуцираната форма на разглеждания модел:

$$\pi_t = \frac{\alpha\beta(m - y_n)}{1 + \alpha\beta} + \frac{\pi_{t-1}}{1 + \alpha\beta} + \frac{E_{t-1}[\pi_t] - E_{t-2}[\pi_{t-1}]}{1 + \alpha\beta}. \quad (59)$$

Уравнение (59) показва че инфлацията в настоящия период зависи както от инфлацията в минал период, така и от очакванията за инфлация в настоящ и минал период, заедно с мерките за производствена и монетарна активност. Следва, че в равновесие динамиката на ценовото равнище се задава с:

$$\bar{\pi} = (m - y_n) + \alpha\beta(E_{t-1}[\pi_t] - E_{t-2}[\pi_{t-1}]). \quad (60)$$

Ако допуснем, че агентите имат само два механизма за прогнозиране на инфлацията – съвършено рационален ($H_{R,t}$) и екстраполиращ или адаптивен ($H_{E,t}$), то те могат по най-опростен начин да се зададат със следните уравнения:

$$\begin{aligned} H_{R,t}[\pi_t] &= \pi_t \\ H_{E,t}[\pi_t] &= \pi_{t-1}. \end{aligned} \quad (61)$$

Преобладаващите очаквания в стопанската система са претеглена сума от резултатите от двата прогнозни метода по пропорциите от агенти, които ги използват (съответно $n_{R,t}$ и $n_{E,t}$), или:

$$\begin{aligned} E_t[\pi_t] &= n_{R,t}H_{R,t}[\pi_t] + n_{E,t}H_{E,t}[\pi_t] \\ n_{R,t} + n_{E,t} &= 1. \end{aligned} \quad (62)$$

Използвайки един от наличните им два метода, взимащите решение прогнозират променливата, като ползата B_t от всеки един от методите е толкова по-голяма, колкото по-точна е прогнозата, т.е. колкото по-малка е квадратичната грешка. По този начин ползата или привлекателността на различните прогностични методи се определя като:

$$\begin{aligned} B_{R,t} &= -(H_{R,t}[\pi_t] - \pi_t)^2 - k \\ B_{E,t} &= -(H_{E,t}[\pi_t] - \pi_t)^2. \end{aligned} \quad (63)$$

В уравнение (63) с k са означени допълнителните разходи, които агентите трябва да понесат, за да формират рационални очаквания. Пропорцията на агентите използващи даден прогностичен метод зависи от нетните ползи от него – колкото са по-големи те, толкова по-голяма е вероятността даден агент да превключи към по-ефективния метод, като интензитета на превключване е обозначен с β .

В този модел теглата $n_{j,t}$ се задават от следните уравнения:

$$n_{E,r} = \frac{\exp(\beta B_{E,t})}{\exp(\beta B_{E,t}) + \exp(\beta B_{R,t})} = \frac{1}{1 + \exp[\beta(B_{R,t} - B_{E,t})]} \quad (64)$$

$$n_{R,t} = 1 - n_{E,r}.$$

Основната разлика между поведенческия макроикономически модел, базиран на еволюционно развиващи се очаквания, и динамичните общоравновесни модели, базирани на рационалност, е че първият има собствен ендегенен механизъм, който да определя динамиката в системата. Оттам следва, че подобен модел е в значителна степен по-малко детерминиран спрямо моделите, базирани на рационални очаквания.

Все пак, базирайки се на Anufriev & Hommes (2009), Lines & Westerhoff (2010), Assenza et al. (2011), Tuinstra & Wagener (2007) и de Grauwe (2010; 2010a) можем да изведем следните изводи за стопанската динамика в режим на еволюционна селекция на очакванията:

1. Отрицателен шок върху съвкупното търсене води до осезателно намаление на нивото на инфлация, а положителен шок – до увеличението ѝ. Числените стойности на тази динамика не са еднозначно определени и изчислими в еволюционен модел.
2. При провеждане на макрополитика за намаляване на инфлацията Централната банка следва да вземе под внимание пазарните настроения (или динамиката на еволюционните очаквания). Оптималният фокус е както върху стабилизация на ценовото равнище, така и върху намаление на отклоненията на производството от потенциала му, тъй като това води до по-стабилни очаквания и по-предсказуеми резултати. Достоверността на политиката на Централната банка е изключително важна – при пълна достоверност ЦБ може да постигне инфлационните си цели без загуба на производство.
3. При моделите, базирани на еволюционни очаквания, трансмисията на шоковете зависи изключително много от пазарната среда, в която те се случват. Затова и при един и същи модел с непроменени параметри, един и същ шок може да доведе до много различна динамика.
4. Ключов параметър при еволюционните очаквания е интензитетът, с който агентите избират между различните прогностични методи. Ако той клони към безкрайност, очакванията клонят към случая на напълно рационални хомогенни очаквания. Големи, но крайни стойности на този параметър бележат комплексна динамика на икономическата система.

Поведенческият макроикономически модел, базиран на еволюционни очаквания, по същество представлява приложение на една нова парадигма в икономическото моделиране. Той е базиран на микрооснови, които черпят информация за поведението на хората от широк спектър свързани науки като поведенческа икономика, психология, икономическа социология, невроикономика и т.н., като резултатите от тези изследвания са комбинирани по един подчертано

интердисциплинарен начин. Моделирането започва с идеята, че агентите са ограничено рационални и трябва да вземат решение, като не винаги напълно разбират механизма, по който работи икономиката, или точната му спецификация. В тази среда те формират прогнози, като постоянно преценяват доколко методът, който използват дава задоволителни резултатите в настоящата среда. Методите най-често са елементи от сравнително ограничено множество от прости правила, които са когнитивно близки и интуитивни за агентите (вж. Anufriev & Hommes, 2009 и Hommes, 2011).

Това индивидуално поведение се агрегира до макроикономическо ниво, но логиката на модела е базирана на отделните вземащи решение единици. Докато моделите на рационални очаквания допускат съвършено познание за цялостното функциониране на икономиката, те позволяват при дадени параметри точно да се изчисли ефектът от шок върху някой от параметрите – т.е. моделът е детерминиран до голяма степен. При поведенческия модел това не е така, тъй като съществува двупосочен механизъм на обратна връзка между важните параметри и очакванията на агентите. Затова и ефектът от еднакви шокове може да бъде много различен (De Grauwe, 2010). Следва да подчертаем, че това е една от най-силните страни на този модел – докато стандартните динамични стохастични общоравновесни модели, базирани на рационални очаквания, разчитат на екзогенен механизъм като двигател на динамиката (пр. външен шок или промяна на предпочитанията), поведенческите модели могат да генерират реалистични бизнес цикли ендогенно. Допълнително, те включват в себе си достоверно моделирани рационални и ирационални очаквания, генериращи пазарни настроения – важна задача за всеки макромодел от самото начало на формалното изучаване на макроикономическата система.

Критики и ограничения

При разглеждането на еволюционните очаквания и техния ефект върху стопанската динамика трябва да се има предвид, че макар първите резултатите от подхода да са обещаващи, все още изследванията са в началото си, което и води до редица очевидни слабости. Преди всичко следва да се подчертае, че механизмът на формиране на очакванията не е директно изведен от микроикономически основи чрез оптимизационно поведение на агентите. На този етап множеството от прогностични механизми е зададено екзогенно и се състои от ограничен брой прости правила. Често тези правила не са експлицитно обосновани, а представляват част от допусканията на дадените модели.

В подобен начален изследователски стадий този подход изглежда логичен поради редица аргументи. Първо, ограниченият брой прости прогностични правила (евристики) отразява когнитивните ограничения на икономическите агенти (вж. Camerer, 2001). Второ, тези правила са често срещани в икономическата литература и имат познати характеристики, което ги прави естествени отправни точки при тестване на нови подходи. Трето, макар да не са изведени директно от индивидуалното поведение, тези механизми го описват добре в емпиричен план (Pfajfar & Zakelj, 2009; Hommes, 2011). Освен формулировката на очакванията, еволюционните модели имат и редица *ad hoc* допускания, които ги правят практически приложими. В зависимост от типа модел те варират, но при всички случаи първоначалното разпределение на частта от агентите, която използва дадено прогностично правило, се задава екзогенно. Допълнително, мярката за нетната

полза от определено правило (механизъм) не е еднозначно определена – тя може да бъде квадратичната грешка на прогнозите, произтичащата полза от точността на прогнозата, претеглените отклонения от реализацията на прогнозираната променлива и т.н.

Отбелязваме, че и в широко използваните динамични стохастични общоравновесни модели към момента се налага да се въведат някои *ad hoc* допускания извън теорията – например лаговете на някои променливи трябва да се добавят в уравненията на съвкупно търсене и предлагане, за да се улови инерцията на агрегатите (Gali, 2008; De Grauwe, 2010). В тази връзка може да се каже, че допусканията за еволюционните очаквания са неизбежни поне на този първи етап. Допълнително, голяма част от тези допускания, примерно на точната форма на мярката за нетна полза, не водят до качествено различни резултати (Hommes, 2000; Hommes et al., 2005; 2008). Моделите на еволюционни очаквания са по-комплексни от тези, базирани на рационални или адаптивни такива. Това естествено води до необходимост от включване на редица екзогенни параметри, като на този етап икономическата теория не дава насоки какви са точните им стойности. Един подход е тези параметри да бъдат калибрирани чрез реални данни (били те социологически или експериментални), но този подход не гарантира, че параметрите ще имат същите числови стойности при друга извадка.

Все пак, първоначалните резултати показват, че самите модели не са в прекомерна степен чувствителни при промени на параметрите, контролиращи еволюционната динамика на очакванията (вж. Assenza et al., 2011). Изследванията все още не могат да отговорят доколко тези стойности са стабилни във времето или при промяна на режима на функциониране на икономиката. Емпирични резултати показват, че очакванията са силно зависими от текущото състояние на системата и промяна на режима води до значителна промяна на тяхната динамика (Carroll, 2003; Mankiw et al., 2004). Този въпрос остава поле за бъдещи изследвания при еволюционното формиране на очаквания.

1.7. Заключение

Очакванията на икономическите агенти за развитието на икономическата система заслужено заемат централно място в съвременната икономическа теория. Оценката на тяхната важност далеч не е нов феномен – още в началото на 19-ти век Thornton (1806) ги поставя в центъра на изследването на паричния кредит. Ранни трактати включват и разглеждането на паяжинен модел на пазара от Cheysson (1887). Макар, че Alfred Marshall е свързан с понятието за статични ценови очаквания, то Ezekiel (1938) прави първият формален анализ на стабилността на паяжинен модел и ефекта на очакванията в него. Те се оказват ключови. Впоследствие голяма част от икономическите модели отчита важността на очакванията (или прогнозите) на агентите когато те взимат решения във времеви оптимизационен контекст – било то за потребление, спестяване, предлагане на труд и др.

Агрегираното микроикономическо поведение води и до важни последствия за макроикономическата динамика. Съвременните макроикономически модели съдържат следния

затворен кръг⁴: очакванията на агентите предопределят динамиката на важни агрегати (пр. инфлация), а динамиката на тези агрегати носи нова информация, която влияе на прогнозата за тях за следващия период. Очакванията в този смисъл са определящи за равновесието, до което стопанската система ще достигне. Естествено е при подобна водеща роля на очакванията, теорията за тяхното формиране да бъде в центъра на икономическите изследвания. Макар че още през 1936 г. Кейнс говори за хетерогенни очаквания, движени от пазарни настроения, тези идеи биват отразени в основната макроикономическа теория много по-късно.

Първите опити за моделиране на очакванията включват статични очаквания, при които икономическите агенти просто прогнозираят бъдещата стойност на дадена променлива да бъде равна на миналата такава. Подобен подход е съвсем очевидно неоптимален при значителна динамика на променливата и дава незадоволително емпирично обяснение. Следващата стъпка е очакванията да бъдат моделирани като адаптивни (Nerlove, 1958), при което агентите взимат под внимание и отклоненията в прогнозите си. Адаптивният механизъм не отговаря на въпроса защо това е единствената информация, която агентите използват. Отговорът идва с революцията на рационалните очаквания (Muth, 1961; Lucas, 1972). Според тази теория агентите формират прогнозите си в съответствие с прогнозите на икономическата теория – т.е. очакванията на агентите са просто математическите очаквания за дадените променливи. Огромните когнитивни изисквания, които тази теория поставя пред хората изглеждат почти непосилни и затова някои от допусканията ѝ се отслабват – агентите не знаят точната структура на икономиката, но се опитват да я научат. Така се раждат очакванията с адаптивно научаване (Sargent, 1993; Evans & Honkapohja, 2001).

Изброените теории правят едно ключово допускане – това за хомогенни очаквания, формирани от представителни агенти. На практика стопанската система е значително по-комплексна и именно хетерогенността на очакванията е ключов фактор за обяснение на динамиката ѝ (Mankiw & Reis, 2002; Carroll, 2003). В духа на хетерогенните очаквания се заражда и изследователската програма, при която икономическите очаквания са агрегацията на набор от прости правила, които агентите еволюционно избират в зависимост от представянето им (Brock & Hommes, 1997). Еволюционните очаквания дават много по-богата представа за стопанската система, но и внасят значителна недетерминираност в моделирането. Богатството на теоретични обяснение за формирането на очаквания води до редица механизми, с които те могат да бъдат моделирани.

Резултатите от тези операционализации са понякога твърде различни, като все още литературата дава доказателства в частична подкрепа на всяка от изказаните хипотези. Все пак, актуални експериментални резултати (Hommes, 2011) показват, че подходът на хетерогенните очаквания е в най-голяма степен близък до реалния процес на формиране на индивидуалните прогнози. Това насочва към идеята, че икономическата теория може да достигне до по-задълбочено познание за икономическата динамика и увеличена прогностична точност чрез включване на основни идеи от поведенческите науки.

⁴ Self-referential Models

БИБЛИОГРАФИЯ

- Иванова, Петя & Лазаров, Деян (2001), 'Logit моделът и хипотезата за рационалните очаквания', *Икономическа мисъл* **3**, 46-58.
- Acemoglu, D. & Scott, A. (1994), 'Consumer Confidence and Rational Expectations: Are Agents' Beliefs Consistent with the Theory?', *The Economic Journal* **104**(422), 1-19.
- Adam, K. (2007), 'Experimental Evidence on the Persistence of Output and Inflation', *The Economic Journal* **117**(520), 603-636.
- Adam, K. & Padula, M. (2011), 'Inflation Dynamics and Subjective Expectations in the United States', *Economic Inquiry* **49**(1), 13-25.
- Agliari, A.; Chiarella, C. & Gardini, L. (2006), 'A re-evaluation of adaptive expectations in light of global nonlinear dynamic analysis', *Journal of Economic Behavior & Organization* **60**, 526-552.
- Ang, A.; Bekaert, G. & Wei, M. (2007), 'Do macro variables, asset markets, or surveys forecast inflation better?', *Journal of Monetary Economics* **54**(4), 1163-1212.
- Anufriev, M.; Assenza, T.; Hommes, C. & Massaro, D. (2008), 'Interest Rate Rules and Macroeconomic Stability under Heterogeneous Expectations', Technical report, CeNDEF, University of Amsterdam.
- Anufriev, M. & Hommes, C. H. (2009), 'Evolutionary Selection of Individual Expectations and Aggregate Outcomes', Technical report, CeNDEF, School of Economics, University of Amsterdam.
- Assenza, T.; Heemeijer, P.; Hommes, C. & Massaro, D. (2011), 'Individual Expectations and Aggregate Macro Behavior', Technical report, CeNDEF, School Of Economics, University of Amsterdam.
- Baker, M. & Wurgler, J. (2011), 'Behavioral Corporate Finance: An Updated Survey'(17333), Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Ball, L. Mankiw, N. G., ed., (1994), *Monetary Policy*, University of Chicago Press, chapter What Determines the Sacrifice Ratio?, pp. Chapter 5.
- Ball, L. (2000), 'Near-rationality and Inflation in Two Monetary Regimes'(7988), Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Ball, L. & Croushore, D. (2001), 'Expectations and the Effect of Monetary Policy'(01-12), Technical report, Federal Reserve Bank of Philadelphia.
- Barberis, N. & Thaler, R. (2002), 'A Survey of Behavioral Finance'(9222), Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Bauer, A.; Eisenbeis, R.; Waggoner, D. & Zha, T. (2006), 'Transparency, Expectations, and Forecasts', *FRBA Economic Review* **Q1**, 1-25.
- Berg, N. & Lein, D. (2005), 'Does society benefit from investor overconfidence in the ability of financial market experts?', *Journal of Economic Behavior & Organization* **58**, 95-116.
- Bernasconi, M. & Kirchkamp, O. (2000), 'Why do monetary policies matter? An experimental study of saving and inflation in an overlapping generations model', *Journal of Monetary Economics* **46**(2), 315-343.
- Bernasconi, M.; Kirchkamp, O. & Paruolo, P. (2009), 'Do fiscal variables affect fiscal expectations? Experiments with real world and lab data', *Journal of Economic Behavior & Organization* **70**, 253-265.
- Blanchard, O. & Kahn, C. (1980), 'The Solution of Linear Difference Models under Rational Expectations', *Econometrica* **48**(5), 1305-1311.
- Bonham, C. S. & Cohen, R. H. (2001), 'To Aggregate, Pool or Neither: Testing the Rational-Expectations Hypothesis Using Survey Data', *Journal of Business and Economic Statistics* **19**, 278-291.
- Bottazzi, G.; Devetag, G. & Pancotto, F. (2011), 'Does volatility matter? Expectations of price return and variability in an asset pricing experiment', *Journal of Economic Behavior & Organization* **77**, 124-146.
- Branch, W. A. (2007), 'Sticky Information and Model Uncertainty in Survey Data on Inflation Expectations', *Journal of Economic Dynamics and Control* **31**(1), 245-276.
- Branch, W. A. (2004), 'The Theory of Rationally Heterogeneous Expectations: Evidence from Survey Data on Inflation Expectations', *The Economic Journal* **114**, 592-621.

- Branch, W. A. & Evans, G. W. (2006), 'Intrinsic Heterogeneity in Expectation Formation', *Journal of Economic Theory* **127**(1), 264-295.
- Bray, M. & Savin, N. (1986), 'Rational Expectations Equilibria, Learning, and Model Specification', *Econometrica* **54**, 1129-1160.
- Brock, W. A. & Hommes, C. (1998), 'Heterogeneous Beliefs and Routes to Chaos in a Simple Asset Pricing Model', *Journal of Economic Dynamics and Control* **22**, 1235-1274.
- Brock, W. A. & Hommes, C. H. (1997), 'A Rational Route to Randomness', *Econometrica* **65**(5), 1059-1095.
- Buchanan, J. M.; Debreu, G.; Klein, L. R.; Friedman, M. & Solow, R. M. (2001), 'The most significant contributions to economics during the twentieth century: lists of the Nobel laureates', *European Journal of Economic Thought* **8**(3), 289-297.
- Cagan, P. (1956), *The Monetary Dynamics of Hyperinflation*, in Milton Friedman, ed., 'Studies in the Quantity Theory of Money', University of Chicago Press, .
- Calvo, G. (1983), 'Staggered prices in a utility-maximizing framework', *Journal of Monetary Economics* **12**(3), 383-398.
- Camerer, C. F. (2003), *Behavioral Game Theory: Experiments in Strategic Interaction*, Princeton University Press.
- Camerer, C. F. (2003), 'The behavioral challenge to economics: Understanding normal people', Technical report, Federal Reserve of Boston.
- Camerer, C. F.; Ho, T. & Chong, K. (2001), 'Behavioral Game Theory: Thinking Learning and Teaching', *Caltech Working Papers*, Technical report, California Institute of Technology, <http://ssrn.com/abstract=295585> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.295585>.
- Campbell, J. Y. & Mankiw, N. G. (1989), 'Consumption, income and interest rates: reinterpreting the time series evidence', *NBER Macroeconomics Annual* **1**, 64-102.
- Carroll, C. D. (2003), 'Macroeconomic Expectations of Households and Professional Forecasters', *The Quarterly Journal of Economics* **118**(1), 269-298.
- Carroll, C. D. (2001), 'The Epidemiology of Macroeconomic Expectations'(8695), Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Chauvet, M. & Guo, J.-T. (2003), 'Sunspots, animal spirits, and economic fluctuations', *Macroeconomic Dynamics* **7**(1), 140-169.
- Chen, H.-J.; Li, M.-C. & Lin, Y.-J. (2008), 'Chaotic dynamics in an overlapping generations model with myopic and adaptive expectations', *Journal of Economic Behavior & Organization* **67**, 48-56.
- Cheysson, E. (1887), 'La Statistique Geometrique: Ses Applications Industrielles et Commerciales', *Le Genie Civil* **10**, 206-210 and 224-228.
- Chiarella, C.; Dieci, R. & He, X.-Z. (2007), 'Heterogeneous expectations and speculative behavior in a dynamic multi-asset framework', *Journal of Economic Behavior & Organization* **62**, 408-427.
- Das, M. & van Soest, A. (1999), 'Comparing Predictions and Outcomes: Theory and Application to Income Changes', *Journal of the American Statistical Association* **94**, 75-85.
- Das, M. & van Soest, A. (1997), 'Expected and Realized Income Changes: Evidence from the Dutch Socio-Economic Panel', *Journal of Economic Behavior and Organization* **32**, 137-154.
- Dave, C. (2011), 'Are Investment Expectations Rational, Adaptive or Regressive', *Economic Inquiry* **49**(1), 212-225.
- Diamond, P. A. (1965), 'National debt in a neoclassical growth model', *The American Economic Review*, 1126-1150.
- Dubois, D. M. & Holmberg, S. C. (2009), Adaptive and Rational Anticipations in Risk Management Systems and Economy, in 'Computing Anticipatory Systems - Ninth International Conference'.
- Duffy, J., Kagel, J. & Roth, A., ed., (2008), *Handbook of Experimental Economics*, chapter Macroeconomics: A Survey of Laboratory Research.
- Duffy, J. (2008), Experimental Macroeconomics'New Palgrave Dictionary of Economics', Palgrave MacMillan, .
- Evans, G. W. & Honkapohja, S., ed., (2001), *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*, Elsevier Science, chapter Economics of Expectations, pp. 5060-5067.
- Evans, G. W. & Honkapohja, S. (2001), *Learning and Expectations in Macroeconomics*, Princeton University Press.

- Fischer, S. (1977), 'Long-Term Contracts, Rational Expectations, and the Optimal Money Supply Rule', *Journal of Political Economy* **85**(1), 191-205.
- Forder, J. (2010), 'The historical place of the 'Friedman—Phelps' expectations critique', *The European Journal of the History of Economic Thought* **17**(3), 493-511.
- Friedman, B. (1980), 'Survey evidence on the 'rationality' of interest rate expectations', *Journal of Monetary Economics* **6**(4), 453-465.
- Friedman, M. (1957), *A Theory of the Consumption Function*, Princeton University Press.
- Friendly, M. (2002), 'Corrgrams: Exploratory Displays for Correlation Matrices', *The American Statistician* **56**, 316-324.
- Fry, T. R. & Harris, M. N. (2002), 'The DOGEV Model'(7/2002), Technical report, Monash University.
- Fuhrer, J. C. & Olivei, G. P. (2010), 'The Role of Expectations and Output in the Inflation Process: An Empirical Assessment'(10-2), Technical report, Federal Reserve Bank of Boston.
- Gali, J. (2008), *Monetary Policy, Inflation and the Business Cycle*, Princeton University Press.
- Gao, Y. & Li, H. (2011), 'A consolidated model of self-fulfilling expectations and self-destroying expectations in financial markets', *Journal of Economic Behavior & Organization* **77**, 368-381.
- Gaunersdorfer, A. (2000), 'Endogenous fluctuations in a simple asset pricing model with heterogeneous agents', *Journal of Economic Dynamics and Control* **24**, 799-831.
- Goetzmann, W. N. & Massa, M. (2000), 'Daily Momentum and Contrarian Behavior of Index Fund Investors'(7567), Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Grandmont, J.-M. (1998), 'Expectations Formation and Stability of Large Socioeconomic Systems', *Econometrica* **66**(4), 741-781.
- de Grauwe, P. (2010), 'Behavioral Macroeconomics', Technical report, University of Leuven.
- de Grauwe, P. (2010a), 'Top-down versus bottom-up macroeconomics'(3020), Technical report, CESifo working paper Fiscal Policy, Macroeconomics and Growth.
- Grinblatt, M. & Keloharju, M. (2001), 'What Makes Investors Trade?', *The Journal of Finance* **56**(2), 589-616.
- Hall, R. E. (1988), 'Intertemporal Substitution in Consumption', *Journal of Political Economy* **96**(2), 339-357.
- Haruvy, E.; Lahav, Y. & Noussair, C. N. (2007), 'Traders' Expectations in Asset Markets: Experimental Evidence', *The American Economic Review* **97**(5), 1901-1920.
- Hayward, S. (2011), 'Predicting Prices of Financial Assets: From Classical Economics to Intelligent Finance', *New Mathematics and Natural Computation* **7**(2), 229-247.
- Hommes, C. (2000), 'Financial Markets as Nonlinear Adaptive Evolutionary Systems', Technical report, CeNDEF, University of Amsterdam.
- Hommes, C.; Sonnemans, J.; Tuinstra, J. & van de Velden, H. (2008), 'Expectations and bubbles in asset pricing experiments', *Journal of Economic Behavior & Organization* **67**, 116-133.
- Hommes, C.; Sonnemans, J.; Tuinstra, J. & van de Velden, H. (2005), 'Coordination of Expectations in Asset Pricing Experiments', *The Review of Financial Studies* **18**(3), 954-980.
- Hommes, C. & Wagener, F. (2010), 'Does deductive stability imply evolutionary stability?', *Journal of Economic Behavior & Organization* **75**, 25-39.
- Hommes, C. H. (2011), 'The Heterogeneous Expectations Hypothesis: Some Evidence from the Lab', *Journal of Economic Dynamics and Control* **35**(1), 1-24.
- Keynes, J. M. (1936), *The General Theory of Employment, Interest and Money*, Macmillan, London.
- Koopmans, T. C. (1965), *The Economic Approach to Development Planning*, Chicago: Rand McNally, chapter On the Concept of Optimal Economic Growth, pp. 225-287.
- Lines, M. & Westerhoff, F. (2010), 'Inflation expectations and macroeconomic dynamics: the case of rational versus extrapolative expectations', *Journal of Economic Dynamics and Control* **34**(2), 246-257.
- Lucas, R. E. (1976), 'Econometric Policy Evaluation: A Critique', *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy* **1**(1), 19-46.
- Lucas, R. E. (1973), 'Some International Evidence on Output–Inflation Trade-offs', *American Economic Review* **63**, 326-334.

- Lucas, R. E. (1972), 'Expectations and the Neutrality of Money', *Journal of Economic Theory* **4**, 103-124.
- McCallum, B. T. (1980), 'Rational Expectations and Macroeconomic Stabilization Policy', *Journal of Money, Credit and Banking* **12**(4), 716-746.
- Maciejovsky, B. & Kirchler, E. (2002), 'Simultaneous over and underconfidence: evidence from experimental asset markets', *Journal of Risk and Uncertainty* **25**, 65-85.
- Mankiw, N. G. (2001), 'The Inexorable and Mysterious Tradeoff Between Inflation and Unemployment', *Economic Journal* **111**(471), C45-C61.
- Mankiw, N. G. (1990), 'A Quick Refresher Course in Macroeconomics', *Journal of Economic Literature* **XXVIII**, 1645-1660.
- Mankiw, N. G. & Reis, R. (2002), 'Sticky Information versus Sticky Prices: A Proposal to Replace the New Keynesian Phillips Curve', *The Quarterly Journal of Economics* **117**(4), 1295-1328.
- Mankiw, N. G.; Reis, R. & Wolfers, J. Gertler, M. & Rogoff, K., ed., (2004), *Disagreement about Inflation Expectations*, NBER Macroeconomics Annual 2003, Volume 18, pp. 209-270.
- Manski, C. & McFadden, D. (1981), *Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Applications*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Manzan, S. & Westerhoff, F. H. (2007), 'Heterogeneous expectations, exchange rate dynamics and predictability', *Journal of Economic Behavior & Organization* **64**, 111-128.
- Marcet, A. & Sargent, T. J. (1989), 'Convergence of Least-Squares Learning Mechanisms in Self-Referential Linear Stochastic Models', *Journal of Economic Theory* **48**, 337-368.
- Marimon, R.; Spear, S. & Sunder, S. (1993), 'Expectationally Driven Market Volatility: An Experimental Study', *Journal of Economic Theory* **61**, 74-103.
- Mishkin, F. S. (1983), 'Are Market Forecasts Rational?' 'Rational Expectations Approach to Macroeconomics: Testing Policy Ineffectiveness and Efficient-Markets Models', National Bureau of Economic Research, .
- Muth, J. F. (1961), 'Rational Expectations and the Theory of Price Movements', *Econometrica* **29**(3), 315-335.
- Nerlove, M. (1958), 'Adaptive Expectations and Cobweb Phenomena', *The Quarterly Journal of Economics* **72**(2), 227-240.
- Neumann, J. v. & Morgenstern, O. (1944), *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Orphanides, A. & Williams, J. C. (2003), 'Imperfect Knowledge, Inflation Expectations, and Monetary Policy', *NBER Working Paper 9884* (9884), Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Pesandro, J. E. (1975), 'A Note on the Rationality of the Livingston Price Expectations', *Journal of Political Economy* **83**, 849-858.
- Pfajfar, D. & Santoro, E. (2010), 'Heterogeneity, learning and information stickiness in inflation expectations', *Journal of Economic Behavior & Organization* **75**, 426-444.
- Pfajfar, D. & Zakej, B. (2009), 'Experimental Evidence on Inflation Expectation Formation', Technical report, CentER, Tilburg University.
- Proano, C. R. (2011), 'Exchange rate determination, macroeconomic dynamics and stability under heterogeneous behavioral FX expectations', *Journal of Economic Behavior & Organization* **77**, 177-188.
- Romer, D. (1996), *Advanced Macroeconomics*, McGraw-Hill.
- Sargent, T. J. (1993), *Bounded Rationality in Macroeconomics*, Oxford University Press.
- Sargent, T. J. & Wallace, N. (1975), "'Rational' Expectations, the Optimal Monetary Instrument, and the Optimal Money Supply Rule", *Journal of Political Economy* **83**(2), 241-254.
- Sargent, T. J. & Wallace, N. (1973), 'Rational Expectations and the Dynamics of Hyperinflation', *International Economic Review* **14**(2), 328-350.
- Sent, E.-M. (1999), 'The randomness of rational expectations: a perspective on Sargent's early incentives', *The European Journal of the History of Economic Thought* **6**(3), 439-471.
- Simon, H. (1957), *Models of Man, Social and Rational: Mathematical Essays on Rational Human Behavior in a Social Setting*, New York: Wiley, chapter A Behavioral Model of Rational Choice.

- Solow, R. (1956), 'A Contribution to the Theory of Economic Growth', *Quarterly Journal of Economics* **70**(1), 65-94.
- Sordi, S. & Vercelli, A. (2012), 'Heterogeneous expectations and strong uncertainty in a Minskyian model of financial fluctuations', *Journal of Economic Behavior & Organization*.
- Sunder, S.Roth, A. & Kagel, H., ed., (1995), *The Handbook of Experimental Economics*, Princeton University Press, chapter Chapter 6: Experimental Asset Markets: A Survey, pp. 445-500.
- Thornton, H. (1939), *An Enquiry into the Nature and Effects of the Paper Credit of Great Britain*, Allen and Unwin, London.
- Timmermann, A. G. (1993), 'How Learning in Financial Markets Generates Excess Volatility and Predictability in Stock Prices', *The Quarterly Journal of Economics* **108**(4), 1135-1145.
- Tuinstra, J. & Wagener, F. (2007), 'On Learning Equilibria', *Economic Theory* **30**(3), 493-513.
- Vissing-Jorgensen, A.Gertler, M. & Rogoff, K., ed., (2004), *Perspectives on Behavioral Finance: Does "Irrationality" Disappear with Wealth? Evidence from Expectations and Actions*, NBER Macroeconomics Annual 2003, pp. 139-208.