UN MODEL DE DECISIÓ PER AL MERCAT INTERBANCARI

R. TRIAS CAPELLA

Dins una entitat bancària, la planificació a curt i a mitjà termini passa fonamentalment per l'adequació del flux de passiu-inercial, exogen, cap a uns -fluxos d'actiu, -voluntaris, subjectes a restriccions-; hi ha però. una classe de passiu que. com l'actiu, és voluntari, es tracta del passiu que es pot contractar directament a altres bancs, l'anomenat passiu interbancari. L'optimització dels nivells d'aquest passiu és el tema que aquí tractarem.

L'instrument emprat per a resoldre aquest problema ha estat la programació dinàmica; s'han cercat aquells sistemes de descomposició que simplifiquin la determinació de la política òptima.

En aquest treball no tractarem ni l'entorn legal d'aquesta activitat (p.e. -l'actitud del "Banco de España"), ni les dificultats de l'estimació de les variables exògenes utilitzades.

1. LLISTA DE SÍMBOLS UTILITZATS

$A_{i,t}$ = Taula de venciments de la inversió i en el període t (variable d'estat) una d'elles és l'interbancari actiu

$DA_{i,t}$ = Noves inversions de la classe i en període t (variable de decisió), - una d'elles és l'interbancari actiu

N_t = Taula de venciments de l'interbancari passiu en el moment t (variable d'estat)

DN_t = Nous endeutaments en interbancari. Període t (variable de decisió)

$G_{i,t}$ = Taula de taxes de la inversió i en període t (resultats comptables unitaris per risc viu). La fila j és - el termini de contractació, la columna k, el termini de vida que encara resta per vèncer, respecte a la inversió amb què és relaciona. $\{[\alpha_{i,t,j,k}]=G_{i,t};\ \alpha_{i,t+\ell,j,j-\ell} =$

$\alpha_{i,t,j,j}/r_{i,j,j-\ell},\ \ell=1,k-1;$

$\alpha_{i,t,j,j}$= rendabilitat d'una pta. del risc contractat en el moment t, durant el temps de vida de la inversió i, a j períodes del termini total} (per $r_{i,j,j-\ell}$, veure R_i)

b_t = Taula de taxes de l'interbancari al moment t; com a cost, figura en negatiu, la formació de la taula és - com a $G_{i,t}$

B = Matriu d'envelliment de la taula - (postmultiplicant-la) $\{[\beta\ell_{,j}]=B$; $\ell=j+1\rightarrow\beta\ell_j=1,\ \ell\neq j+1\rightarrow\beta\ell_j=0\}$

R_i = Matriu de pendents (part no vençuda) de liquidació de la inversió i $\{[r_{i,\ell,j}] = R_i;\ r_{i,\ell,j}$= pendent de liquidació d'una pta. invertida a ℓ períodes, quan en falten j per a vèncer}

$D_oE=g$ = Operació entre dues taules $\{[d_{i,j}]=D,\ [\ell_{i,j}]=E;$

$g=\sum_{i,j} d_{i,j}\ell_{i,j}\}$

$X_{i,t}$ = Matriu de beneficis indirectes, inversió i, període t

Y_t = Matriu de costos indirectes de l'interbancari, en període t

$F_{T-t}(A_{i,t};N_t)$ = Màxim benefici que es pot -

- Ramon Trias Capella, del Centre de Càlcul de la U.P.B. Av.Dr.Gregorio Marañón, s/n, Barcelona-32.

obtenir a t períodes per acabar la programació, amb els estats $A_{i,t}$; N_t

P_t = Passiu previst per al període t

L = Límit màxim d'interbancari acceptable

S = Taula, amb tots els elements iguals a A. Utilitzada amb l'operació 'o' fa de suma de tots els elements d'una taula.

Z = Funció de "rejoveniment"
$\{Y=Z(x); \; [x_{i,j}]=X, \; [y_{i,j}]=Y;$

$y_{i,j}=0$ si $i>j \mid j=1$; $y_{i,j}=x_{i-1,j}$ si

$i \geq j \wedge j \neq 1\}$

V = Valor actual al període t d'una pesseta en t+1

2. INTRODUCCIÓ

2.1 El problema de la planificació bancària

L'activitat bancària implica, entre altres coses, una transformació de terminis dels fluxos de diners. Hom rep diners a la vista o a estalvi que poden servir per a finançar inversions que no venceran fins d'aquí a dos o tres mesos, de la mateixa forma que les imposicions a termini fix de dos mesos poden servir per a finançar inversions a sis.

Per a una descripció més detallada de l'empresa bancària, vegeu /5/ a /7/.

Si el banc pot fer aquesta activitat és perquè compta amb certes previsions. Per raons de teoria econòmica, els marges més bons els obtindrà contractant dipòsits a curt termini per a deixar-los al termini més llarg possible, respectant, però, certes restriccions.

Aquestes restriccions són de diferent mena: les més dràstiques són les legals; el coeficient de caixa, el de garantia, els subcoeficients de fons públics, finançament a la exportació i d'operacions de mercat interior, etc.

També hi ha les restriccions comercials: els mercats possibles no són independents ni totalment elàstics; per exemple, no es poden eliminar pas del tot els crèdits per a dedicar-se exclusivament al descompte d'efectes comercials.

Finalment, s'ha de mantenir un cert nivell de prudència, s'hauran de respectar unes rotacions mínimes dels actius, per grups de terminis de venciment; hem de limitar les relacions entre el que vencerà d'actiu i de passiu a curt, mitjà y llarg termini

2.2 La distribució període a període

Si coneixem les restriccions i les rendabilitats mencionades a 2.1, podem cercar la millor distribució dels fluxos de passiu entre els fluxos d'actiu. Aquesta fase sol configurar una estructura resoluble amb programació lineal contínua (vegeu /8/ i /9/).

Hi ha bastants motius que aconsellen enfocar l'optimització període a període: hi ha una forta diferència entre el flux de resultats i el de cash flow (que s'incorpora al flux de fons), la mecànica per la qual un flux incideix sobre l'altre és molt diferent per a cada inversió, finalment, cada inversió i cada termini (o grup de terminis com a mínim) és una variable, cosa que configuraria una matriu massa gran si resolguéssim tots els períodes alhora.

Per contra, en realitzar l'optimització període a període, l'algorisme sols té, per mirar cap al futur, els "ratios" de liquidesa de venciments d'actiu/venciments de passiu per als diferents terminis.

Però en aquest enfocament, queda encara un tema a tractar: la posició del banc davant el diner interbancari.

2.3 El diner interbancari

Les desviacions que tindrà cada banc sobre les seves previsions li ocasionaran excés o falta de diner, que ofereix o demana a altres entitats financeres. El "Banco de España" entra també en aquest mercat intervenint hi amb operacions de mercat obert. Tot això configura un mercat de característiques especials que, a efectes operatius he simplificat de la següent manera:

Existeix per al banc, la possibilitat de deixar o manllevar diners en un mercat que en - direm interbancari, comprometent-se a un -- cert termini i a la taxa vigent per a aquell termini en el mes que es formalitza l'operació, que serà la taxa vigent durant tota la seva vida.

Aquesta possibilitat, complica una mica la - programació mes a mes. Nosaltres hem pres - una solució intermedia: si es fa servir interbancari, el tractem amb un model reduït - que es pot resoldre amb programació dinàmica D'ací, en traiem l'actitud davant l'interbancari i les rotacions i ratios de liquidesa que utilitza el model mes a mes.

3. EL MODEL

3.1 Objectius

Es coneix un flux d'entrada exogen P_t.

Es pot complementar amb l'endeutament en el mercat interbancari fins a un límit màxim L, amb una estructura de venciments voluntària que afecta, però, el cost de l'endeutament.

S'ha de trobar la millor manera de distribuir aquest flux entre un ventall d'inversions que poden ser fetes a diferents terminis. Cada període, cada inversió i cada termini, té associat una taxa que gira sobre la part no amortitzada de la inversió al llarg de la seva vida.

El valor actual de tots aquests rendiments - deduint-se els costos de l'interbancari contractat, s'ha de fer màxim.

3.2 Variables

3.2.1 Variables exògenes

Tenim un flux d'entrada que és l'stock de passiu autònom, és a dir, aquell que no és produït per conpensació d'algun actiu. Aquest - flux es pot preveure per algun mitjà economètric o per aplicació de models "Arima" d'anàlisi de sèries temporals (vegeu /3/, /4/ i /8/). Hem d'aventurar (aquest és el punt més delicat de les dades del model) una estimació de les taxes del diner interbancari. Això és una tasca dificil, però el reconeixement de la dificultat no invalida el model, ja que sigui quin sigui el procediment utilitzat per a la decisió (fins i tot l'experiència), sempre es prendrà en funció de -- l'evolució d'aquestes taxes (vegeu /16/ i - /17/). S'utilitzarà una taxa d'actualització dels beneficis obtinguts a cada període, la discussió sobre aquest tema és prou llarga i remetrem el lector a /17/.

Hem de coneixer les rendabilitats que aplicarem a cada una de les nostres inversions per tipus i termini. Si hi ha previstos canvis - en les condicions, s'hauran de quantificar.

També hem de formalitzar els retorns de les inversions fins i tot abans d'extingir-se totalment. Per exemple, el descompte d'efectes pot tenir dos retorns: un d'immediat i un altre al cap del seu termini de vida i, en canvi, un préstec pot anar retornant parts alíquotes durant tota la seva durada.

El màxim nivell admissible de deute en l'interbancari, per raons comercials o de normes ha d'ésser calculat. Finalment, caldrà coneixer l'estat actual de les inversions i de - l'interbancari no vençuts. Aquestes dades es poden treure fàcilment dels processos informàtics de comptabilitat.

3.3.2 Variables d'estat

Fonamentalment representaran l'estructura actual de les inversions i de l'endeutament en l'interbancari.

Per aconseguir una notació compacta, farem - servir el concepte de "taula de venciments" que també anomenarem senzillament "taula".

Aquesta notació es basa en la utilització - d'una matriu triangular en què, cada element és definit per dos subíndexs, el primer, el de la fila, representa el termini de contractació i el segon, el de la columna, el temps restant de vida. Entendrem per termini de - contractació, el nombre de períodes que hi - ha des del termini de la formalització de la inversió i aquell en què vencerà l'última pesseta invertida; temps de vida és el nombre de períodes que falten des del moment actual fins al període en què vencerà l'última pesseta.

Per entendre millor aquesta notació, representem a la (Figura 1) l'evolució d'una d'aquestes taules en els períodes t i t+1, on

$\alpha_{t,i,j}$ = import invertit a i períodes de termini, quan li'n falten j per a vèncer

$\alpha_{t+1,i,j} = \alpha_{t,i-1,j}$; cada període que passa, totes les inversions n'envelleixen un, és a dir, els en falta un de menys per a vèncer.

$\alpha_{t,i,i}$ = import de la inversió en el període t al termini i.

amb aquesta notació representarem cada inversió i també l'endeutament amb el mercat interbancari.

3.3 OPERACIONS AUXILIARS

La notació en "taula" (vegeu 3.2.2), es pot fer extensiva no sols a totes les variables d'estat, sinó també a totes les taxes, a les seqüències de retorns, a les variables auxiliars, etc.

Sobre aquesta expressió, formalitzarem tres operacions: operació 'o', funció envelliment i funció rejoveniment.

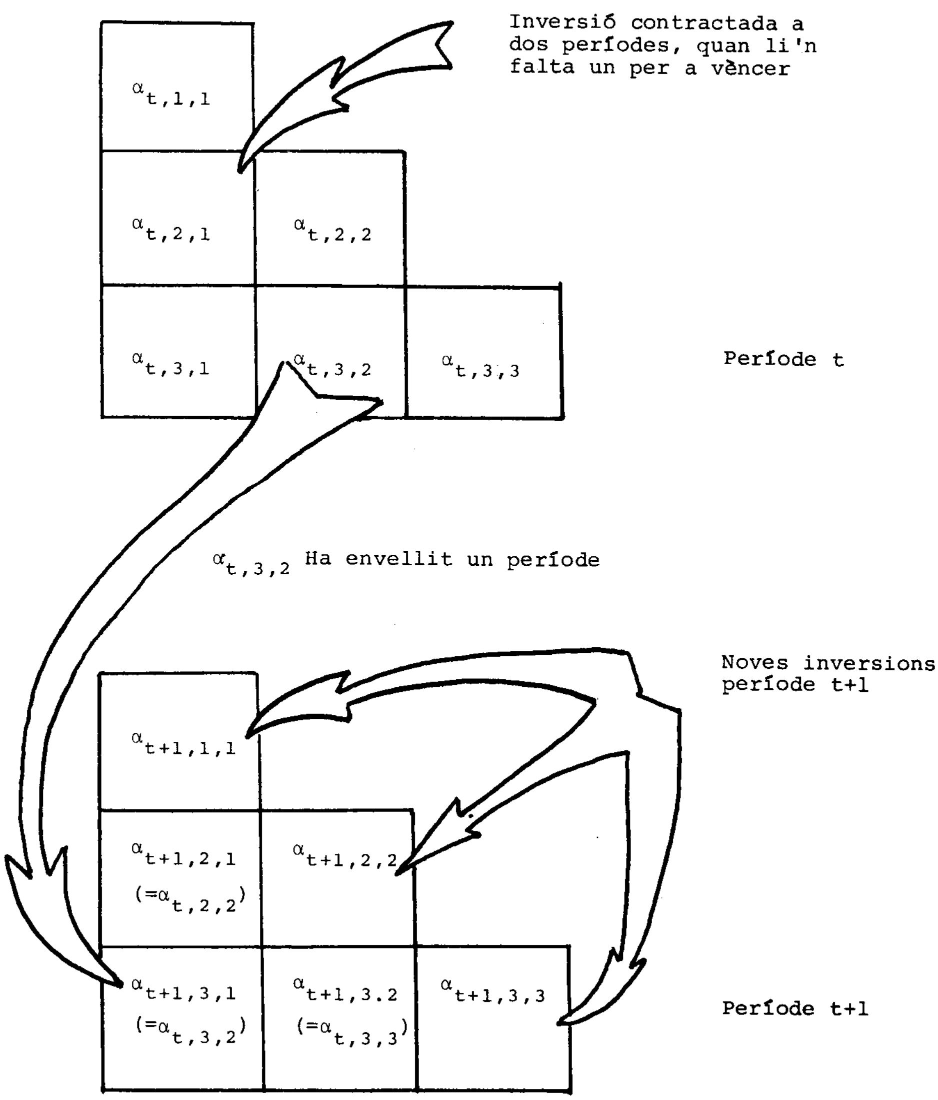

Figura 1 - Taules de venciments

3.3.1 Operació 'o'

L'operació 'o' es definirà com una operació entre dues matrius de dimensions iguals que dóna com a resultat una sola xifra formada per la suma de cada producte entre dos elements amb idèntics subíndexs. És a dir:

$$\{D \text{ o } E = g,\ [d_{i,j}]=D,\ [\ell_{i,j}]=E \Rightarrow$$

$$\Rightarrow g = \sum_{\forall i,j} d_{i,j}\ell_{i,j} \qquad (1)$$

La utilitat d'aquesta operació es veu en expressar el benefici en el període t de la inversió i, coneixent la taula de taxes $G_{i,t}$ i la taula de venciments $A_{i,t}$. El benefici s'obtindrà fent $G_{i,t}$ o $A_{i,t}$ també. El total invertit efectivament (no retornat) s'obté operant la taula de pendents unitaris de vèncer R_i amb la taula de venciments R_i o $A_{i,t}$.

L'operació 'o' és commutativa. D o E=E o D. I és distributiva respecte a la suma D o (E+F) = D o E + D o F.

3.3.2 Funció envelliment

Aquesta funció, aplicada sobre una taula en el període t, dóna la situació de cada un dels seus elements en el període t+1; en realitat, equival a postmultiplicar la taula que s'ha d'envellir per la matriu B.

$$[\beta_{\ell,j}]=B$$

$$\beta_{\ell,j}=1 \text{ si } \ell=j+1;\ \beta_{\ell,j}=0 \text{ si } \ell\neq j+1 \qquad (2)$$

L'efecte d'aquesta postmultiplicació es pot veure a la Figura 1.

Les potències successives d'aquesta operació ens donaran l'estructura mínima d'inversió a un, dos, ena períodes cap endavant.

3.3.3 Funció rejoveniment

Aquesta funció, que anomenarem Z(X), s'aplica sobre una taula de taxes i realitza la transformació en una altra taula de taxes, segons les següents normes

$$Y=Z(X);\ [x_{i,j}]=X,\ [y_{i,j}]=Y$$

$$y_{i,j}=0 \text{ si } i>j \,|\, j=1;\ y_{i,j}=x_{i-1,j}$$

$$\text{si } i \geq j \wedge j \neq 1 \qquad (3)$$

3.4 OBSERVACIONS I SIMPLIFICACIONS PRÈVIES

3.4.1 El problema se simplifica suposant que en principi, sempre demanem tot l'interbancari possible. Si en un mateix període, l'algorisme pren i deixa interbancari al mateix termini, se saldarà l'un amb l'altre abans de donar els resultats definitius.

3.4.2 Per evitar complicacions de la solució en actuar "cap endavant", descompondrem la sèrie de passius en una llista de sèries amb increments no inferiors a zero per a l'interval de la nova subsèrie. A l'últim apartat formalitzarem l'algorisme de descomposició.

3.5 LES RESTRICCIONS

Donat, per a cada inversió i

R_i = Taula de pendents de retorn (unitari) $[r_{i,k,\ell}]=R_i$; $r_{i,k,\ell}$=import pendent de retorn a k períodes d'acabar una inversió del tipus i, feta originalment a ℓ períodes de termini

$A_{i,t}$ = Taula de venciments en el període t de la inversió i

N_t = Taula de l'endeutament en interbancari període t

P_t = Passiu exogen en el període t

L = Límit de l'endeutament en interbancari

$DA_{i,t}$; $DN_{i,t}$ = Diagonals principals de $A_{i,t}$ i de N_t (seran les variables de decisió)

Podem escriure:

El total d'actiu pendent ha d'ésser idèntic a les fonts de recursos.

El total d'interbancari passiu ha d'anar a igualar-se amb el sostre màxim (vegeu 3.4.2)

Les decisions d'inversió o endeutament han d'ésser positives. És a dir:

$$\begin{cases} \sum_i R_i \circ A_{i,t} = P_t + L \\ S \circ N_t = L \\ DA_{i,t};\ DN_t \geq 0 \end{cases} \tag{4}$$

3.6 LA FUNCIÓ DE L'ÒPTIM EN TERMES RECURSIUS

Definirem la funció $F_{T-t}(A_{i,t};N_t)$ com el màxim benefici que podrem obtenir des de l'estat $A_{i,t}$(i), N_t. Fent-ho recursiu (seguint criteris de les referències /1/ i /2/ i /10/ a /14/)

$$F_{T-(t-1)}(A_{i,t-1};N_{t-1}) = V_{MAX}(\sum_i G_{i,t} \circ A_{i,t} +$$

$$+ b_t \circ N_t + F_{T-t}(A_{i,t};N_t)) \tag{5}$$

Subjecte a les condicions de 3.4.

A causa de l'estructura lineal de l'algorisme, podem expressar la funció F com a combinació lineal dels estats associats, per a cada t

$$F_{T-t}(A_{i,t};N_t) = H_{T-t} + \sum_i X_{i,t} \circ A_{i,t} + Y_t \circ N_t \tag{6}$$

on $X_{i,t}$, Y_t són taules de coeficients auxiliars. Posant l'estat com a funció de l'estat anterior i de la decisió actual, podem expressar (4) com a

$$S \circ DN_t = L - S \circ N_{t-1} B$$

$$\sum_i R_i \circ DA_{i,t} = P_t + L - \sum_i R_i \circ A_{i,t} B \tag{7}$$

També

$$P_{t+\ell} + L - \sum_i R_i \circ A_{i,t-1} B^{\ell+1} \geq \sum_i R_i \circ DA_{i,t} B^{\ell} \tag{8}$$

que, donat (7), sempre es compirà si

$P_{t+\ell} > P_t$ (vegeu 3.4.2)

de (6) i (7) es desprèn

$$F_{T-(t-1)}(A_{i,t-1};N_{t-1}) = vH_{T-t} + v\sum_i (X_{i,t} + G_{i,t}) \circ$$

$$\circ A_{i,t-1} B + v(Y_t + b_t) \circ N_{t-1} B + v_{MAX}(\sum_i (X_{i,t} + G_{i,t}) \circ$$

$$\circ DA_{i,t} + (Y_t + b_t) \circ DN_t) \tag{8}$$

en les condicions descrites, el màxim del darrer sumand principal s'aconsegueix prenent un sol valor entre tots els $DA_{i,t}$ possibles i un altre per a DN_t ; els anomenarem $DA_t^{I,P}$ i N_t^Q, essent I,P la clase d'inversió i el termini més favorable per a inversions i Q el termini més favorable per a l'interbancari. Hi ha també la condició que els terminis P i Q no poden ser més grans que els períodes que falten per a acabar la programació si aquesta ha d'acabar a zero en el període final (apareixen en descompondre segons 3.4.2) pel fet que $P_{t+\ell} + L = 0$.

El valor que poden prendre $DA_t^{I,P}$ i DN_t^Q és:

$$DA_t^{I,P} = (P_t + L - \sum_i R_i \circ A_{i,t-1} B)/R^{I,P} \tag{9}$$

$$DN_t^Q = L - S \circ N_{t-1} B$$

El màxim increment del valor, s'aconsegueix per al

$$(Y_t^Q + b_t^Q) \text{ màxim i per al } (X_t^{I,P} + G_t^{I,P})/$$

$$/R^{I,P} \text{ màxim} \tag{10}$$

per a Q i P menors que el temps que falta per a tancar la programació. Un cop triats I, P, Q, podem expressar novament la funció en el període anterior emprant solament l'estat d'aquest període.

$$F_{T-(t-1)}(A_{i,t-1};N_{t-1}) = vH_{T-t} +$$

$$+ v\sum_i (X_t^{I,P} + G_t^{I,P})(P_t + L)/R^{I,P} + v(Y_t^Q + b_t^Q) L_t +$$

$$+ v\sum_i (X_{i,t} + G_{i,t} - (X_t^{I,P} + G_t^{I,P}) R_i / R^{I,P}) \circ$$

$$\circ A_{i,t-1} B + v(Y_t + b_t - (Y_t^Q + b_t^Q) S) \circ N_{t-1} B \tag{11}$$

D'on es dedueix també, la independència entre $X_{i,t}$ i Y_t, és a dir, el problema de l'endeutament pot ser resolt independentment al de l'aplicació de fons.

3.7 Descomposició de P_t

Per una mecànica semblant a la que ens porta a acceptar la descomposició de l'algorisme en (11) entre obtenció i aplicació de fons, podem demostrar que l'aplicació de l'algorisme a cada partició de (P_t+L) segons 3.4.2, és també una forma d'arribar a l'òptim.

La descomposició de P_t+L es pot fer seguint els següents cassos:

- Crear una sèrie auxiliar sumant el límit d'interbancari passiu i el passiu exogen.

- Repetir el que segueix, fins que tots els elements de la sèrie auxiliar siguin zero.

- Localitzarem el primer període de la subsèrie corrent, que és el primer que no és zero a la sèrie auxiliar.

A partir d'aquest punt de la sèrie auxiliar, anirem seguint un a un cap endavant, i podem trobar quatre situacions:

1. Que el valor analitzat sigui zero
2. Que algun element futur de la sèrie auxiliar sigui més petit que el present
3. Que ja siguem a l'últim període de programació
4. Que no succeeixi cap de les tres condicions anteriors

- En el primer cas, assignarem com a últim període de la subsèrie, l'anterior al que ara analitzem; amb què, ja tenim una subsèrie completa, que serà una subsèrie tancada.

- En el segon cas, tots els elements de la subsèrie que generarem, prendran aquest valor fins que es compleixi la primera condició o la tercera.

- En el tercer cas, ja tenim una subsèrie completa, que serà una subsèrie oberta cap endavant.

- En el quart cas, assignarem el valor corrent de la sèrie auxiliar, exceptuant si abans s'ha donat la segona condició, que farà que assignem el valor inferior que allí hem localitzat.

- En les situacions dos, tres i quatre, restarem el valor que assignem a la subsèrie de la sèrie auxiliar.

El procés pot entendre's més bé, mirant la Figura 2.

Per les conseqüències d'aquesta descomposició, ja es pot veure que s'ha de triar un T (últim període de programació) que ja hagi tingut en compte el mínim absolut respecte als valors que no hem inclòs en el període programat.

3.8 Punt d'arrencada per a les taxes indirectes

Hem vist a l'apartat anterior, que tractarem dues menes de subsèries: tancades i obertes cap endavant; per a les primeres, no hi ha cap problema, el punt d'arrencada per a les taules de taxes $X_{i,t}$ i Y_t, serà de zero en tots els elements. En el cas de sèries obertes cap endavant, cal tenir en compte que utilitzem el criteri del valor actual /1/. Per a uns valors futurs de les taxes que no s'apartin excesivament dels actuals, existirà un valor actual d'un benefici futur prou petit perquè puguem escriure

$$F_N(A_N,N_N) \simeq v\sum_i G_{i,N} \circ A_{i,N+1} + b_N \circ N_{N+1}$$

amb

$$X_{i,N} = vZG_{i,N};\ Y_N = vZb_N$$

4. METODOLOGIA DE RESOLUCIÓ

Realitzarem la descomposició de P_t+L segons l'algorisme descrit a 3.6.

Conegudes les taxes per a l'interbancari i les inversions, generarem les taules de taxes segons els següents critêris:

$$\{\lfloor \alpha_{i,t,j,k} \rfloor = G_{i,t};\ \alpha_{i,t+\ell,j,j-\ell} =$$

$$= \alpha_{i,t,j,j}/r_{i,j,j-\ell},\ \ell=1,j-1\}$$

$$\{\lfloor P_{t,j,k} \rfloor = b_t;\ P_{t+\ell,j,j-\ell} =$$

$$P_{t,j,j},\ \ell=1,j-1\}$$

Calcularem els valors d'arrencada de les $X_{i,T}$, Y_T segons 3.7.

Calcularem, del final cap al començament, de manera recurrent, per a cada t

$\Omega = \{\Omega \rightarrow MAX(Y_t+b_t$, a tota la diagonal principal; $\Omega \leq$ períodes que falten per a tancar la programació$)\}$

$I,P = \{I,P \rightarrow MAX((X_t^{I,P}+G_t^{I,P})/R_i^{I,P}$, a totes les diagonals principals de totes les inversions i; $P \leq$ períodes que falten per a tancar la programació$)\}$

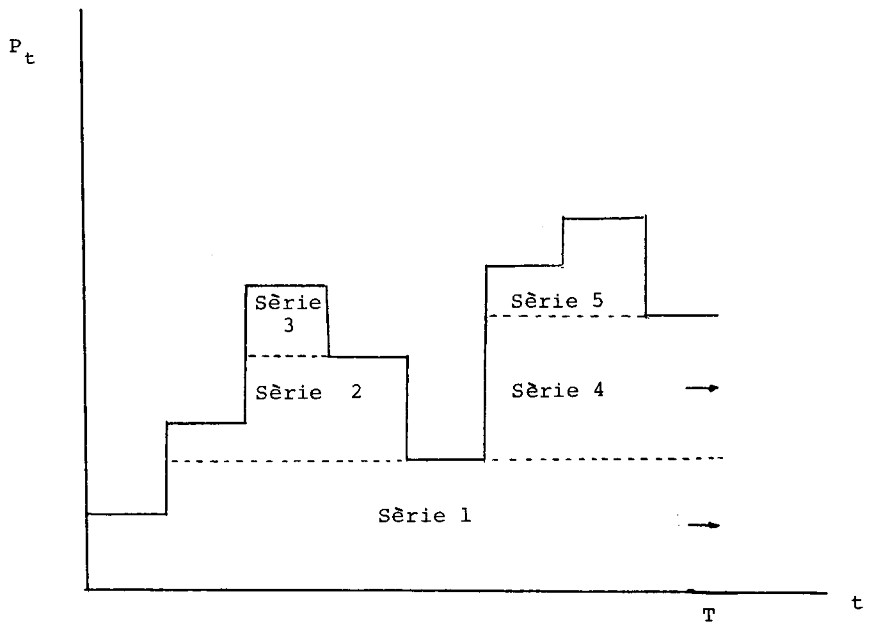

Figura 2 - Descomposició de la sèrie de passiu

$H_{T-(t-1)}=V(H_{T-t}+\sum_i (X_t^{I,P}+G_t^{I,P})(P_t+L_t)/$

$/R_i^{I,P}(Y_t^Q+b_t^Q)L)$

$X_{i,t-1}=vZ(X_{i,t}+G_{i,t}-(X_t^{I,P}+G_t^{I,P})R_i/R^{I,P})$

$Y_{t-1}=vZ(Y_t+b_t-(Y_t^Q+b_t^Q)S)$
camí (t-1 a t)= Q, I, P.

Després calcularem del començament cap al final, per a cada t

Q,I,P = camí (t-1 a t)

DN_t^Q = L-S o $N_{t-1}B$

$DA_{i,t}^{I,P}$ = $(P_t+L-\sum_i R_i$ o $A_{i,t-1}B)/R_i^{I,P}$

(La resta d'elements DN_t i $DA_{i,t}$, els que són fora del camí, són zero)

$N_t = N_{t-1}B+DN_t$; $A_{i,t} = A_{i,t-1}B+DA_{i,t}$

5. CONCLUSIONS

De l'apartat /4/ es dedueix que el problema és separable a nivell d'actius i passius, per la qual cosa poden ser resolts independentment.

El mètode que oferim és relativament senzill tant per a utilitzar-lo a mà en casos reduïts -n'oferim un exemple a l'annex II- com per a programar-lo en ordenador.

En l'aplicació descrita a l'apartat de reconeixements, s'ha utilitzat aquest model però simplificant moltes de les opcions que s'han tingut en compte en el cas general; les diferències es detallen a l'annex I.

Cal remarcar que el punt més delicat d'aquest model és l'obtenció de les sèries exògenes (passius, taxes) a un nivell mínimament fiable encara que aquest problema continua existint utilitzant qualsevol mena de model o de sistema de decisió.

ANNEX I - MODEL SIMPLIFICAT

Les diferències que hi ha entre el model aplicat (vegeu /RECONEIXEMENTS/ i el descrit són fonamentalment:

- L'interbancari només podrà ésser deutor o creditor per un període.

- Sols hi ha una inversió alternativa que manté una proporció constant entre un, dos, i tres mesos (pel que fa a la nova inversió)

- Els venciments de les inversions són únics (per a la part que hem invertit a un, dos, i tres períodes)

- La comptabilització del benefici es fa en el moment de formalitzar la inversió.

- El passiu exogen previst és creixent.

En aquestes condicions, el model va poder -

ésser programat fins i tot amb una calculadora de butxaca, per a una durada de vint-i-quatre períodes.

ANNEX II - EXEMPLE NUMÈRIC

Fem una simplificació del problema per a poder-lo seguir manualment. Considerem el cas de l'arbitratge: rebre i deixar en el mercat interbancari sense inversió de capital propi jugant amb la variació de les taxes per terminis i períodes.

Les condicions són:

- El supòsit es desenvolupa en set mesos; -- abans del primer període i després del darrer no s'ha de tenir res pendent ni a favor ni en contra.

- Els únics terminis contractables són a un, dos i tres mesos.

- Les taxes previstes, per període i termini són

Terminis \ Períodes	1	2	3	4	5	6	7
1	.10	.10	.15	.20	.19	.12	.10
2	.11	.12	.15	.21	.22	.15	.11
3	.12	.15	.16	.22	.22	.18	.12

- S'ha d'optimitzar el benefici comptable total.

Fem primer l'interbancari passiu.

Formem les taules b_t

$$b_1=\begin{pmatrix} -.10 & & \\ 0 & -.11 & \\ 0 & 0 & -.12 \end{pmatrix} \quad b_2=\begin{pmatrix} -.10 & & \\ -.11 & -.12 & \\ 0 & -.12 & -.15 \end{pmatrix}$$

$$b_3=\begin{pmatrix} -.15 & & \\ -.12 & -.15 & \\ -.12 & -.15 & -.16 \end{pmatrix} \quad b_4=\begin{pmatrix} -.20 & & \\ -.15 & -.21 & \\ -.15 & -.16 & -.22 \end{pmatrix}$$

$$b_5=\begin{pmatrix} -.19 & & \\ -.21 & -.22 & \\ -.16 & -.22 & -.22 \end{pmatrix} \quad b_6=\begin{pmatrix} -.12 & & \\ -.22 & -.15 & \\ -.22 & -.22 & 0 \end{pmatrix}$$

$$b_7=\begin{pmatrix} -.10 & & \\ -.15 & 0 & \\ -.22 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad b_8=\begin{pmatrix} 0 & & \\ 0 & 0 & \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Calculem Y_t, Y_t+b_t. Els màxims de la diagonal principal s'han marcat amb un asterisc.

t	Y_t+b_t	Y_{t-1}
8	0 0 0 0 0 0	
7	-.10* -.15 0 -.22 0 0	0 0 -.05 0 -.12 .10
6	-.12* -.22 -.20 -.22 -.34 .10	0 0 -.10 0 -.10 -.12
5	-.19* -.21 -.32 -.16 -.32 -.34	0 0 -.02 0 .03 -.13
4	-.20* -.15 -.23 -.15 -.13 -.35	0 0 .05 0 .05 .07
3	-.15 -.12 -.10 -.12 -.10 -.09*	0 0 -.03 0 -.03 -.01
2	-.10* -.11 -.15 0 -.15 -.16	0 0 -.01 0 -.10 -.05
1	-.10* 0 -.12 0 -.10 -.17	0 0 -.10 0 -.10 0

D'aquí traiem el camí d'anada de l'interbancari passiu Q=(1,1,3,1,1,1,1).

Seguint els mateixos passos per a interbancari actiu

$$a_1=\begin{pmatrix} .10 & & \\ 0 & .11 & \\ 0 & 0 & .12 \end{pmatrix} \quad a_2=\begin{pmatrix} .10 & & \\ .11 & .12 & \\ 0 & .12 & .15 \end{pmatrix}$$

$$a_3=\begin{pmatrix} .15 & & \\ .12 & .15 & \\ .12 & .15 & .16 \end{pmatrix} \quad a_4=\begin{pmatrix} .20 & & \\ .15 & .21 & \\ .15 & .16 & .22 \end{pmatrix}$$

$$a_5=\begin{pmatrix} .19 & & \\ .21 & .22 & \\ .16 & .22 & .22 \end{pmatrix} \quad a_6=\begin{pmatrix} .12 & & \\ .22 & .15 & \\ .22 & .22 & 0 \end{pmatrix} \quad a_7=\begin{pmatrix} .10 & & \\ .15 & 0 & \\ .22 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

t	x +G	x	t	x +G	x
8	0 0 0 0 0 0		4	.20* .15 .06 .15 -.04 .10	0 -.05 0 -.05 -.24
7	.10* .15 0 .22 0 0	0 0 .05 0 .12 0	3	.15* .12 .10 .12 .10 -.08	0 0 -.03 0 -.03 -.05
6	.12 .22 .20* .22 .34 0	0 0 .02 0 .02 .14	2	.10* .11 .09 0 .09 .10	0 0 .01 0 -.10 -.01
5	.19 .21 .24 .16 .24 .36*	0 0 -.15 0 -.20 -.12	1	.10 0 -.12* 0 -.10 .11	0 0 -.12 0 -.12 -.22

Camí d'anada de l'interbancari actiu: P = (2, 1 o 3, 1, 1, 3, 2, 1)

Calculem ara els camins de tornada. Representant l'actiu com a "L" i el passiu com a "-L" -- (sostre d"endeutament).

MES CONTRACTACIÓ	MENA I TERMINI DE L'OPERACIÓ	MES DE VIGÈNCIA						
		1	2	3	4	5	6	7
1	PASSIU -1 ACTIU -2	-L L	 L					
2	PASSIU -1		-L					
3	PASSIU -3 ACTIU -1			-L L	-L	-L		
4	ACTIU -1				L			
5	ACTIU -3					L	L	L
6	PASSIU -1						-L	
7	PASSIU -1							-L

6. RECONEIXEMENTS

Aquest treball és una part del projecte P.O.T.S. (Procediments per a la Optimització, -- Test i Simulació), per a la simulació de polítiques i la formalització del pressupost, que hem portat a terme amb Àngel Rodríguez, Economista, a l'Institut d'Economia Aplicada durant l'any 1979.

7. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

/1/ KAUFMANN, A., CRUON, R.: "La Programmation Dynamique". Dunod, Paris, 1965.

/2/ WAGNER, Harvey, M.: "Principles of Operations Research". Prentice-Hall, International Editions, London, 1975, 1969.

/3/ BOX and JENKINS: "Time Serie Analysis: Forecasting and Control". Holden-Day, -- San Francisco, 1976.

/4/ GRANGER, C.W.J., NEWBOLD, Paul: "Fore- - casting Economic Time Series". Academic Press, 1977.

/5/ GARCIA MORENO, J.F.: "El nivel óptimo -- del encaje interbancario". Index, Madrid 1975.

/6/ FERNANDEZ BAU, Carlos: "La gesti;on de - tesorería y las relaciones bancarias". - Ibérico Europea de Ediciones, Madrid, -- 1976.

/7/ KIRCHNER, C.: "Una introducción a la teoria económica de la empresa bancaria". - Herder, Barcelona, 1974.

/8/ ECHOLS and ELLIOT: "Forecasting V.S. Allocational Efficiency in Bank Asset Planning and Integrated Evaluation". Journal of Bank Research, Hivern, 1976.

/9/ SANTAMARIA, L.: "Un modello di Simulazione della gestione Bancaria". Bancaria n° 12, Desembre, 1976.

/10/ SAGIENI, M., YASPAN, A., FRIEDMAN, L.: - "Investigación de operaciones". Limusa-Wiley, México, 1967.

/11/ INTRILIGATOR, M.: "Optimización matemática y teoría económica". Prentice-Hall, México, 1973.

/12/ DORFMAN, SAMUELSON, SOLOW: "Linear Programming and Economic Analysis". McGraw Hill, New York, 1958.

/13/ THEIL, H., BOOT, J.G., KLOEK, T.: "In-- vestigación operativa y economía cuantificativa. Demos-Ariel, Barcelona, 1974.

/14/ VEGARA, J.M.: "Programación matemática y cálculo económico". Vicens-Vives, Barcelona, 1975.

/15/ WATSON. R.D.: "The Marginal Cost of - Funds Concept in Banking". Journal of - Bank Research, n°3, Tardur, 1977.

/16/ DODDS, J.C., FORD, J.L.: "Expectations, Uncertainty and Tipe Term Structure of Interest Rates". Martin Robertson, London, 1974.

/17/ HAHN-BRECHLING: "Teoría de los tipos de interés". Labor, Barcelona, 1974.