

## CAPITOLUL 7

### ***ECONOMIA DE PIAȚĂ - SISTEM ADAPTIV COMPLEX***

La nivelul macroeconomic, economia poate fi privită ca un sistem dinamic complex compus dintr-o multitudine de subsisteme (gospodării, firme, piețe, instituții publice, bănci, ș.a.) legate între ele prin conexiuni directe și indirecte de diferite tipuri (legături materiale, informaționale, financiare, energetice, umane), fiecare subsistem având o evoluție și obiective proprii care sunt însă condiționate de realizarea unui obiectiv general comun, și anume bunăstarea socială.

În abordarea cibernetică a economiei la nivel macroeconomic trebuie să pornim de la cunoașterea acestor sisteme și a modului în care ele interacționează în procesul de realizare a scopurilor proprii și a obiectivului general. Astfel, gospodăriile, firmele, băncile comerciale, diferitele instituții publice care, la nivel microeconomic, pot fi considerate ca sisteme separate (individuale), având structuri distincte, relații diferite cu mediul și obiective proprii, formează la nivel macroeconomic sectoare (sisteme) care au proprietăți și obiective emergente, decurgând din funcționarea simultană a multitudinii de sisteme de același tip la nivel microeconomic.

Putem introduce, astfel, următoarele sectoare (sisteme) pe care le regăsim în structura generală a sistemului cibernetic al economiei naționale:

- **sectorul gospodăriilor;**
- **sectorul firmelor (privat, productiv);**
- **sectorul public (guvernamental);**
- **sectorul extern;**
- **sectorul financiar.**

Deci fiecare dintre aceste sectoare este alcătuit din mulțimea de sisteme cibernetic individuale pe care le regăsim la nivel microeconomic, dar ele nu reprezintă pur și simplu suma acestor sisteme microeconomice. Proprietățile sectoarelor(sistemelor) la nivel macroeconomic se obțin, în primul rând, prin

agregarea caracteristicilor sistemelor de la nivel microeconomic și, în al doilea rând, prin emergența comportamentelor sistemelor microeconomice către un comportament general al sectorului (sistemului) corespunzător de la nivelul macroeconomic.

Aceste sectoare (sisteme) formează economia națională numai în măsura în care ele sunt interconectate prin piețe. Piața la nivel macroeconomic reprezintă un sistem agregat, format dintr-o multitudine de piețe concrete, existente la nivel microeconomic. Ca oricare piață, și piața la nivel macroeconomic există numai în măsura în care pe aceasta se constituie simultan cererea și oferta. Numai că, la nivel macroeconomic, vorbim de o cerere agregată și o ofertă agregată, obținute prin cumulara cererilor individuale și a ofertelor individuale, formate pe piețele microeconomice corespunzătoare. În raport cu natura piețelor individuale, putem vorbi despre următoarele piețe la nivel macroeconomic:

- **pieța agregată a bunurilor și serviciilor;**
- **pieța factorilor de producție;**
- **pieța financiară.**

Aceste piețe cu cel mai înalt nivel de agregare sunt, la rândul lor, formate din alte piețe agregate. De exemplu, piața factorilor este formată din piața reselor și piața forței de muncă, piața financiară din piața monetară, piața de capital, piața valutară etc.

Fiecare piață macroeconomică dispune de un mecanism prin intermediul căruia se formează prețul de piață. Acest preț de piață are un rol esențial în determinarea direcției și intensității fluxurilor dintre sectoarele (sistemele) macroeconomice. Se poate spune că sistemele macroeconomice, împreună cu piețele alcătuiesc mecanisme cibernetice de reglare și autoreglare ale întregii economii naționale.

Modelarea funcționării unor astfel de mecanisme de reglare a economiei se poate face utilizând diferite metode și instrumente cum ar fi:

- **modele de simulare evolutivă;**
- **modele bazate-pe-agenți ș.a.**

Cu ajutorul unor astfel de modele putem înțelege mai bine logica funcționării sistemului economiei naționale, modalitățile prin care se poate interveni în dinamica proceselor și fenomenelor economice care se produc la acest nivel și etapele ce trebuie parcurse pentru realizarea obiectivului economic general, creșterea bunăstării națiunii.

Să prezentăm, mai întâi, sectoarele pe care le întâlnim la nivel macroeconomic. Vom explica comportamentul și rolul fiecărui sector și vom evidenția principalele interdependențe pe care sectoarele le formează între ele prin intermediul piețelor precum și legăturile dintre sectoare și alte sisteme din mediul înconjurător.

### **6.1 Sectorul (sistemul) gospodăriilor**

Sectorul gospodăriilor la nivel macroeconomic poate fi privit ca fiind alcătuit din totalitatea sistemelor cibernetice ale gospodăriilor individuale (consumatorilor) de la nivel microeconomic. Dar sectorul gospodăriilor nu reprezintă suma algebrică a gospodăriilor menționate. Din combinarea comportamentelor gospodăriilor individuale rezultă un comportament agregat al sectorului gospodăriilor la nivel macroeconomic, ca rezultat al funcționării simultane și interdependente dintre milioane de gospodării existente în economia națională.

Într-o economie națională în care proprietatea privată este dominantă, factorii de producție (inclusiv munca) sunt, în general, fie în proprietatea directă a indivizilor din cadrul gospodăriilor, fie le aparțin indirect prin intermediul acțiunilor pe care aceștia le dețin și care la conferă calitatea de proprietari ai întreprinderilor. Deținând în proprietate acești factori, indivizii (gospodăriile) le oferă spre închiriere celorlalte sectoare, primind în schimb venituri (salarii și alte beneficii salariale, dobânzi, rente și dividende etc.). Gospodăriile mai pot să primească venituri – numite transferuri sau plăți transferabile – ce nu sunt legate direct de calitatea lor (sau a indivizilor care fac parte din ele) de proprietari ai factorilor de producție din economie. Astfel de venituri sunt ajutoarele sociale, pensiile, bursele ș.a.

Veniturile sectorului gospodăriilor, primite sub orice formă, împreună cu eventualele împrumuturi de pe piața financiară (credite pentru consum) sunt cheltuite de sectorul gospodăriilor pentru achiziționarea de bunuri și servicii.

De asemenea, o parte a acestor venituri totale este utilizată de sector pentru plata impozitelor și taxelor (globale și locale).

Acea parte a veniturilor totale ale sectorului gospodăriilor care nu este utilizată nici pentru cumpărarea de bunuri și servicii și nici pentru plata impozitelor și taxelor reprezintă economiile. Gospodăriile sunt înclinate să economisească dintr-o mulțime de motive. De exemplu, din venitul economisit ele își pot spori consumul în perioada (sau perioadele) în care realizează venituri totale mai mici (de pildă după pensionare), pot oferi copiilor educație sau își pot spori averea acumulată (pot cumpăra case, mașini, bunuri de folosință îndelungată, acțiuni, depozite ș.a.).

Venitul suplimentar adus gospodăriilor de aceste economii este influențat de sectorul financiar prin rata dobânzii. Deoarece gospodăriile preferă, în general, să consume mai mult acum decât mai târziu, venitul suplimentar adus de economiile realizate de-a lungul timpului poate fi privit ca o compensație (plată) pentru consumul amânat.

Venitul economisit de sectorul gospodăriilor este orientat, de regulă, către sectorul financiar (formând investițiile financiare), o mică parte din aceste economii putând merge și către alte sectoare în mod nemijlocit (formând investițiile directe). Din aceste venituri, cum vom vedea mai târziu, sectorul financiar poate acorda împrumuturi (credite), inclusiv sectorului gospodăriilor.

În timp ce economisesc o parte din venitul realizat, gospodăriile adeseori iau împrumuturi de la sectorul financiar pentru a cumpăra, de regulă, bunuri și servicii ale căror valoare poate să depășească mărimea veniturilor curente realizate (case, autoturisme, educație ș.a.). Desigur că gospodăriile pot împrumuta bani și când cumpără, de exemplu, cu cartea de credit, anumite bunuri de folosință îndelungată, dar aceste credite sunt acordate pe termen scurt.

În sfârșit, sectorul gospodăriilor plătește către sectorul public taxe și impozite, aceasta fiind principala sursă de venituri pentru sectorul public (guvernamental). Aceste taxe și impozite se determină fie proporțional cu venitul global al gospodăriilor, fie reprezintă sume fixe pentru bunurile aflate în proprietatea gospodăriilor (case, terenuri, mașini). Schimbând rata taxelor (denumită și rata fiscalității) și/sau baza la care aceasta este aplicată, sectorul public poate afecta nivelul venitului disponibil al sectorului gospodăriilor (adică venitul care rămâne acestui sector după ce se scad impozitele și taxele).

Venitul disponibil este apoi utilizat de sectorul gospodăriilor pentru a achiziționa bunuri și servicii destinate consumului precum și pentru economisire.

Au fost, astfel, evidențiate o serie de fluxuri materiale și de fonduri prin intermediul cărora sectorul gospodăriilor este interconectat cu celelalte sectoare ale economiei naționale. Cu excepția sectorului public (guvernamental), cu care sectorul gospodăriilor are o conexiune directă, conexiunile cu celelalte sectoare se realizează prin intermediul piețelor. Astfel, piața bunurilor și serviciilor mijlocește legătura cu sectorul firmelor, dar și cu sectorul public, iar piața financiară cu băncile și intermediarii financiari care aparțin sectorului financiar al economiei.

Principalele fluxuri materiale și de fonduri dintre sectorul gospodăriilor și celelalte sectoare se reprezintă ca în figura 1.1. Aici fluxurile materiale (de bunuri și servicii destinate consumului final, de bunuri și servicii „publice”, de resurse materiale și muncă) sunt reprezentate prin linii continue, în timp ce fluxurile de fonduri (taxe și impozite, plățile bunurilor și serviciilor, plățile factorilor) sunt reprezentate prin linii punctate. Aceste fluxuri pot fi sintetizate astfel:

- oferă spre închiriere sectorului firmelor factorii de producție deținută în proprietate (m-5) și primesc în schimb de la acest sector venituri reprezentând plata serviciilor factorilor (f-6);
- achiziționează bunuri și servicii produse de sectorul firmelor (f-1);
- primesc bunuri și servicii produse de sectorul firmelor (m-2);
- plătesc taxe și impozite către sectorul public (f-3) în schimbul unor bunuri și servicii publice (m-4);
- își plasează economiile pe piața financiară (f-7) și primesc în schimb venituri din dobânzi (f-8);
- împrumută bani de pe piața financiară (f-8) și plătesc din venitul disponibil ratele la împrumuturi și dobânziile aferente către sectorul financiar (f-7).

În paranteză sunt marcate tipurile de fluxuri (m-flux material și f-flux de fonduri) precum și o cifră reprezentând fluxul respectiv din figura 6.1.

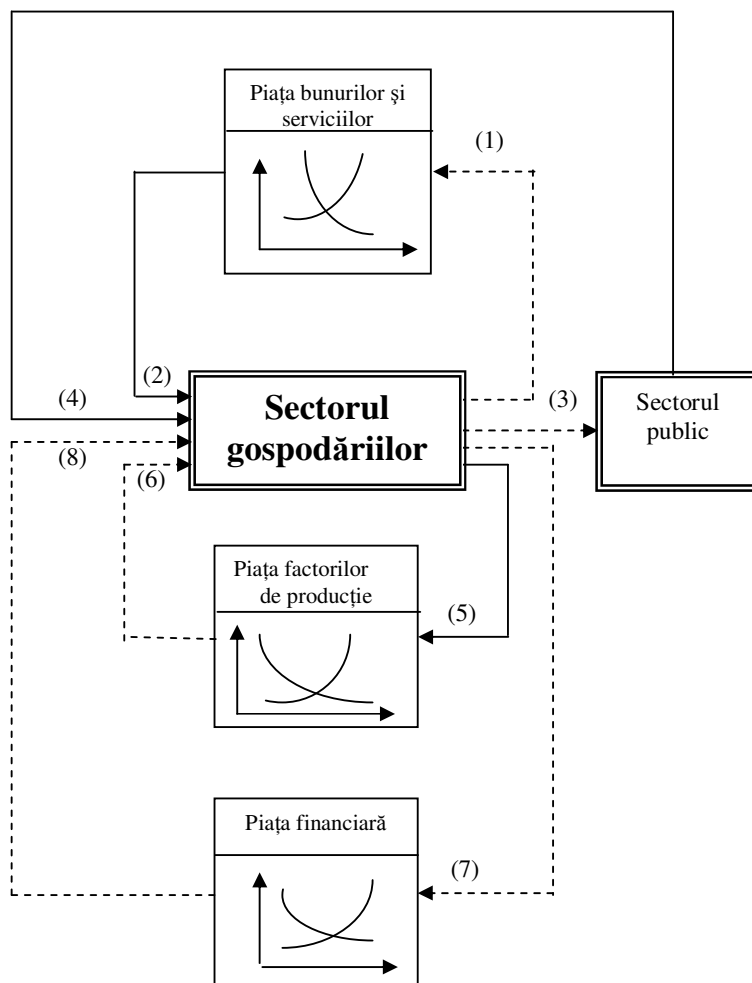


Figura 6.1

Legendă:

- (1) – cheltuieli pentru bunuri și servicii;
- (2) – bunuri și servicii destinate consumului final;
- (3) – impozite și taxe;
- (4) – bunuri și servicii „publice” (apărare, educație, sănătate, administrație ș.a.);
- (5) – factori de producție oferiți spre închiriere (inclusiv muncă);
- (6) – plata serviciilor factorilor de producție;
- (7) – economii (sau dobânzi plătite);
- (8) - venituri din dobânzi (sau credite returnate).

## **6.2 Sectorul firmelor (privat, productiv)**

Sectorul firmelor, denumit și sectorul privat sau sectorul productiv al economiei, este alcătuit din mulțimea întreprinderilor din economie care aparțin indivizilor (gospodăriilor) fie direct (le au în proprietate), fie indirect (dețin acțiuni la firmele respective). Activitatea economică principală a sectorului firmelor o constituie producția de bunuri și servicii, realizată prin consumul de bunuri capitale și de muncă (factori de producție). Bunurile și serviciile destinate consumului sunt cele pe care firmele le trimit pe piața bunurilor și serviciilor pentru a putea fi achiziționate și apoi consumate de sectorul gospodăriilor. Bunurile capitale includ mașini, instalații, echipamente, mijloace de transport, ș.a., care nu sunt complet consumate în producție, ci sunt utilizate în mai multe cicluri de fabricație pentru a realiza bunuri și servicii destinate consumului.

Firmele pot produce, pe lângă bunuri și servicii destinate consumului individual (final), și bunuri capitale destinate consumului productiv (intermediar), contribuind astfel la creșterea stocului total de resurse capitale existent în economie.

Ca producători, firmele din sectorul privat concurează unele cu altele precum și cu firmele din cadrul sectorului public pentru a obține resurse (inclusiv muncă) de pe piața factorilor de producție. Pe această piață, sectorul firmelor achiziționează sau închiriază (în primul rând de la sectorul gospodăriilor) o cantitate limitată economic de resurse. Costul achiziționării (închirierii) acestor resurse reprezintă principala sursă de venituri pentru oferta de factori de producție (inclusiv de muncă).

Utilizând resursele atrase de pe piața factorilor de producție, sectorul firmelor le combină în anumite proporții (tehnologii), obținând o anumită cantitate de bunuri și/sau servicii. Astfel, un teren arendat de la anumite gospodării, poate fi arat și semănat, combinat cu apă, îngrășăminte, tractoare și muncă conform unei anumite tehnologii și, după o anumită perioadă de timp, se obține o cantitate de grâu. Similar, amestecând în anumite proporții minereu de fier, cocs, electricitate, furnale, mori de măcinat minereu și muncă se obține o anumită producție de oțel.

Serviciile pot fi privite, de asemenea, ca fiind activități similare producției desfășurate de firme. Repararea unui autoturism pe o linie de service auto necesită piese de schimb, unelte și scule specifice, un elevator, electricitate și muncă.

În sectorul firmelor, perspectiva de a obține un profit sau de a nu înregistra pierderi reprezintă principalul stimulent al activității de producție desfășurate. Această activitate constă, în esență, din procesul de achiziționare de pe piața factorilor de producție a unor resurse relativ rare și costisitoare (materii prime și materiale, energie ș.a.) precum și din închirierea pe aceeași piață a forței de muncă necesare (angajarea muncitorilor) și a le combina cu o anumită tehnologie (înțelegând aici atât mașini, unelte, instalații, dar și informații tehnologice) pentru a realiza, la costurile cele mai scăzute posibil, produse și servicii destinate vânzării la prețuri competitive pe piața bunurilor și serviciilor. Competiția de piață a firmelor pentru factorii de producție și a gospodăriilor pentru produse și servicii asigură, în general, profitabilitatea sectorului firmelor.

Firmele se pot organiza în diferite structuri prevăzute de lege. Ele pot forma corporații, holdinguri sau pot acționa individual. Organizarea firmelor este stimulată tot de nevoia de a obține un profit cât mai mare sau de a deveni profitabile.

Venitul net al firmelor (sau profitul după plata taxelor) este diferența dintre veniturile obținute prin vânzarea produselor și serviciilor și costurile (cheltuielile) asociate cu producerea acestora. Venitul net este distribuit de firmă sub formă de dividende către acționari (proprietari) sau reținut ca profit redistribuit, acesta putând fi considerat ca un venit economisit de firme.

Profitul redistribuit constituie o sursă importantă de fonduri, firmele utilizându-le pentru a finanța cheltuielile pentru noi resurse capitale (investiții) sau le orientează către piața financiară, de unde obțin venituri sub formă de dobânzi încasate.

Pe lângă profiturile reținute, sectorul firmelor poate împrumuta de pe piața financiară fonduri care să finanțeze cheltuielile din cadrul unui ciclu de producție. Creditele luate de pe piața financiară reprezintă o sursă externă de finanțare pentru sectorul firmelor.

Când sectorul firmelor se împrumută de pe piața financiară, firmele concurează unele cu altele, ca și cu alte sectoare din economie, pentru o cantitate relativ limitată de fonduri disponibile, ce a fost economisită de sectorul gospodăriilor, de alte firme sau chiar de sectorul public și existentă pe piața financiară. Ca și celelalte sectoare, și sectorul firmelor plătește din venitul său net o anumită parte pentru a-i recompensa pe cei care au economisit aceste fonduri și pe intermediarii financiari.



De asemenea, sectorul firmelor poate obține venituri din dobânzile plătite pentru fondurile proprii economisite și plasate pe piața financiară.

Sectorul firmelor poate obține fonduri de investiții și prin vânzarea de acțiuni (care sunt de fapt certificate de proprietate) sau obligațiuni către public.

Sectorul productiv poate să împrumute fonduri de la sectorul financiar pentru perioade scurte de timp, atunci când ciclul de producție este mare, ceea ce face ca fluxul de venituri obținute din vânzarea produselor și serviciilor realizate să fie decalat față de momentul plăților factorilor de producție sau efectuării altor cheltuieli necesare pentru susținerea proceselor de producție.

Aceste împrumuturi pe termen scurt sunt, de regulă, returnate atunci când se obține suficient venit din vânzarea producției realizat pe piața bunurilor și serviciilor către sectorul gospodăriilor sau sectorul public.

Pe lângă aceste împrumuturi pe termen scurt, sectorul firmelor poate să împrumute fonduri din sectorul financiar pentru o perioadă lungă de timp, finanțând astfel programele de investiții. Investițiile din sectorul firmelor sunt făcute pentru a crește capacitatea de producție, deci și pentru a realiza output în cantități sporite. Creșterea producției va atrage un flux de venituri viitoare mai mare, provenit din vânzarea produselor și serviciilor. Acest venit așteptat în viitor mai mare reprezintă principala motivație pentru care sectorul firmelor face investiții.

Schimbările determinate de investiții în sectorul firmelor reprezintă o cauză importantă a expansiunii și reducerii ciclice a nivelului general al activității economice observate în producție, venituri, utilizarea forței de muncă și prețuri. Investițiile din sectorul firmelor sunt afectate, la rândul lor, de o varietate de factori incluzând starea curentă și așteptată a economiei, ratele dobânzilor practice pe piața financiară, taxele și impozitele, etc. O recesiune economică despre care se așteaptă să continue o perioadă de timp poate determina sectorul firmelor să-și reducă planurile de investiții în capital fizic. Împrumuturile pentru achiziționarea de mașini și utilaje necesare în producția de bunuri și servicii se reduc. Sectorul firmelor va avea nu numai o capacitate de producție în exces, dar îi va fi din ce în ce mai dificil să suporte costurile împrumuturilor anterioare dintr-un flux de venituri din ce în ce mai redus.

Similar, creșterea ratelor dobânzilor pe piața financiară poate conduce sectorul firmelor către reconsiderarea planurilor de investiții, în special atunci când

costurile împrumuturilor depășesc veniturile pe care se așteaptă să le obțină din propriile investiții.

O economie în recesiune, taxe și impozite mari și rate ale dobânzilor crescătoare, în mod normal, reduc volumul investițiilor realizate și, în consecință, și capacitatea economiei de a crește producția de bunuri și servicii. Fluxurile de venituri care merg la proprietarii factorilor de producție, volumul economiilor precum și taxele plătite către sectorul public, de asemenea, se reduc. Din contră, o economie în expansiune, împreună cu taxe și impozite moderate și rate ale dobânzilor descrescătoare vor determina creșterea sectorului firmelor, sporirea economiilor precum și a taxelor și impozitelor plătite de firme către sectorul public.

Se pot, acum, sintetiza principalele fluxuri materiale (m) și de fonduri (f) care se formează între sectorul firmelor și celelalte sectoare ale economiei naționale:

- în schimbul unor fluxuri de factori de producție primiți de la sectorul gospodăriilor (m-8), sectorul firmelor plătește un flux de fonduri (f-7);
- utilizând factorii închiriați, sectorul firmelor produce un flux de bunuri și servicii (m-1) care este trimis către piața bunurilor și serviciilor și de aici, către sectorul gospodăriilor, sectorul public și sectorul extern;
- prin vânzarea bunurilor și serviciilor realizate, sectorul firmelor primește un flux de fonduri (f-2) reprezentând venitul total din vânzarea producției realizate;
- sectorul firmelor plătește impozite și taxe sectorului public (f-3), primind în schimb bunuri și servicii “publice” (m-4) (apărare, administrare, acces la infrastructură, ș.a.);
- sectorul firmelor economisește o parte din venitul net realizat și îl trimite către piața financiară (f-9) de unde primește, în schimb, venituri provenind din dobânzi (f-10);
- sectorul firmelor împrumută fonduri de pe piața financiară (f-10) pe care le utilizează pentru investiții și plata factorilor utilizați, iar o parte din venitul net este utilizată pentru returnarea împrumuturilor (inclusiv dobânzi) (f-9) către piața financiară;
- sectorul firmelor primește de la sectorul extern un flux de venituri (f-6) reprezentând plata bunurilor și serviciilor exportate (m-5);

- sectorul firmelor plătește către sectorul extern un flux de venituri (f) reprezentând valoarea bunurilor și serviciilor importate (m).

Datorită dualității dintre fluxurile de intrare și cele de ieșire către sectorul extern putem considera că bunurile și serviciile importate, respectiv plata acestora nu reprezintă decât fluxurile  $m-5$  și, respectiv  $f-6$  având însă direcții inverse. Pentru a rezolva acest lucru, se utilizează conceptul de export net, reprezentând diferența dintre fluxul de plăți pentru produse exportate și produse importate.

În figura 6.2 sunt reprezentate principalele fluxuri materiale și financiare care se formează între sectorul firmelor și celelalte sectoare (sisteme) ale economiei naționale.

### **6.3 Sectorul public (gubernamental)**

Sectorul public (gubernamental, Stat) este format din totalitatea instituțiilor centrale și locale precum și din întreprinderile (regii, societăți naționale ș.a.) aflate în proprietatea statului care realizează bunuri și servicii publice (apărare, educație, sănătate, administrație ș.a.) dar și bunuri și servicii destinate consumului celorlalte sectoare ale economiei (autostrăzi, rețele de comunicații, școli ș.a.) și care sunt prea costisitoare pentru a putea fi realizate de sectorul firmelor.

Sectorul public cumpără de la sectorul productiv (privat) bunuri și servicii pe care le utilizează apoi pentru realizarea de bunuri publice. De exemplu, sectorul public poate cumpăra de la firme articole de papetărie pentru administrație, tancuri și mașini blindate pentru apărare, calculatoare pentru educație ș.a. Totuși aceste bunuri și servicii, provenind din sectorul firmelor, sunt considerate, la nivelul sectorului public, resurse ce sunt utilizate pentru a produce bunuri și servicii “publice”. Alteori, sectorul public poate el însuși realiza bunuri și servicii prin intermediul întreprinderilor aflate în proprietatea statului, utilizând pentru acesta resurse închiriate de pe piața factorilor de producție (inclusiv muncă).

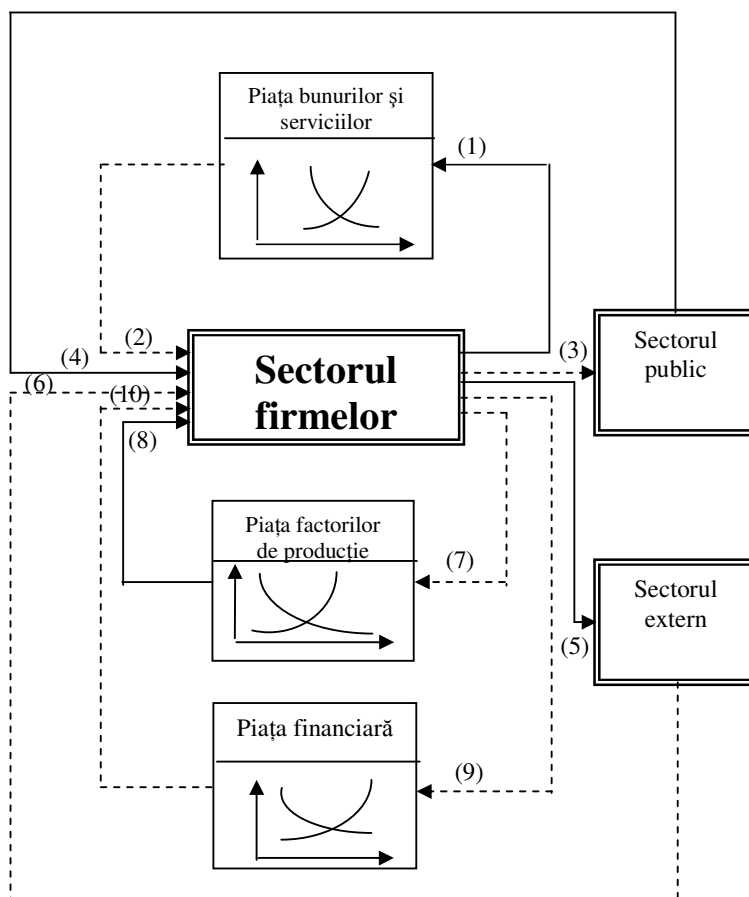


Figura 6.2

Legendă:

- (1) – flux de bunuri și servicii;
- (2) – flux de venituri totale din vânzarea outputului;
- (3) – impozite și taxe plătite;
- (4) – bunuri și servicii “publice”;
- (5) – export net (bunuri exportate – bunuri importate);
- (6) – flux de venituri (plăți) din activitatea de export – import;
- (7) – flux de plăți ale serviciilor factorilor (inclusiv muncă);
- (8) – factori de producție închiriați;
- (9) – flux de economii (plăți ale dobânzilor);
- (10) – flux de împrumuturi (venituri din dobânzi la economiile realizate).

De exemplu, educația oferită de universitățile de stat, licee și școli este un bun public produs direct de sectorul public.

Pentru a produce și achiziționa bunuri și servicii publice, sectorul public utilizează veniturile provenite din impozite și taxe plătite de către sectorul gospodăriilor, sectorul firmelor și sectorul financiar. De asemenea, o parte din venituri provin de la sectorul extern din taxele vamale.

Totalitatea cheltuielilor realizate de sectorul guvernamental (public) pentru producerea și achiziția de bunuri și servicii publice reprezintă cheltuielile guvernamentale. O schimbare în cheltuielile guvernamentale afectează toate fluxurile din economie. Dacă, de exemplu, sectorul public va crește cererea sa de bunuri și servicii realizate de sectorul firmelor, va crește volumul resurselor utilizate, deci și nivelul veniturilor obținute de gospodării și firme, cheltuielile acestora și economiile. Veniturile din taxe ale sectorului public pot să crească chiar și fără o schimbare în rata fiscalității, deci în rata impozitelor și taxelor plătite de sectorul gospodăriilor și sectorul firmelor, și aceasta datorită creșterii bazei de taxare.

Ca și reducerea taxelor, creșterea în cheltuielile guvernamentale va stimula, în general, ritmul activității economice și intensitatea fluxurilor asociate acesteia. Similar, o încetinire sau o reducere a cheltuielilor guvernamentale (sau o creștere a taxelor) va tinde să reducă sau să încetinească fluxurile economice.

O importantă funcție fiscală a sectorului guvernamental este să stabilizeze cheltuielile sectorului privat și fluxurile de producție care scad prea rapid sau cresc prea lent, determinând o instabilitate a prețurilor și șomaj. Sectorul public contribuie la stabilitatea economiei iar nivelul cheltuielilor sale crește. De exemplu, dacă în economie se constată o încetinire a fluxurilor de producție și consum, o creștere deliberată a cheltuielilor guvernamentale și/sau o descreștere a ratei fiscalității va tinde să stimuleze intensificarea fluxurilor economice. Totuși, când economia se extinde prea rapid, riscând să se creeze dezechilibre între sectoare, o reducere deliberată sau o încetinire a creșterii cheltuielilor guvernamentale și/sau o creștere a taxelor va determina o încetinire a fluxurilor economice. Nu toate cheltuielile guvernamentale îndeplinesc rolul menționat mai sus. O parte a acestora, cum sunt cheltuielile de apărare, asigurările sociale și plățile transferabile, dobânzile plătite de sectorul guvernamental la datoria publică ș.a. tind să crească indiferent de ciclicitatea economiei. Acestor cheltuieli le revin o parte importantă din bugetul de stat și cel al asigurărilor sociale.

Cum am arătat deja, principala sursă de venituri a sectorului public este cea a impozitelor și taxelor plătite pe venit și pe profit de sectorul gospodăriilor, respectiv sectorul firmelor. Atât la nivel central, dar mai ales la nivel local, există însă o mare varietate de alte impozite și taxe care nu depind de venit și profit. Ele sunt denumite taxe în sumă fixă pentru a le deosebi de primele care sunt variabile în raport cu mărimea venitului sau profitului din care se calculează (baza de impozitare).

O taxă pusă pe un flux de venituri afectează mărimea economiilor realizate în cadrul sectorului gospodăriilor și sectorului firmelor. În consecință, ea va afecta și mărimea cheltuielilor de consum ale sectorului gospodăriilor, respectiv cheltuielilor de investiții ale sectorului firmelor.

De exemplu, o creștere a impozitului pe venitul personal (la nivelul sectorului gospodăriilor) va tinde să reducă venitul disponibil și, în consecință, mărimea venitului alocat de sectorul gospodăriilor pentru consum și pentru economii.

Deoarece taxe mai mari descurajează cheltuielile de consum, pe piața bunurilor și serviciilor vor fi achiziționate mai puține bunuri și servicii, iar sectorul firmelor își va reduce producția în mod corespunzător deoarece va rămâne cu produsele neachiziționate în stoc. O încetinire a producției în sectorul firmelor va duce la descreșterea cererii de factori de producție pe piața factorilor (inclusiv pentru muncă). Va crește șomajul și va descrește venitul provenit din plata utilizării factorilor, reducând și mai mult cererea totală de bunuri și servicii.

Sectorul guvernamental funcționează, de regulă, în condițiile unui deficit bugetar. În general, în cursul unei expansiuni economice, cheltuielile guvernamentale tind să-și încetinească ritmul de creștere, în timp ce veniturile guvernamentale provenind din taxe cresc. Drept urmare, deficitul bugetar devine mai mic sau surplusul bugetar (dacă economia ar fi avut un buget excedentar) devine mai mare. Similar, în cursul unei recesiuni economice, deficitul bugetar tinde să crească în timp ce taxele se reduc iar cheltuielile guvernamentale, inclusiv cele pentru programele de combatere a recesiunii, cresc.

Pentru a acoperi deficitul bugetar, sectorul guvernamental utilizează împrumuturile publice (pe piața financiară internă sau internațională). Datoria publică crește când deficitul bugetar devine mare și scade când acesta se reduce. Sectorul guvernamental plătește dobânzi la datoria publică către sectoarele de la care a făcut împrumutul public (sectorul gospodăriilor și sectorul financiar). Împrumuturile publice pe piețele financiare externe sunt, de regulă, mai costisitoare, sectorul public

trebuind să plătească dobânzi și rate ale împrumuturilor externe care împovărează și mai mult bugetul de stat.

Chiar și în cazul existenței deficitelor bugetare, sectorul guvernamental poate economisi, formând o rezervă de stat. Această rezervă este compusă din bunuri materiale de strictă necesitate (zahăr, ulei, petrol etc.), din aur și din fonduri în valute străine.

Conexiunile sectorului public pot fi deci sintetizate astfel:

- există două fluxuri similare de bunuri publice între sectorul guvernamental și sectorul gospodăriilor, respectiv cel al firmelor (m-3) prin care bunuri și servicii care nu sunt asigurate, de regulă, de către sectorul privat sunt furnizate celor două sectoare;
- în schimbul acestor bunuri publice, sectorul gospodăriilor și sectorul firmelor trimit către sectorul public două fluxuri reprezentând impozite și taxe (f-2);
- un alt flux este cel prin care sectorul public cumpără de la sectorul firmelor bunuri și servicii (f-3) în schimbul căruia primește un flux de bunuri și servicii (m-4);
- al patrulea flux este cel prin care sectorul public închiriază factori de producție de la sectorul gospodăriilor (m-6) în schimbul plății serviciilor acestora (f-5);
- al cincilea flux este cel prin care sectorul public împrumută de pe piața financiară fonduri pentru a acoperi deficitul bugetar (f-8) plătind, în schimb, dobânda la datoria publică (f-7);
- un ultim flux este cel al economiilor realizate de sectorul public care sunt plasate pe piața financiară (f-7), acesta primind în schimb venituri din dobânzi (f-8).

Se observă că acest ultim flux poate fi considerat dual celui anterior, prin care sectorul public împrumută de pe piața financiară fonduri destinate acoperirii deficitului bugetar, numai că direcția fluxurilor este inversă. Din această cauză, sectorul public poate să fie debitor net sau creditor net pe piața financiară, în funcție de diferența dintre intrările totale de fonduri și ieșirile de fonduri către piața financiară.

În figura 6.3 sunt prezentate conexiunile principale, materiale și financiare, dintre sectorul public și celelalte sectoare (sisteme) ale economiei naționale.

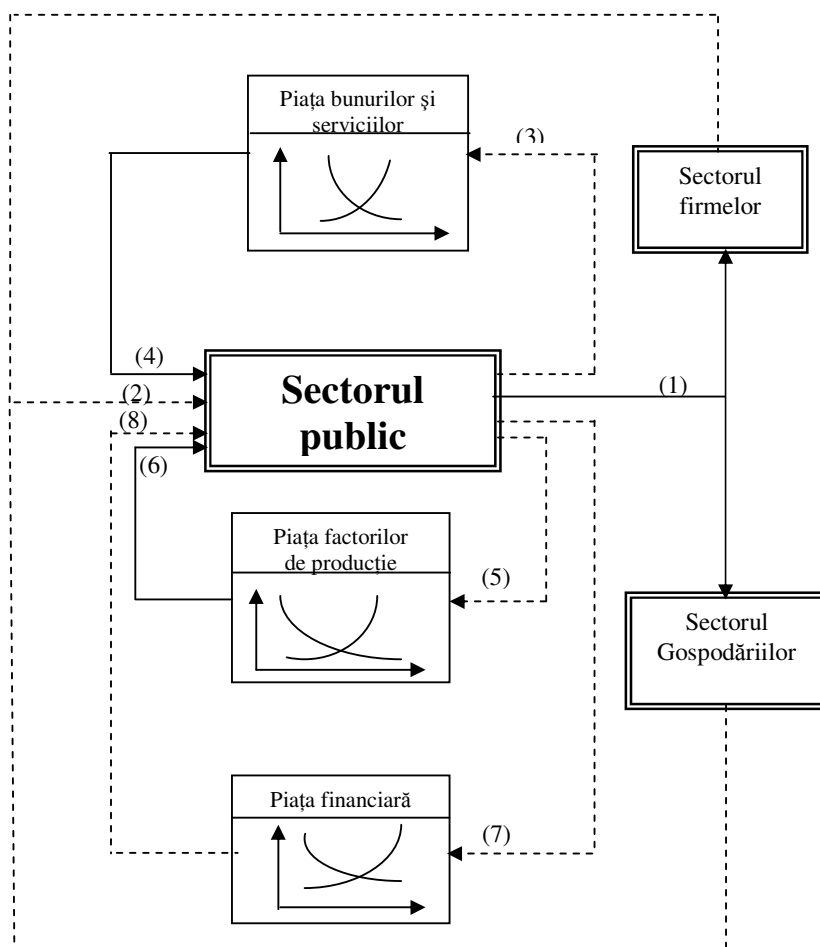


Figura 6.3

Legendă:

- (1) – flux de bunuri și servicii “publice”;
- (2) – impozite și taxe;
- (3) – plata produselor achiziționate pe piața bunurilor și serviciilor;
- (4) – bunuri și servicii furnizate de sectorul firme;
- (5) – plata serviciilor factorilor închiriați de la sectorul gospodăriilor;
- (6) – factori de producție închiriați de către sectorul public;
- (7) – economii nete (diferența dintre fondurile economisite și împrumuturile făcute de sectorul public);
- (8) – venituri provenite din dobânzi la economiile nete (dacă sunt negative reprezintă plata dobânzilor la împrumuturile făcute).



## **6.4 Sectorul extern**

Fluxurile materiale (sub formă de importuri și exporturi) și fluxurile financiare dintre economia națională și restul lumii se efectuează prin intermediul sectorului extern. Dacă într-o economie neglijăm acest sector, spunem că avem o **economie închisă**; în caz contrar vorbim despre o **economie deschisă**.

Orice economie are nevoie de anumite bunuri și servicii pe care sectorul productiv intern nu le realizează sau le realizează în cantități insuficiente, deci aceste bunuri și servicii vor fi importate; în același timp, orice economie produce un surplus de bunuri și servicii pe care le vinde pe piețe externe, deci le exportă. Se observă că fluxurile respective intră și ies în principal din sectorul firmelor, dar import și export poate face și sectorul public.

Pentru importuri, cele două sectoare trebuie să plătească o parte din veniturile lor în timp ce pentru export ele primesc venituri din exterior.

O dificultate o reprezintă însă moneda în care se fac aceste plăți reciproce. Diferitele economii au încă valute diferite, acest lucru îngreunând schimburile comerciale (de exemplu, unul dintre motivele principale ale introducerii Euro în țările din Uniunea Europeană, cu excepția a două dintre ele, este dat de facilitățile pe care le creează la plata fluxurilor de export și import).

Pentru a rezolva transformarea valutilor străine în valuta internă și invers, în cadrul sectorului financiar există intermediari valutari (bănci sau case de schimb) care, pe piața financiară (mai precis pe o componentă a acesteia numită piața valutară) realizează schimburi între diferitele valute. Deci sectorul extern utilizează piața valutară doar pentru a realiza transformările valutare necesare bunei desfășurări a fluxurilor de exporturi și importuri.

În afară de aceste fluxuri comerciale, orice economie are intrări și ieșiri de fluxuri de capital. Acestea sunt formate, de regulă, de investițiile străine făcute de rezidenții altor state în economia internă, respectiv investiții ale cetățenilor rezidenți ai statului respectiv în alte economii sau pe piețe financiare internaționale. Și aceste fluxuri de capital sunt transformate; cele de intrare în valuta internă, iar cele de ieșire într-o valută recunoscută internațional sau valuta țării în care el va merge.

Valoarea unei valute interne în raport cu o valută străină reprezintă rata de schimb, care constituie deci prețul pieței valutare. Rata de schimb reflectă

intensitatea fluxurilor internaționale de fonduri. De exemplu, oferta de valută internă pe piața valutară va crește în mod normal, dacă nivelul importurilor sau intrările internaționale de fonduri în țara respectivă cresc. Invers, cererea de valută va crește în mod normal când nivelul exporturilor sau ieșirilor de fonduri către alte țări cresc.

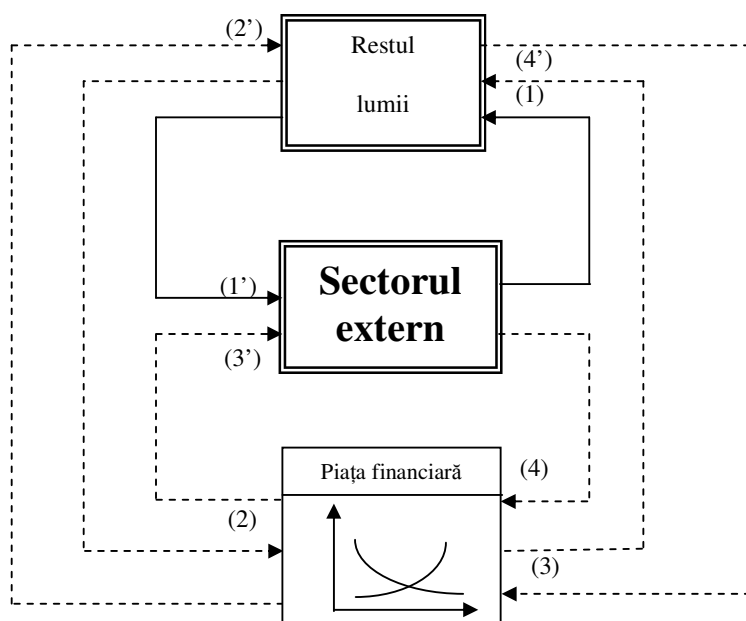
Schimbările suferite de rata de schimb de pe piața valutară afectează fluxurile materiale și financiare din economia respectivă. Creșterea ratei de schimb a unei valute străine va accelera exporturile și va încetini importurile. Crescând exporturile, cererea de factori de producție a sectorului firmelor va crește, veniturile din plățile factorilor vor spori în sectorul gospodăriilor, deci și cererea acestora de bunuri și servicii.

Rezultă, deci, că principalele fluxuri dintre sectorul extern și celelalte sectoare ale economiei pot fi sintetizate astfel:

- două fluxuri materiale de export și de import ( $m-1$ ) și ( $m-1'$ ), dublate de două fluxuri de fonduri în sens invers, reprezentând plățile pentru export ( $f-2$ ) și, respectiv, import ( $f-2'$ );
- două fluxuri de fonduri reprezentând intrări, ( $f-5$ ), ( $f-5'$ ) și ieșiri ( $f-6$ ), ( $f-6'$ ) de capital financiar.

Aceste patru fluxuri se formează între sectorul extern, aparținând economiei naționale și celelalte economii, pe care la vom denumi generic “restul lumii”.

În figura 6.4 se reprezintă principalele conexiuni ale sectorului extern:



**Figura 6.4**

Legendă:

- export;

– venituri din export;

(1') – import;

(2') – plățile importurilor;

(3) și (3') – intrări de capital internațional (în valută străină) și transformarea lor în valută internă;

(4) și (4') – ieșiri de capitale financiar (în valută internă) și transformarea lor în valută străină.

### **6.5 Sectorul financiar**

În general, toate sectoarele analizate până acum împrumută și economisesc fonduri. Important este, totuși, faptul că aceste procese determină un echilibru: dacă unele sectoare economisesc mai mult decât cheltuiesc se creează un excedent de fonduri; acest excedent este utilizat pentru a acoperi deficitul de fonduri al altor sectoare. Alte sectoare, care cheltuiesc mai mult decât economisesc, deci au un deficit de fonduri, împrumută aceste fonduri de la cele care au excedent.

Sectorul financiar este cel care realizează transferul de fonduri de la sectoarele care au un excedent de fonduri către cele care au deficit. În același timp, sectorul financiar asigură plata dobânzilor convenite celor care dau cu împrumut fonduri din veniturile primite de la cei care iau cu împrumut fonduri.

Sectorul financiar este constituit din mulțimea băncilor de diferite tipuri și a celorlalți intermediari financiari (societăți de asigurări, fonduri de investiții, fonduri de pensii ș.a.) care există într-o economie. Acumularea anuală a economiilor sectoarelor care au excedent de fonduri permite constituirea fondurilor de investiții utilizate de sectoarele care au deficit de fonduri pentru a dezvolta activitățile productive.

De regulă, sectoarele care economisesc cel mai mult sunt cel al gospodăriilor și sectorul public. Sectorul gospodăriilor constituie cel mai important sector ce creează un surplus de fonduri. Economii realizate de acest sector merg către celelalte sectoare și aduc gospodăriilor un venit suplimentar datorită dobânzii plătite de aceste sectoare. Formele de economisire cel mai frecvent utilizate sunt:

constituirea depozitelor bancare, cumpărarea de obligațiuni ale firmelor și corporațiilor , cumpărarea de polițe de asigurare, contribuții la fondul de pensii ș.a.

Sectoarele care iau cu împrumut fondurile cele mai mari sunt sectorul public și sectorul privat (al firmelor).

Transferul de fonduri între sectoare se face, de regulă, pe piața financiară. Pe această piață, oferta de fonduri a celor care economisesc este egală cu cererea de fonduri a celor care împrumută pentru un nivel dat al ratei dobânzilor. Dacă cererea de fonduri este temporar mai mare decât oferta de fonduri, competiția dintre sectoare pentru a obține fonduri dintr-o ofertă oarecum limitată va ridica prețul fondurilor, deci ratele dobânzilor. Rate ale dobânzilor mai mari vor încuraja, în general, noi economii, în timp ce va descuraja pe împrumutați până când cererea și oferta vor fi din nou echilibrate pentru un nou nivel al ratelor dobânzilor.

De exemplu, când economia este într-o expansiune rapidă, sectorul gospodăriilor și sectorul firmelor își extind cererile de credite deoarece cheltuielile lor pentru bunuri și servicii destinate consumului individual, respectiv de investiții vor crește. Creșterea competiției pentru credite tinde să împingă în sus ratele dobânzilor. Dacă sectorul public împrumută și el fonduri pentru a-și finanța deficitul bugetar, acest lucru va face și el să crească presiunea asupra ratelor dobânzilor pe piața financiară. După creșterea acestora, fluxul de cheltuieli și producția vor tinde să scadă.

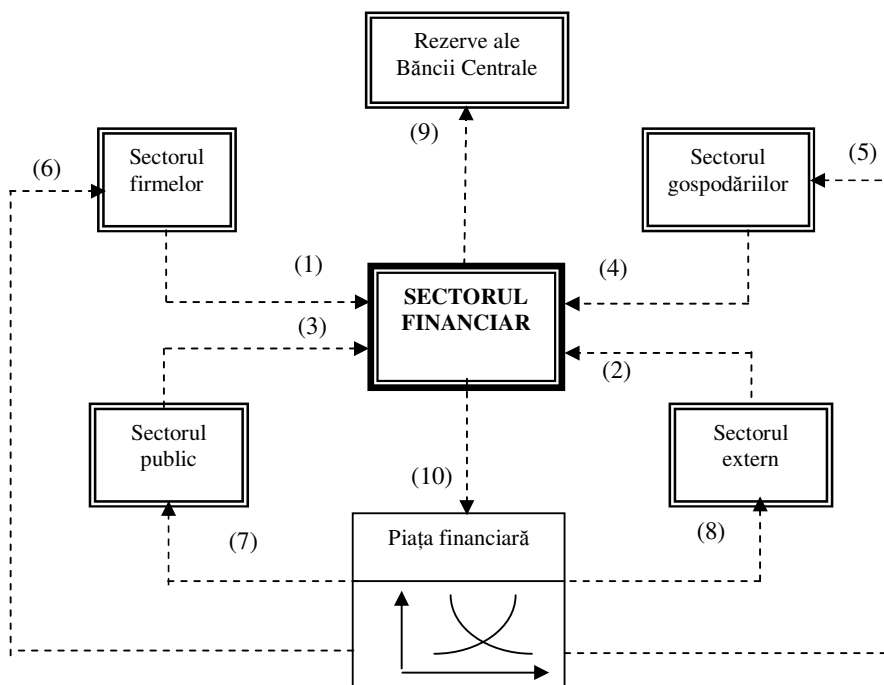
Un rol special în sectorul financiar îl au instituțiile financiare care acordă credite, în principal **băncile comerciale**. Ele dețin fondurile celorlalte sectoare sub formă de depozite bancare la vedere sau la termen, care sunt utilizate pentru a face plăți în achizițiile de bunuri și servicii, inclusiv pentru investiții. Aceste depozite, numite și conturi de lichidități , constituie sursa cea mai importantă a ofertei de bani din economie. Nici o altă instituție financiară nu formează un volum așa de mare de fonduri ca băncile comerciale. De asemenea, băncile comerciale creează noi depozite bancare când dau credite pentru a finanța cumpărările de bunuri și servicii (credite pentru consum) și lucrările pentru investiții (credite de investiții). Posibilitatea băncilor comerciale de a crea bani este totuși limitată de volumul rezervelor pe care ele le constituie la o bancă cu rol special în economie, denumită **Banca Centrală**. Aceasta are anumite funcții care îi permit să exercite controlul asupra fluxurilor financiare și a pieței monetare, componentă principală a pieței financiare. Acest lucru se realizează, de regulă, prin controlul asupra ofertei de bani și a rezervelor băncilor

comerciale. Modalitățile prin care Banca Centrală influențează aceste două elemente se numesc politici monetare.

Rezultă că sectorul financiar are, cu celelalte sectoare din cadrul economiei naționale, următoarele interdependențe principale:

- patru fluxuri financiare, (f-1), (f-2), (f-3) și (f-4), reprezentând economiile realizate în sectorul gospodăriilor, sectorul firmelor, sectorul public și sectorul extern;
- alte patru fluxuri financiare, (f-5), (f-6), (f-7) și (f-8), reprezentând creditele acordate acestor sectoare;
- un flux financiar (f-9) de formare a rezervelor băncilor la Banca Centrală;
- un flux financiar (f-10) de la sectorul financiar la piața financiară, constituind oferta de credite.

În figura 6.5 se reprezintă principalele conexiuni dintre sectorul financiar și celelalte sectoare economice.



**Figura 6.5**

Legendă:

- (1)-(4) – depozite;
- (5)-(8) – credite;
- (9) – rezerve ale băncilor la Banca Centrală;
- (10) – oferta de credite.

## **6.6 Modele de simulare și modele-bazate-pe-agenți în macroeconomie**

(nu se cer)

În ultima perioadă, în analiza și modelarea sistemelor macroeconomice au început să fie utilizate diferite metode provenind din simulare și teoria complexității. Dintre aceste metode noi merită amintite: simularea pe baza algoritmilor genetici, rețelele neuronale, agenții și modelele bazate pe agenți ș.a.

### **6.6.1 Modele bazate pe algoritmi genetici (AG)**

Algoritmii genetici sunt algoritmi de optimizare stohastică având la bază mecanisme evoluționiste și genetice. Filosofia lor este foarte simplă. Se pornește de la o populație de soluții potențiale (cromozomi) alese arbitrar. Se evaluează performanța (fitness-ul) fiecăruia. Pe baza acestor performanțe se obține o nouă populație de soluții potențiale utilizând operatori de evoluție simpli: selecția, încrucișarea și mutația. Se repetă acest ciclu până când se găsește o soluție satisfăcătoare.

AG au fost descoperiți de John Holland (1975). Dar abia o carte a lui Goldberg, apărută în 1989 le-a adus popularitatea actuală. Datorită mării lor simplități și eficienței calculatorii, AG au astăzi numeroase aplicații economice, financiare, tehnice, sociale ș.a.

AG fac parte din clasa de metode de modelare evoluționiste. Pe lângă aceștia, clasa respectivă mai include **programarea genetică**, o modificare a algoritmilor genetici pentru a evolua ca programe de calculator, **strategiile de evoluție** ce reprezintă o formă de algoritmi evoluționiști care utilizează reprezentarea non-cromozomială și se axează mai mult pe studierea operatorului de mutație, **programarea evoluționistă** care nu are restricții în reprezentarea soluției ș.a. Totuși, limitele între aceste metode sunt foarte greu de definit și, treptat, s-a impus conceptul

de algoritmi genetici pentru a denumi o clasă de metode ce derivă din concepția inițială a lui Holland.

- **Ce sunt algoritmi genetici**

Să dăm, în continuare, o definiție mai exactă pentru AG. Un AG se definește prin următoarele concepte:

- individ/cromozom/lanț/secvență/string: o soluție potențială a problemei;
- populație: o mulțime de indivizi sau de puncte în spațiul de căutare;
- mediu: spațiul de căutare;
- funcția de fitness: funcția pozitivă care trebuie maximizată.

Un string (cromozom, individ)  $A$  de lungime  $l(A)$  este un șir:

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_l\}$$

cu  $a_i \in V = \{0,1\}$  pentru orice  $i \in [1, l]$ . Deci un string este un șir de biți în alfabetul binar, numit și lanț binar. În cazul unui alfabet non-binar, cum ar fi cel zecimal, șirul  $A$  nu conține decât un punct,  $A = \{a\}$ , cu  $a \in \mathbf{R}$

Fitnessul unui string (șir, secvență, cromozom, individ) este o valoare pozitivă,  $f(A)$ , unde  $f$  este denumită funcție de fitness. Fitnessul (eficacitatea) nu trebuie confundat cu valoarea optimă. Numai întâmplător cele două valori coincid. Deoarece fitnessul este o funcție având valori pozitive reale, în cazul codificării binare a AG se poate utiliza o funcție de decodificare  $d$ , definită ca:

$$d: \{0,1\}^l \rightarrow \mathbf{R}$$

care permite trecerea de la un string binar la o valoare reală.

Funcția de fitness este deci aleasă astfel încât să transforme această valoare reală furnizată de  $d$  într-o valoare pozitivă, deci:

$$f: d(\{0,1\}^l) \rightarrow \mathbf{R}_+.$$

Scopul principal al unui AG este deci de a găsi stringul care maximizează funcția de fitness  $f$ .

Evident că funcțiile  $d$  și  $f$  depind de problema particulară care trebuie rezolvată, aceasta fiind și principala dificultate în aplicarea AG.

Fazele AG sunt următoarele:

- i) Inițializarea: O populație inițială de  $N$  cromozomi este determinată aleator (utilizând, de exemplu, metode obișnuite de generare a numerelor întâmplătoare);
- ii) Evaluarea: Fiecare individ (cromozom) din cadrul populației este decodificat și apoi evaluat cu funcția de fitness;
- iii) Selecția: Crearea unei noi populații de  $N$  cromozomi utilizând o metodă de selecție adecvată;
- iv) Reproducerea: Posibilitatea de încrucișare și mutație în cadrul noii populații;
- v) Revenirea la faza de evaluare până la oprirea algoritmului. Condiția de oprire este legată, în general, de atingerea unei valori a funcției de fitness care este cea mai mare comparativ cu celelalte și care nu mai crește în continuare.

- **Codificarea și generarea populației inițiale**

Există în cadrul AG trei tipuri principale de codificare: binară, intermediară și zecimală. Se poate trece ușor de la un tip de codificare la altul utilizând relații de transformare obișnuite. În anumite lucrări se face o paralelă cu biologia, vorbindu-se despre genotip (masculin și feminin) care reprezintă codificarea în alfabetul binar a unui individ și fenotip (denumirea pentru valoarea reală corespunzătoare din spațiul de căutare).

Cea mai simplă transformare (funcția de decodificare  $d$ ) a unui string binar  $A$  într-un număr întreg  $x$  se face cu relația următoare:

$$x = d(A) = \sum_{i=1}^l a_i \cdot 2^{l-i-1}$$

unde  $a_i \in A = \{0,1\}$ . Astfel, un cromozom  $A = \{1,01,1\}$  are valoarea reală  $x = 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 11$ .

Evident că funcția de decodificare  $d$  poate fi modificată în raport cu problema ce trebuie rezolvată. Astfel, pentru a maximiza o funcție:

$$f : [0,1] \rightarrow [0,1]$$

putem utiliza o relație de transformare de forma:

$$x = d(A) = \sum_{i=1}^l a_i \cdot 2^{-i-1}$$



Pentru a asigura precizia dorită (de exemplu de cinci cifre exacte după virgulă) se ia  $l = 16$  astfel că  $d\left(\underbrace{1, \dots, 1, \dots, 1}_{16}\right) = 0.999992 \cong 1$ .

O altă posibilitate de a-l alege pe  $d$  este ca

$$x = d(A) = \sum_{i=1}^l \frac{a_i \cdot 2^{l-i-1}}{2^{l+1}}.$$

Pentru  $l = 16$  obținem  $2^{17} - 1 = 131071$  și  $d\left(\underbrace{1, \dots, 1, \dots, 1}_{16}\right) = \frac{131071}{131071} = 1$ .

Precizia dorită este asigurată deoarece  $d\left(\underbrace{0, \dots, 010}_{14}\right) = \frac{2}{131071} = 0,0000152589$ .

Această ultimă relație de decodificare poate fi generalizată pentru orice tip de funcție  $f$ . Astfel, dacă dorim să maximizăm o funcție  $f$  în raport cu o variabilă reală  $x$  iar  $D = \{x_{\min}, x_{\max}\}$ , unde  $D \subset \mathfrak{X}$  este spațiul de căutare admisibil,  $x_{\min}$  și  $x_{\max}$  fiind limita inferioară, respectiv limita superioară a lui  $D$ , fie  $l \cdot d = x_{\max} - x_{\min}$ , lungimea intervalului  $D$ . Trebuie să împărțim, atunci, acest interval în  $n_i = l \cdot d * 10^{prec}$  subintervale egale pentru a obține precizia ( $prec$ ) dorită. De exemplu, dacă  $D = [-1, 2]$  atunci  $l \cdot d = 3$  și dacă  $prec = 6$  atunci v-a trebui să împărțim intervalul de căutare  $D$  în  $n_i = 3 \cdot 10^6 = 3.000.000$  subintervale.

Pentru un  $s$  întreg natural astfel încât  $2^s > n_i$ , transformarea unui string binar  $A = \{a_1, \dots, a_s\}$  într-un număr real  $x$  se poate face atunci în doi pași:

1) conversia bazelor (trecerea din baza 2 în baza 10)

$$x' = \sum_{i=1}^s 2^{i-1};$$

2) căutarea unui număr real corespunzător:

$$x = x_{\min} + x' \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2^s - 1}.$$

Cei doi pași pot fi comprimați scriind direct relația de transformare (decodificare):

$$x = x_{\min} + \sum_{i=1}^s \frac{2^{i-1} l \cdot d}{2^s - 1}$$

În cazul anterior, în care  $prec = 6$ ,  $s$  trebuie luat 22 deoarece  $2^{21} = 2.097.152 < 3.000.000 < 2^{22} = 4.194.304$ .

Deci numărul de biți dintr-un string binar depinde de precizia cu care dorim să facem calculele.

După determinarea relațiilor de transformare utilizate, se generează aleator un număr de  $N$  indivizi (stringuri) în spațiul de admisibilitate al indivizilor. În cazul codificării binare (stringuri binare), după ce se determină dimensiunea  $l$  a lanțului se efectuează pentru cromozomul  $i = [1, l]$  generarea de biți  $\{0,1\}$  cu echiprobabilitate (0 sau 1 pot să apară în cromozomul respectiv cu aceeași probabilitate).

- **Operatori genetici**

Operatorii genetici joacă cel mai important rol în cadrul AG. Există trei tipuri principale de operatori:

- operatorul de selecție;
- operatorul de încrucișare;
- operatorul de mutație.

A) **Operatorul de selecție** (numit uneori și operatorul de reproducere) este cel mai important operator genetic deoarece permite indivizilor dintr-o populație să supraviețuiască, să se reproducă sau să moară. Ca regulă generală, probabilitatea de supraviețuire a unui individ este legată direct de eficiența relativă a acestuia în cadrul populației respective.

Există mai multe metode de reproducere (selecție). Metoda cea mai cunoscută este, desigur, cea a loteriei întâmplătoare (aleatoare). Conform acestei metode, fiecare individ (cromozom) va fi duplicat în noua populație, proporțional cu valoarea sa de adaptare. Se efectuează, de câteva ori, extrageri cu revenire din cadrul mulțimii de indivizi ai populației respective. În cazul codificării binare, se determină pentru fiecare individ (cromozom) extras,  $c_i$ , fitnessul acestuia,  $f(d(c_i))$ . Atunci probabilitatea ca cromozomul  $c_i$  să fie reintrodus în noua populație, a cărei mărime este  $N$ , va fi:

$$p_i^s = \frac{f(d(c_i))}{\sum_{j=1}^N f(d(c_j))}, \forall i = \overline{1, N}$$

Indivizii (cromozomii) care determină o valoare a funcției de fitness mare au o probabilitate de selecție  $p^s$  mare, deci șanse mai mari de a fi selecționați (de a se reproduce). Un astfel de tip de selecție se mai numește și selecție proporțională și este foarte ușor de efectuat. Inconvenientul major în utilizarea unei astfel de metode constă în faptul că un individ care nu este cel mai bun din populația respectivă poate ajunge totuși să domine selecția. Se înregistrează astfel o pierdere de diversitate prin dominația unui individ, denumit și superindivid sau dictator. Un alt inconvenient este și performanța slabă a metodei către sfârșitul selecției, când mulțimea indivizilor devine mai omogenă. În acest caz, majoritatea cromozomilor are un fitness ridicat, dar nu optimal sau apropiat de cel optimal. În procesul de selecție, acest grup poate ajunge să domine populația, astfel încât AG nu va mai evolua și optimul nu va mai putea fi găsit. Acest fenomen se numește „convergență prematură” și este una dintre problemele care apar cel mai frecvent la utilizarea AG.

O soluție a acestei probleme nu constă neapărat din utilizarea unei alte metode de selecție, ci din introducerea unei funcții de fitness modificată. Astfel, putem utiliza o schimbare de scală pentru a crește ecartul (diferența) relativ dintre valorile de fitness ale indivizilor.

Există și alte metode de selecție, de exemplu selecția de tip turneu, în care se extrag de fiecare dată câte doi indivizi din populație și se reproduce (selectează) cel mai bun dintre cei doi în noua populație. Se repetă această procedură până când noua populație este completă (deci ajunge la același număr de indivizi  $N$  ca și populația inițială). Totodată, se urmărește ca în faza de selecție să nu se creeze noi indivizi în populație. Acesta este rolul următorului operator genetic.

B) **Operatorul de încrucișare** permite crearea unui nou individ (cromozom) și includerea sa în populația nou generată. Acest lucru se face printr-o procedură foarte simplă care permite schimbul de informație între indivizi (cromozomi). Astfel, doi indivizi, formând o pereche, sunt extrași din cadrul populației rezultată prin selecție (reproducere). Apoi se determină aleator unul sau mai multe puncte de încrucișare (o cifră între 1 și  $l-1$ ). În sfârșit, cu o probabilitate  $p^c$  ca încrucișarea să aibă loc în acel punct, segmentelor finale (în cazul unui singur punct de încrucișare) ale celor doi părinți, cum se numesc indivizii extrași, se schimbă între ele, ducând astfel la apariția a doi noi indivizi (cromozomi).

Trebuie spus că un individ selecționat pentru reproducere nu suferă neapărat și o operație de încrucișare. Acest lucru nu are loc decât cu o anumită probabilitate,  $p^c$ . Cu cât  $p^c$  este mai mare, cu atât populația va suferi schimbări mai mari.

Acțiunea conjugată a celor doi operatori, de selecție și de încrucișare, este insuficientă însă pentru a asigura reușita unui AG. Acest lucru se întâmplă deoarece, în cazul codificării binare, anumite informații (de exemplu caractere ale alfabetului) pot să dispară din populație. De exemplu, dacă nici un individ din populația inițială nu conține 1 în ultima poziție a stringului binar și totuși acest 1 face parte din stringul optimal ce trebuie determinat, orice operație posibilă de încrucișare nu permite să apară 1, care este inițial necunoscut.

În codificarea reală (zecimală), o astfel de situație se poate atinge dacă inițial populația este cuprinsă, de exemplu, între 0 și 40, în timp ce valoarea optimală este 50. Orice combinație posibilă de cifre între 0 și 40 nu permite atingerea unei cifre de 50.

C) **Operatorul de mutație** modifică aleator, cu o anumită probabilitate  $p^m$ , valoarea unei componente a individului. În cazul unei codificări binare, fiecare bit  $a_i \in \{0,1\}$  din cadrul stringului este înlocuit cu probabilitatea  $p^m$  de opusul său  $\hat{a}_i = 1 - a_i$ .

Așa cum sunt posibile mai multe locuri de încrucișare, pot fi alese, în cazul unui string binar, mai multe poziții în care pot apărea mutații. Operatorul de mutație conferă AG o anumită proprietate de ergodicitate (de exemplu toate punctele din spațiul de căutare a soluțiilor pot fi atinse utilizând mutația).

Prin aplicarea operatorului de mutație se conferă AG un caracter dual: pe de o parte se poate efectua o căutare locală în orice zonă a spațiului de căutare a soluției (căutarea pe orizontală) și, în același timp, se poate avansa, la fiecare mutație, cu o treaptă în procesul de căutare (căutarea în adâncime).

- **Parametrii**

Operatorii introduși mai sus se aplică unei populații care are inițial anumite caracteristici (parametri) ce conferă zestrea genetică a populației respective. Acești parametri joacă, deseori, un rol esențial în reușita AG. Principalii parametri sunt:

mărimea (dimensiunea) populației,  $N$ ; lungimea stringului asociat fiecărui individ (cromozom),  $l$  și probabilitățile de încrucișare și, respectiv, mutație,  $p^c$  și  $p^m$ .

Dacă mărimea (dimensiunea) populației,  $N$  este foarte mare atunci timpul de calcul necesar AG crește foarte mult, iar dacă  $N$  este prea mic, atunci AG poate converge rapid către un individ (cromozom) care nu reprezintă soluția optimală. Ca o regulă empirică,  $N$  se alege egal cu  $l^3$ .

Probabilitățile  $p^s$ ,  $p^c$  și  $p^m$  se aleg în funcție de forma funcției de fitness. Alegerea este, în general, euristică. Cu cât aceste probabilități sunt mai mari, cu atât populația suferă schimbări mai importante. Pentru  $p^c$  valorile general admise sunt între 0,5 și 0,9. Dacă se alege un  $p^c$  prea mic atunci există riscul ca încrucișări să nu aibă loc, ceea ce duce la modificarea foarte lentă a populației și, deci, la creșterea timpului de calcul necesar AG.

În ceea ce privește probabilitatea de mutație,  $p^m$  aceasta se alege între 0,01 și 0,05. O probabilitate de mutație prea ridicată riscă să conducă la determinarea unei politici suboptimale.

De multe ori, AG sunt realizați în așa fel încât o parte a sa determină individul optimal iar o altă parte stabilește valorile optime ale parametrilor. Aceste două operații pot fi efectuate simultan sau secvențial, evident cu creșterea corespunzătoare a timpului de calcul. Astfel de algoritmi se mai numesc și meta-AG.

- **Funcția de fitness**

O ultimă componentă importantă a AG este funcția de fitness. Alegerea acesteia depinde de problema care trebuie rezolvată și de spațiul de căutare a soluțiilor care este specificat.

Spațiul de căutare  $S$  este, în general, constituit din două subspații disjuncte: spațiul soluțiilor admisibile,  $F$  și spațiul soluțiilor neadmisibile,  $U$ . La orice moment al aplicării sale, un AG poate determina soluții neadmisibile, deci soluții care nu satisfac cel puțin o restricție a problemei.

Pentru a rezolva această problemă se pot utiliza funcții de fitness cu coeficienți de penalizare. Eficacitatea unei soluții neadmisibile se reduce, în acest caz, automat, eliminându-se astfel posibilitatea ajungerii la o soluție neadmisibilă. Totuși, alegerea

unei funcții de fitness cu penalizări este destul de dificilă, trebuind să se răspundă la întrebări cum ar fi: cum pot fi comparate două soluții neadmisibile? ; orice soluție admisibilă este de preferat unei soluții neadmisibile? ; trebuie neapărat eliminate soluțiile neadmisibile din populație? ; se poate, printr-o funcție de reparare, să schimbăm o soluție neadmisibilă într-una admisibilă? ș.a.

Toate aceste întrebări se pun deoarece o soluție neadmisibilă poate fi mai apropiată de soluția optimală decât numeroase alte soluții admisibile. Multe dintre aceste întrebări nu au primit încă un răspuns cert.

### **6.6.2 Modele ale sistemelor macroeconomice utilizând algoritmi genetici**

(nu se cer)

AG nu reprezintă decât unul, este drept foarte la modă astăzi, dintre instrumentele noi care au început să fie utilizate în ultima perioadă în modelarea macroeconomică. Se mai pot aminti aici sistemele de clasificare, programarea genetică, modele-bazate-pe-agenți, jocurile evoluționiste ș.a. Caracteristicile tuturor acestor metode este efortul de a surprinde procesele dinamice interne ale sistemelor macroeconomice modelate și nu numai răspunsul acestora la șocuri și perturbații externe. Dintre aceste procese dinamice interne poate cel mai interesant este cel de adaptare continuă a sistemului macroeconomic modelat la mediu.

În mediul macroeconomic am văzut că se includ diferite sisteme compuse din subsisteme și agenți eterogeni, iar deciziile adoptate de acestea afectează atât sistemele ca atare, dar și alte subsisteme și procese din mediu. Această interdependență generală, neglijată de multe ori în modelarea macroeconomică din cauză lipsei de instrumente și metode apte de a o surprinde, poate fi totuși abordată cu suficientă rigoare făcând apel la noi metode de modelare, ca cele descrise în acest capitol.

Pentru a ilustra o astfel de tendință, vom prezenta în continuare câteva dintre cele mai recente modele macroeconomice care au fost reformulate și studiate utilizând AG.

- **Modelul pânzei de păianjen (cobweb) (Arifovic, 1994)**

Unul dintre primele modele elaborate în această direcție a fost **modelul pânzei de păianjen (cobweb)**, foarte cunoscut și studiat în dinamica economică. Arifovic

utilizează acest model pentru a studia procesul de adaptare al deciziilor de producție ale firmelor la cererea și oferta de pe o piață.

Datorită faptului că modelul în forma sa clasică a fost foarte mult studiat, apare avantajul imediat al comparării rezultatelor obținute aplicând AG cu cele rezultate anterior.

În model se consideră  $n$  firme active pe o piață competitivă, tranzacționând un singur bun perisabil (nestocabil). Datorită întârzierii în producție, cantitățile din bunul respectiv oferite de firme pe piață depind de nivelul așteptat al prețului.

Costul producției destinate vânzării în cadrul firmei  $i$  la momentul  $t$  este dat de relația:

$$C_{i,t} = x \cdot q_{i,t} + \frac{1}{2} y q_{i,t}^2, x > 0, y > 0, \quad (6.1)$$

unde  $q_{i,t}$  este cantitatea produsă pentru vânzarea la momentul  $t$ , iar  $x$  și  $y$  sunt parametri.

Profitul firmei  $i$  la momentul  $t$  este atunci:

$$\Pi_{i,t} = p_t \cdot q_{i,t} - C_{i,t} \quad (6.2)$$

unde  $p_t$  reprezintă prețul bunului respectiv la momentul  $t$ .

Cantitatea optimă ce poate fi produsă de firma  $i$  la momentul  $t$  se obține din condiția de ordinul întâi:

$$\frac{\partial \Pi_{i,t}}{\partial q_{i,t}} = 0 \quad (6.3)$$

de unde avem:

$$q_{i,t} = \frac{1}{y} (p_{i,t}^e - x) \quad (6.4)$$

unde  $p_{i,t}^e$  reprezintă prețul așteptat de firma  $i$  la momentul  $t$ .

Cererea de produs pe piața respectivă este dată de o funcție inversă a cererii:

$$p_t = A - B \sum_{i=1}^n q_{i,t} \quad (6.5)$$

unde  $A$  și  $B$  sunt parametri pozitivi dați.

Când piața ajunge la echilibru, deci  $p_{i,t}^e = p_t^e = p_t$ , cantitatea cerută și oferită pe piață,  $q_{i,t} = q^*$  și prețul  $p_t = p^*$  sunt, în acest caz, constante.

Dacă firmele au așteptări perfecte (naive) privind prețul (deci prețul perioadei următoare se așteaptă să fie egal cu cel al perioadei curente), modelul are o soluție care converge către un preț și o cantitate stabile și unice atunci când  $B/y < 1$  și diverge când  $B/y > 1$ .

Pentru aplicarea AG la acest model s-a considerat că regulile de decizie ale firmelor sunt reprezentate prin stringuri binare. O firmă  $i$ ,  $i = \overline{1, n}$  ia o decizie privind producția sa la momentul  $t$  utilizând un string binar de lungime finită  $l$ , scris în alfabetul  $\{0,1\}$ . Un string binar este mai întâi decodificat și transformat într-un număr întreg pozitiv și apoi normalizat pentru a obține o cantitate  $q_{i,t} \in [0, q_{\max}]$ , unde  $q_{\max}$  este cantitatea maximă pe care o firmă o poate produce. Cantitatea  $q_{i,t}$  reprezintă decizia de producție a firmei  $i$  la momentul  $t$ .

Odată ce cantitățile  $q_{i,t}$  ce le vor produce firmele sunt determinate, se poate determina prețul de golire a pieței  $p_t$  utilizând relația (6.5) Acest preț este utilizat apoi pentru a determina profitul firmelor la momentul  $t$ , utilizând relația (6.2). O anumită valoare a profitului firmei  $i$  reprezintă fitnessul  $\mu_{i,t}$  al firmei  $i$  în urma aplicării deciziei respective.

Populația de reguli de decizie este apoi actualizată pentru a crea o nouă populație ce va fi utilizată la momentul  $t+1$ . Există două variante ale acestui model. Prima utilizează doar operațiile de selecție, încrucișare și mutație. A doua variantă utilizează doar o nouă operație genetică, pe lângă cele trei menționate anterior, și anume operația de alegere.

Această operație testează noii indivizi (cromozomi) înainte ca ei să devină membri ai noii populații. Se calculează un fitness potențial pornind de la prețul ultimei perioade pentru fiecare individ. Apoi, doi părinți și doi indivizi noi apăruți sunt ordonați pe baza valorii funcției de fitness calculate, de la cea mai mare valoare la cea mai mică valoare, primii doi indivizi fiind acceptați ca membri ai noii populații de reguli decizionale.

În cazul unei egalități a valorii fitnessului între un părinte și un urmaș, se alege ca un urmaș să devină membru al noii populații.

Prin aplicarea operațiilor genetice pe membrii unei populații de reguli de decizie la momentul  $t$ , rezultă o nouă populație de reguli care va fi utilizată la momentul  $t + 1$ .



Populația de la momentul inițial,  $t = 0$  este generată aleator și operațiile genetice se aplică iterativ până la un moment  $T$ .

Procesul iterativ de mai sus poate fi interpretat economic în modul următor. Reproducerea lucrează ca o imitație a indivizilor de succes. Stringurile binare ale acestor indivizi (firme) au valori ale fitnessului mari și sunt copiate de alte firme. Stringurile cu valori ale fitnessului mai mici, care reprezintă decizii de a produce mai puțin și cu un profit scăzut, găsesc puțini imitatori (sau deloc) în următoarea generație.

Încrucișarea și mutația sunt utilizate pentru a genera noi idei privind modul de a produce mai mult și de a oferi spre vânzare pe piață produsul, recombinaând experiențele decizionale existente și generând altele noi. Dacă se include și operația de alegere, interpretarea de mai sus se modifică în sensul că, în fiecare perioadă, firmele generează noi decizii de producție utilizând operatorii genetici. Se compară valorile fitnessului acestor noi potențiali membri ai populației de reguli decizionale cu vechea populație, în condițiile de piață observate în perioada anterioară. Dacă noile idei apărute sunt mai bune decât cele anterioare atunci ele sunt implementate în cadrul firmelor. Utilizarea AG în aceste condiții determină firmele individuale să învețe în timp să adopte decizii care duc la creșterea profiturilor. Acestea nu sunt, eventual maximizate în cazul tuturor firmelor, dar ele adoptă decizii de producție care le conduc treptat către un profit mai mare.

Simulările efectuate au arătat că pentru valori diferite ale parametrilor (număr diferit de firme, valori diferite ale coeficienților  $a$ ,  $b$ ,  $A$  și  $B$  ș.a.) se obțin atât soluții stabile cât și instabile.

Arifovic a dezvoltat un AG cu o populație multiplă, în care fiecare firmă este înzestrată cu o întreagă populație de stringuri. Putem considera că această populație reprezintă reguli de decizie admisibile din cadrul cărora fiecare firmă alege, la un moment de timp dat, o decizie privind cel mai bun comportament într-un mediu dat. În fiecare moment de timp, doar un string este selectat, acesta determinând în continuare comportamentul agentului (firmei).

Probabilitatea de alegere a unui anumit string este proporțională cu performanțele sale în condiții predefinite. Deși o firmă alege doar un string dintr-o întreagă mulțime, se evaluează ex post toate deciziile alternative. Deci, în contextul modelului prezentat anterior, la fiecare moment de timp  $t$ , o firmă alege un string binar dintr-o mulțime și utilizează apoi acest string pentru a-și actualiza decizia de

producție. Odată ce prețul de golire a pieței este calculat, firma utilizează acel preț pentru a determina profiturile pe care fiecare string din mulțimea sa de reguli decizionale le-ar aduce pentru nivelul prețului respectiv. Aceste profituri determină valorile fitness ale stringului binar respectiv. Odată valorile fitness calculate, se aplică operatorii genetici în cadrul fiecărei populații de stringuri binare, asociate firmelor individuale.

Se observă că, prin această modificare a modelului, se obține un cadru general mai variat, ceea ce duce la idei mai diversificate privind deciziile referitoare la cantitatea de produs ce va fi oferită pe piață. Chiar dacă acest cadru devine mai complex, efortul de calcul este identic cu cel anterior, unde se aplica AG unei singure populații de reguli de decizie.

Aplicarea operației de alegere asigură convergența către echilibru a soluției modelului. Când apare convergența, toate stringurile binare, din toate populațiile de reguli de decizie asociate firmelor, se decodifică în cantități. Fără această operație de alegere, simulările ar conduce la fluctuații mari care nu se reduc în timp. Astfel, s-a arătat că în modelul de învățare individuală a firmelor, acestea trebuie să utilizeze operații mai sofisticate (de exemplu operația de alegere) pentru a se realiza convergența către un echilibru. Acest echilibru poate fi însă stabil sau instabil, depinzând de valorile pe care le iau constantele date ale modelului.

- **Economii cu generații suprapuse și alegerea echilibrului economic**

O aplicație interesantă a AG este cea de determinare a echilibrului în diferite tipuri de economii care au puncte de echilibru multiple: de exemplu economiile cu generații suprapuse, economiile cu creștere și economiile monetare.

În cele ce urmează vom prezenta un model al unei economii cu generații suprapuse care, în anumite condiții, posedă echilibre staționare multiple. Aceste puncte de echilibru staționar au diferite proprietăți de stabilitate, depinzând de natura așteptărilor încorporate în model: așteptări raționale sau așteptări adaptive.

Vom considera, pentru început, o economie care constă din două generații suprapuse de agenți, deci în care trăiesc două generații: generația tânără și generația bătrână. Fiecare generație are un număr egal de agenți,  $N$ . Vom nota cele două generații cu  $t$  și  $t+1$ . Fiecare agent din generația  $t$  trăiește doar două perioade

consecutive,  $t$  și  $t+1$  în timp ce agenții din generația  $t+1$  trăiesc doar o singură perioadă,  $t+1$ .

Un agent din generația  $t$  consumă  $c_t(t)$  în prima perioadă (la tinerețe) și  $c_{t+1}(t)$  în a doua perioadă (la bătrânețe). Agenții au preferințe identice și înzestrări cu bunuri diferite. Agentul tânăr este înzestrat cu  $w^1$  unități dintr-un bun de consum perisabil iar agentul bătrân cu  $w^2$  unități din același bun de consum ( $w^1 > w^2$ ).

Cantitatea de bani oferită în economie la momentul  $t$  este  $M(t)$ .

Fiecare agent din generația tânără are de rezolvat următoarea problemă de optim:

$$\max c_t(t) \cdot c_{t+1}(t)$$

în condițiile:

$$c_t(t) \leq w^1 - \frac{m(t)}{p(t)}$$

$$c_{t+1}(t) \leq w^2 + \frac{m(t)}{p(t+1)}$$

unde  $m(t)$  reprezintă balanțele monetare nominale pe care un agent le economisește în prima perioadă și le cheltuiește în a doua perioadă a vieții sale, iar  $p(t)$  este nivelul nominal al prețului bunului de consum în perioada  $t$ .

Balanțele monetare nominale se obțin împărțind oferta de bani la numărul de agenți din economie la momentul  $t$ .

Dinamica prețului nominal  $p(t)$  în condițiile ipotezei privind anticipațiile perfecte (naive) este descrisă de o relație de forma:

$$p(t) = \frac{S(t)}{S(t-1)} p(t-1)$$

unde  $S(t)$  este economisirea totală a agenților de generație  $t$ . Se consideră  $p(0)$  și  $S(0)$  date. Se observă că prețurile cresc cu o rată egală cu cea de creștere a economisirii de la o perioadă la alta.

Dacă în economie se aplică o politică monetară cu o ofertă constantă de bani, deci:

$$M(t) = M, \forall t$$

atunci ecuația de dinamică a prețurilor are un punct de echilibru **paretian** staționar unic, dat de

$$p(t) = p^*$$

unde

$$p^* = \frac{2M}{(w^1 - w^2)N}.$$

Acest punct de echilibru este instabil în condițiile anticipațiilor perfecte și este atins ori de câte ori prețul  $p(t)$  devine egal cu  $p^*$ .

Există, de asemenea, un continuum de echilibre monetare **indexate** după nivelul inițial al prețurilor  $p(0) = p_0$  în intervalul  $(p^*, \infty)$ . În acest continuum, toate echilibrele monetare cu un preț inițial  $p_0 > p^*$  converg către un punct de echilibru staționar în care banii nu au valoare.

O altă politică monetară posibilă este cea cu un deficit bugetar constant de mărime  $G$ , finanțat prin tipărire de bani. Valoarea lui  $G$  este dată de

$$G = \frac{M(t) - M(t-1)}{p(t)}$$

presupunând că se cunoaște cantitatea de bani existentă în economie în perioada inițială,  $M(0)$ . În condițiile unei astfel de politici, soluția modelului conține două puncte de echilibru staționar: un punct  $\pi_1^*$  corespunzător unei inflații reduse și un punct  $\pi_2^*$  corespunzător unei inflații ridicate.

Punctul  $\pi_1^*$  este de tip Pareto superior. Punctul  $\pi_2^*$  este echilibru stabil, el fiind un atractor pentru traiectoria de echilibru în condițiile ipotezei așteptărilor raționale, traiectorie care pleacă dintr-un punct inițial  $\pi_0 \in \left(\pi_1^*, \frac{w^1}{w^2}\right)$ .  $\pi_0$  este egală chiar cu  $\pi_1^*$ , economia atinge un echilibru staționar cu inflație scăzută. Condiția de stabilitate implică, de asemenea, că o creștere a deficitului bugetar  $G$  determină o descreștere a ratei inflației într-un echilibru staționar stabil.

Pentru aplicarea AG la modelul de mai sus, se consideră două populații de stringuri binare la fiecare moment de timp  $t$ . Una reprezintă setul de reguli pentru membrii tineri ai generației  $t$  și cealaltă setul de reguli pentru membrii bătrâni ai generației  $t+1$ . Fiecare populație este actualizată în perioade de timp alternative, după ce membrii săi au trecut printr-un ciclu de viață de două perioade.

Stringurile binare se referă la valorile consumului agenților în prima perioadă. Un membru  $i$ ,  $i \in \{1, \dots, N\}$  al generației  $t$  ia o decizie privind consumul în prima

perioadă (tânără) la momentul  $t$ , notat  $c_{i,t}^1$ , utilizând un string binar. Economiiile agentului  $i$  din generația  $t$  sunt date de

$$s_{i,t} = w^1 - c_{i,t}^1$$

Secvența de evenimente care are loc la momentul  $t$  este următoarea:

Valorile consumului din prima perioadă (tânără) sunt obținute prin decodificarea și normalizarea stringurilor binare asociate indivizilor din populație și apoi se determină, pentru fiecare agent  $i$ , economiile individuale  $s_{i,t}$ .

Apoi, se determină valoarea economiei agregate  $S(t)$  însumând economiile individuale ale agenților din generația tânără:

$$S(t) = \sum_{i=1}^N s_i(t)$$

Prețul bunului de consum la momentul  $t$ ,  $p(t)$  se obține atunci din relația :

$$p(t) = \frac{M}{S(t)}$$

în cazul politicii monetare cu ofertă constantă de bani, sau

$$p(t) = \frac{S(t-1)p(t-1)}{S(t) - G}$$

pentru  $S(t-1) > G$ , în cazul politicilor monetare cu deficit bugetar constant,  $G$ .

Se determină apoi consumul în a doua perioadă (bătrână) a agentului  $i$ ,  $i \in \{1, \dots, N\}$  al generației  $t-1$ :

$$c_{i,t}(t-1) = \frac{s_i(t-1)p(t-1)}{p(t)} + w^2$$

În final, sunt calculate valorile funcției fitness ale membrilor generației  $t-1$ . Funcția fitness pentru un string  $i$  din generația  $t-1$  este dată de valoarea utilității consumului agentului  $i$  la momentul  $t+1$  (a doua perioadă a vieții):

$$\mu_{i,t-1} = U[c_{i,t-1}(t-1), c_{i,t-1}(t)] = c_{i,t-1}(t-1) \cdot c_{i,t-1}(t).$$

Populația de reguli de generație  $t+1$  este apoi obținută din populația de reguli de generație  $t$  utilizând operatorii genetici de reproducere, încrucișare, mutație și alegere. Odată ce noua generație  $t+1$  de populație este creată, întregul ciclu se repetă. Populația de reguli a generației  $t+1$  reprezintă agenții tineri, în timp ce membrii generației  $t$  devin acum agenții bătrâni.

Populațiile de generații 0 și 1 ani sunt generate aleator. Sistemul are la început  $N \cdot h$  unități monetare distribuite inițial generației 1 (bătrâne).

Simulările în cazul economiei cu ofertă monetară constantă converg către un echilibru staționar în care banii au valoare. Acest echilibru este, de asemenea, un punct de convergență în cazul economiilor cu așteptări adaptive care utilizează o medie a nivelurilor prețurilor trecute pentru prognoza prețului.

În economiile cu valoare pozitivă constantă a deficitului bugetar, AG converge către punctul de echilibru staționar corespunzător unei rate a inflației scăzute.

- **Economii cu generații suprapuse și creștere economică**

O altă aplicație a AG este în modelele de creștere economică obținute plecând de la modele cu generații suprapuse.

Astfel, considerăm o economie cu un număr de agenți  $N$  constant, născuți în fiecare perioadă  $t$ . Agenții trăiesc două perioade, una tânără și una bătrână și sunt fiecare înzestrați cu câte o unitate de timp la fiecare moment  $t$ . Toți agenții din economie au aceeași funcție de utilitate:

$$U = \ln c_{i,t}(t) + \ln c_{i,t}(t+1)$$

Există un singur bun perisabil ce este utilizat atât pentru consum cât și ca input pentru producție. Outputul per unitatea de muncă este dat de o funcție de producție neoclasică:

$$f(k(t)) = k(t)^\alpha, \alpha \in (0,1)$$

$k(t)$  fiind înzestrarea tehnică a muncii.

Rata randamentului capitalului fizic și rata salariului sunt date de:

$$r(t) = \alpha k t^{\alpha-1}$$

și respectiv

$$w(t) = (1 - \alpha)k(t)^\alpha$$

Un agent tânăr  $i$  din generația  $t$  ia o decizie de a cheltui o fracție de timp  $\tau_{i,t} \in [0,1]$  pentru instruire. Fiecare agent tânăr moștenește un nivel de eficiență  $x(t)$  disponibil în economie la momentul  $t$ . Nivelul  $x(t)$  se obține ca medie a unităților de eficiență (capitalul uman acumulat) ale agenților de generație  $t-1$ :

$$x(t) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{j,t-1}(t),$$

unde  $x_{j,t-1}(t)$  reprezintă numărul de unități eficiente ale agentului  $j$  de generație  $t-1$  la momentul  $t$ .

Agenții tineri pot combina această înzestrare moștenită,  $x(t)$  cu decizia de instruire  $\tau_{i,t}(t)$  pentru a obține  $x_{i,t}(t+1)$  unități efective de muncă atunci când devin bătrâni, utilizând pentru aceasta o metodă de instruire, notată  $h(\tau_{i,t}(t), x(t))$ .

O trăsătură esențială a modelului este aceea că venitul obținut prin instruire depinde pozitiv de nivelul  $x(t)$ . Deci  $x_{i,t}(t+1)$  este dat de relația:

$$x_{i,t}(t+1) = h(\tau_{i,t}(t), x(t))x(t) = 1 + \gamma(x(t))\tau_{i,t}(t),$$

unde  $\gamma(\cdot)$  reprezintă randamentul capitolului uman și este dat de o funcție sigmoidă de forma:

$$\gamma(x(t)) = \frac{\lambda}{1 + e^{-x(t)}} - \frac{\lambda}{2}$$

Funcția  $\gamma(x(t))$  este strict crescătoare în raport cu  $x(t)$ ,  $\gamma(0) = 0$  și

$$\lim_{x(t) \rightarrow \infty} \gamma(x(t)) = \frac{\lambda}{2} = \hat{\gamma}$$

Parametrul  $\lambda$  controlează așadar venitul obținut prin instruire de agenți.

Ecuatia de acumulare a eficienței  $x(t)$  în urma procesului de instruire se poate scrie:

$$x(t+1) = x(t)[1 + \gamma(x(t))\bar{\tau}(t)]$$

unde  $\bar{\tau}(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \tau_{i,t}(t)$  reprezintă media timpului de instruire al agenților de generație  $t$ .

Pe lângă decizia privind alocarea timpului de instruire, agenții iau de asemenea, o decizie privind fracția  $\Phi_{i,t}$  din timpul disponibil pe care o economisesc (timpul liber).

Această economie de timp este atunci egală cu:

$$s_{i,t}(t) = \Phi_{i,t}(t)w(t)[1 - \tau_{i,t}(t)]x(t)$$

Decizia privind timpul liber influențează acumularea de capital fizic în economie în decursul timpului.

Modelul are două variabile de stare, una corespunzătoare venitului scăzut (cursa sărăciei) și a doua corespunzătoare venitului ridicat (creșterii maxime). Prima

variabilă este echivalentă cu starea de creștere staționară din modelul de creștere neoclastică fără acumulare de capital uman și fără progres tehnic. În starea staționară,  $\tau = 0$  pentru toți agenții  $i$ ,  $i \in \{1, \dots, N\}$  și toți  $t$ , ceea ce face ca și capitalul uman să rămână la nivelul său inițial, deci eficiența  $x(t)$  rămâne constantă pentru toți  $t$ .

Cealaltă variabilă corespunde stării de creștere staționare în care  $\tau > 0$  pentru toți  $i$  și toți  $t$ . Deci  $x(t)$  va crește cu o rată constantă astfel încât, pentru  $t$  suficient de mare,  $\gamma(t) \rightarrow \hat{\gamma}$ .

Starea staționară corespunzătoare venitului redus (cursa sărăciei) este local stabilă în condițiile dinamicii cu așteptări raționale, în timp ce starea staționară corespunzătoare venitului mare (creșterii maxime) este un punct-șea stabil.

Pentru aplicarea AG, decizie agentului  $i$ ,  $i \in \{1, \dots, N\}$  privind fracția de timp pe care o cheltuiește pentru instruire,  $\tau_{i,t} \in [0,1]$  în decizia privind fracția de timp pe care o economisește,  $\phi_{i,t} \in [0,1]$  sunt reprezentate de aceleași string binar de lungime  $l$ , unde  $l/2$  biți sunt utilizați pentru a codifica prima decizie iar ceilalți biți pentru a codifica cea de-a doua decizie.

Valorile fitness ale regulilor de decizie sunt egale cu valorile funcției de utilitate înregistrate la sfârșitul celei de-a doua perioade de viață. Populația de reguli de decizie este actualizată utilizând operatorii genetici de reproducere, încrucișare și mutație.

La fiecare moment de timp  $t$  există două populații de astfel de reguli, una asociată agenților tineri iar cealaltă asociată agenților bătrâni.

Indiferent de condițiile inițiale date, o astfel de economie va evolua, în urma simulării, către o starea staționară corespunzătoare creșterii maxime, care reprezintă echilibrul global al unei astfel de economii. Odată ce o astfel de stare este atinsă (ceea ce se întâmplă cu probabilitatea egală cu unu), economia rămâne în această stare pentru totdeauna.

Nivelul inițial ales pentru  $x(t)$  reprezintă variabila esențială în ceea ce privește timpul necesar ajungerii la o astfel de stare. Cu cât nivelul inițial al lui  $x(t)$  este ales mai scăzut, cu atât mai mare este timpul necesar ca economia să iasă din cursa sărăciei.



Inițial, AG atinge destul de repede starea staționară corespunzătoare unui venit scăzut. În acest punct, multe dintre regulile decizionale prescriu să nu se investească timp în instruire deoarece investiția în capitalul uman aduce un venit scăzut și determină o valoare redusă a funcției de fitness.

Totuși, datorită efectului de mutație, există întotdeauna o mică fracție de reguli care duc la valori pozitive ale timpului dedicat instruirii,  $\tau_{i,t}$ . Aceste reguli pot dispărea din populație datorită presiunii selecției. Totuși, treptat, ele contribuie la creșterea lui  $x(t)$ . În timp, pe măsură ce  $x(t)$  crește, el atinge un prag începând de la care venitul din capitalul uman devine mare și valorile fitness ale regulilor decizionale care investesc în instruire încep să crească. Odată ce se întâmplă acest lucru, presiunea selecției scade deoarece regulile de decizie care determină investițiile pozitive în timpul dedicat instruirii aduc acum valori fitness mai mari decât cele care îi fac pe agenți să investească timp zero în instruire.

În acest punct, AG conduce rapid economia către o stare staționară corespunzătoare unui venit mare, în care  $\tau_{i,t}$  iau valori pozitive pentru toți agenții  $i$  și toate momentele de timp  $t$ . Faza de tranziție este relativ scurtă și, odată ce economia a ajuns în această stare staționară, cum am arătat, ea rămâne aici veșnic.

Deoarece data exactă a comutării depinde de secvența specifică de mutații care conduce la acumularea de capital, economii care au condiții inițiale identice pot avea perioade de dezvoltare diferite. În general, rate mai mari ale regulilor de decizie ale economiilor care au investit în instruire determină perioade medii de realizare a comutării mai scăzute.

Astfel de modele, deși arată că există stări staționare diferite, ceea ce explică diferențele de dezvoltare dintre economii, nu arată și cum se poate face trecerea de la o economie aflată în cursa sărăciei la economia cu creștere maximă și nici cât rămâne economia în prima stare. Totuși, aceste modele surprind două aspecte importante ale procesului de dezvoltare. Primul este că pentru niveluri inițiale scăzute ale capitalului uman per capita, care caracterizează economiile subdezvoltate, populația de agenți parcurge mai multe generații în vecinătatea stării staționare corespunzătoare cursei sărăciei înainte ca, eventual, să înceapă să evolueze pe o traiectorie care conduce către o stare staționară corespunzătoare unui venit ridicat. Acest lucru explică de ce țări care în prezent sunt dezvoltate au avut un nivel staționar de dezvoltare inițială de sute de ani.

Al doilea aspect este că economii cu condiții inițiale identice pot să înregistreze perioade de trecere între cele două stări de durate diferite. Acest lucru este important deoarece date diferite de comutare implică niveluri diferite de venit per capita, în starea staționară corespunzătoare venitului înalt. Acest lucru ar explica și diferențele mari ce se manifestă între nivelurile venitului per capita în țările dezvoltate.

### **6.6.3 Modelul ASPEN al economiei naționale**

(Va fi studiat în anul IV)