



Universitat de Girona

NOVES TÈCNIQUES DE GESTIÓ PER A L'EMPRESA PROMOTORA CONSTRUCTORA

Elvira CASSÚ SERRA

**ISBN: 84-689-8187-1
Dipòsit legal: GI-451-2006**

**NOVES TÈCNIQUES DE
GESTIÓ PER A L'EMPRESA
PROMOTORA
CONSTRUCTORA**

Autora: Elvira Cassú i Serra

Dirigit per : Dr. Joan Carles Ferrer i Comalat

NOVES TÈCNIQUES DE GESTIÓ PER A L'EMPRESA PROMOTORA CONSTRUCTORA

Tesi doctoral presentada per:
ELVIRA CASSÚ i SERRA

Dirigida per:
Dr. JOAN CARLES FERRER i COMALAT

Programa de Doctorat d' Economia i Empresa.
Itinerari: Empresa.

**UNIVERSITAT DE GIRONA
DEPARTAMENT D'EMPRESA**

**GIRONA
JULIOL 2005**

En record del meu pare

*“Cal ser modest i pensar que
no se sap res, però que estàs
preparat per entendre i avançar”*

Carles Cassú

JOAN CARLES FERRER I COMALAT, PROFESSOR TITULAR
D'UNIVERSITAT DEL DEPARTAMENT D'EMPRESA DE LA
UNIVERSITAT DE GIRONA,

CERTIFICA: Que la tesi doctoral titulada “Noves tècniques de gestió
per a l’empresa promotora constructora”, que es
presenta per optar al grau de Doctor en Ciències
Econòmiques i Empresariales per la Universitat de
Girona, ha estat realitzada per Elvira Cassú i Serra, sota
la direcció del Dr. Joan Carles Ferrer i Comalat.

I per tal que consti als efectes oportuns, signo aquest certificat a Girona, a 5
de juliol de 2005.

Signat: Joan Carles Ferrer i Comalat.

AGRAÏMENTS

No és per compromís ni per cortesia que enceto aquest apartat d'agraïments, sinó per deixar constància de la meva immensa gratitud a tots aquells que en els moments més difícils de la meva vida, després d'haver perdut el meu pare, em varen encoratjar i transmetre confiança perquè iniciés aquesta tesi doctoral que, de ben segur, tota sola mai no hauria trobat el camí per portar-la a terme.

Les persones del departament del qual el meu pare n'havia format part, l'equip de la matemàtica per al tractament de la incertesa, em van fer sentir des del primer moment com a casa, perquè tal com deia sovint el meu pare, jo també tinc ara dues famílies, la meva pròpia i la universitària. Aquesta última traspassa els límits de la nostra Universitat de Girona perquè el Dr. Jaume Gil Aluja i el Dr. Dídac Ramírez de la Universitat de Barcelona, bons amics del meu pare, m'han demostrat sempre que podia comptar amb ells per a qualsevol consulta o informació. També el Dr. Antoni Terceño, de la Universitat Rovira i Virgili, de qui he rebut un gran afecte i desinteressat suport.

El meu director de tesi, el Dr. Joan Carles Ferrer que, des del moment que em va acollir en l'equip, m'ha ofert la seva amistat esdevenint, per a mi, un recolzament molt important per afrontar el dia a dia de la vida a la Universitat i, de forma generosa, m'ha dedicat llargues estones a la discussió i a la millora d'aquesta tesi, aportant noves idees i trobant solucions a les qüestions que s'han anat plantejant. De la mateixa manera, el Dr. Xavier Bertran, amb el seu esperit entusiasta i gran capacitat de treball, m'ha ofert sempre la seva inestimable col·laboració i amb pacients explicacions m'ha ajudat en molts aspectes matemàtics dels diferents apartats de lògica borrosa.

Vull donar les gràcies al Dr. Joaquim Rabaseda de qui he rebut l'ajut moral i intel·lectual necessari per creure que amb l'esforç i tenacitat les coses difícils poden esdevenir fins i tot fàcils.

Gràcies també pel suport rebut del Dr. Joan Bonet i de la Dolors Corominas, així com de la resta d'integrants de la unitat de matemàtiques, del grup de recerca en Matemàtiques per al Tractament de la Incertesa en l'Economia i l'Empresa, i dels companys del Departament d'Empresa.

En el capítol 13 d'aquesta tesi, la col·laboració desinteressada del Dr. Josep Boadas va fer possible la seva elaboració. Gràcies per tanta dedicació.

I gràcies també per l'ajut material rebut de la UdG en concedir-me una beca de la qual he pogut fruir durant els darrers quatre anys.

La col·laboració de la família universitària ha estat molt àmplia i hauria d'haver esmentat més noms encara, però tots ells són en els meus pensaments. Pel que fa la meva pròpia família dono les gràcies a la meva mare que sempre em fa costat, i al meu enyorat pare per haver-me transmès, entre tantes altres coses, l'entusiasme i l'estimació envers la tasca universitària.

La responsabilitat dels errors i deficiències que puguin haver en aquesta tesi és només meva.

SUMARI

SUMARI

INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS	13
PRIMERA PART: EL SECTOR DE LA PROMOCIÓ I DE LA CONSTRUCCIÓ.	
Capítol 1: Antecedents històrics de la promoció i de la construcció a Espanya.	25
Capítol 2: El sector de la promoció construcció a la ciutat de Girona.	39
Capítol 3: Anàlisi dels factors socio-econòmics que influeixen en la demanda d'habitatges.	49
Capítol 4: Finalitats de l'empresa promotora constructora.	65
SEGONA PART: METODOLOGIA	
Capítol 5: Teoria dels subconjunts borrosos	83
Capítol 6: Teoria dels efectes oblidats.	125
Capítol 7: Tècniques d'anàlisi a través d'experts.	137
Capítol 8: Anàlisi d'inferències a través de la lògica borrosa.	155
Capítol 9: Models de previsió a través de les xarxes neuronals.	177
TERCERA PART: NOVES TÈCNiques OPERATIVES DE GESTIÓ PER A L'EMPRESA PROMOTORA CONSTRUCTORA.	
Capítol 10: Elaboració de criteris de valoració immobiliària en situació d'incertesa.	195

Capítol 11: Les cadenes d'inferències en l'anàlisi de decisions d'inversió en l'àmbit de les empreses promotores constructores.	251
Capítol 12: Procés per a la detecció d'efectes oblidats que influeixen en el sector de les empreses promotores constructores.	265
Capítol 13: Model de previsió de preus basat en una xarxa neuronal.	299
CONCLUSIONS	317
BIBLIOGRAFIA	323
INDEX GENERAL	335

**INTRODUCCIÓ
I
OBJECTIUS**

INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS

En el sector de la promoció construcció, i en especial, en el subsector de la promoció construcció d'habitatges, l'empresari ha de tenir un bon coneixement de les variables d'entorn que l'envolten ja que la consideració de les mateixes seran fonamentals a l'hora de prendre decisions sobre planificació estratègica.

En el nostre país, com en la resta d'Europa, ens trobem en una fase de canvis socio econòmics així com de canvis polítics, el que dificulta la previsió del comportament futur de les variables d'entorn. Per tant, el subjecte decisor es troba davant d'un ambient d'incertesa que s'aguditzza per la majoritària presència de factors qualitius difícils de quantificar. Llavors, l'empresari constructor promotor haurà de recórrer a tècniques operatives de gestió que tinguin present aquesta situació i això serà possible a partir les eines que ens ofereix la lògica borrosa.

Els **objectius fonamentals** d'aquesta tesi són, d'una banda, realitzar un **estudi detallat dels principals fonaments de la teoria dels subconjunts borrosos així com d'algunes tècniques operatives de gestió**, i d'altra banda, **analitzar els resultats obtinguts en l'aplicació de la teoria a situacions diverses de gestió en el sector de la promoció construcció**.

Per assolir aquest doble objectiu genèric, estructurarem la tesi en tres parts diferenciades, que s'uneixen per donar resposta a l'objectiu plantejat:

1. En primer lloc, exposem les característiques específiques i l'evolució del sector de la promoció i de la construcció d'habitatges en general, i més en particular, a la ciutat de Girona.
2. En segon lloc, expliquem els principals fonaments de la teoria dels subconjunts borrosos juntament amb les aportacions de diferents tècniques operatives que ens seran d'utilitat en el posterior tractament de problemes relacionats en la presa de decisions i gestió empresarial del sector de la promoció i construcció.

3. Finalment, en tercer lloc, exposem diverses aplicacions de la metodologia borrosa per a l'establiment de noves estratègies de gestió aplicades al sector objecte d'estudi, que és el sector de les empreses dirigides a la promoció i a la construcció.

PRIMERA PART:

EL SECTOR DE LA PROMOCIÓ I DE LA CONSTRUCCIÓ.

Dividim aquesta primera part en 4 capítols:

1. Antecedents de la promoció i de la construcció.

En aquest primer capítol fem un recorregut en el temps des dels anys 30 del segle XX fins els nostres dies amb la finalitat de conèixer l'evolució del sector i observar com les tradicionals figures del constructor i del promotor s'han anat transformant fins arribar a un complex sistema de relacions empresarials, ampliades per noves formes de gestió.

2. El sector de la promoció construcció a la ciutat de Girona.

En aquest segon capítol, continuació natural de l'anterior, realitzem un repàs en el temps, des de la finalització de la Guerra Civil espanyola fins a l'actualitat, de l'evolució del sector de la promoció construcció a la ciutat de Girona així com de l'evolució que ha sofert la ciutat des del punt de vista de l'edificació.

3. Anàlisi dels factors socio-econòmics que influeixen en la demanda d'habitatges.

En aquest tercer capítol analitzem algunes de les causes que ens poden permetre explicar la marxa i les fluctuacions del sector amb la finalitat de poder preveure la seva evolució futura.

4. Finalitats de l'empresa promotora constructora.

En aquest últim capítol de la primera part enumerem i comentem una sèrie d'objectius que podrien representar algunes de les finalitats d'una empresa promotora constructora, a fi d'abordar-los posteriorment des d'una perspectiva basada en l'ús de les eines pròpies de la lògica borrosa.

SEGONA PART:

METODOLOGIA

Dividim aquesta segona part en 5 capítols:

5. Teoria dels subconjunts borrosos.

En aquest cinquè capítol analitzem el concepte de subconjunt borrós i les principals operacions que amb ells es realitzen, així com el concepte de número borrós per representar magnituds incertes, i el concepte de conjunt Φ -borrós per possibilitar un tractament més ampli de l'agregació d'opinions a través d'experts.

6. Teoria dels efectes oblidats.

En aquest sisè capítol es presenta i es desenvolupa el model per a la detecció d'efectes oblidats que usarem en la tercera part per descobrir algunes de les causes no directament controlables que poden influir en dificultar o afavorir la consecució dels objectius que una empresa promotora-constructora persegueix.

7. Tècniques d'anàlisi a través d'experts.

En aquest setè capítol destaquem els fonaments teòrics que possibiliten l'adequat tractament de la col·laboració de diversos experts a partir del requeriment de la seva opinió, a fi de no perdre'n informació.

8. Anàlisi d'inferències a través de la lògica borrosa.

En aquest vuitè capítol justifiquem l'ús de les lògiques multivalents amb una referència especial a la lògica de Lukaciewicz i de Lee, que utilitzem posteriorment en l'aplicació desenvolupada en el capítol 11.

9. Models de previsió a través de xarxes neuronals.

En aquest darrer capítol de la segona part, realitzem una breu descripció del funcionament de les xarxes neuronals, per possibilitar-ne la seva aplicació en el model de previsió de preus que desenvolupem en el capítol 13.

TERCERA PART:

NOVES TÈCNiques OPERATIVES DE GESTIÓ PER A L'EMPRESA PROMOTORA CONSTRUCTORA.

Dividim aquesta tercera part en 4 capítols:

10. Anàlisi d'alguns criteris de valoració immobiliària en situació d'incertesa.

En aquest desè capítol exposem alguns dels diferents mètodes clàssics de valoració immobiliària. Tot seguit proposem una via d'aplicació dels mateixos en ambient incert i, per tant, amb la utilització de les eines que ens proporciona la lògica borrosa, creiem que aconseguim una millor adequació a la realitat que volem explicar.

11. Les cadenes d'inferències en l'anàlisi de decisions d'inversió en l'àmbit de les empreses promotores constructores.

En aquest onzè capítol proposem l'establiment d'un cas pràctic que ens permetrà obtenir la valuació de les possibilitats d'assolir algunes de les finalitats

que es proposen les empreses promotores constructores, a partir de la construcció d'un graf d'inferències valuat a través de l'opinió d'experts del sector usant les lògiques multivalents de Lukaciewicz i de Lee.

12. Elaboració del procés per a la detecció de possibles efectes oblidats en les empreses promotores constructores.

En aquest dotzè capítol realitzem a través d'un procés d'expertatge i l'aplicació del model estudiat en el capítol 6, un estudi per detectar aquells efectes oblidats que és necessari tenir en consideració per una millora en la gestió que condueixi a un assoliment dels objectius. Les variables escollides, així com els objectius desitjats a assolir per una empresa promotora constructora són els comentats en els capítols 3 i 4.

13. Model de previsió de preus basat en una xarxa neuronal.

En aquest darrer capítol oferim una alternativa amb l'establiment d'un model de previsió de preus en els habitatges a partir d'una xarxa perceptró multicapa entrenada mitjançant la regla d'aprenentatge retropropagació de l'error (*backpropagation*) amb la finalitat de construir un model que ens permeti poder identificar quines són aquelles variables socioeconòmiques que exerceixen determinada influència en la variació dels preus.

Finalment presentem les conclusions i reflexions que es desprenen de la globalitat de l'estudi que hem dut a terme.

PART I

EL SECTOR DE LA PROMOCIÓ – CONSTRUCCIÓ

PART I

EL SECTOR DE LA PROMOCIÓ-CONSTRUCCIÓ

En aquesta primera part veurem com ha anat evolucionant el sector de la promoció-construcció així com les transformacions urbanes que ha sofert tant l'estat espanyol com la ciutat de Girona des dels anys 30 del segle XX fins a principis del segle XXI. També fem un repàs de les possibles causes que han pogut ocasionar aquests canvis així com d'alguns dels objectius que el sector objecte d'estudi persegueix.

CAPÍTOL 1

ANTECEDENTS DE LA PROMOCIÓ I DE LA CONSTRUCCIÓ.

La presa de consciència de la necessitat d'industrialització del sector de la construcció no es va produir fins la tercera dècada del segle XX, ja que fins els anys 30 la construcció europea, així com l'espanyola, va ser bàsicament artesana, la qual cosa va provocar un endarreriment del sector davant d'altres ja molt més mecanitzats que fruïen d'organitzacions de treball més modernes, les quals aportaven millores socials i econòmiques com a conseqüència de la revolució dels sistemes productius i dels avenços tecnològics ja consolidats en aquella època. Calia, per tant, fer un gir en el sector de la construcció, però per poder assolir aquest canvi s'havia de tenir en compte tota la indústria que l'envoltava, és a dir, iniciar la revolució del sector des de la pròpia elaboració dels materials, així com modernitzar l'organització social del treball per possibilitar la fabricació en sèrie dels materials de construcció amb la finalitat de reduir de manera important els costos de fabricació i de mà d'obra mitjançant una major mecanització del procés.

A finals dels anys 30, aquesta industrialització de la construcció ja era una realitat a gran part d'Europa (França, Anglaterra, Alemanya i Suïssa), mentre que a Espanya continuava essent un sector artesà per manca de mitjans i perquè la mà d'obra era barata. Aquest endarreriment del sector de la construcció, així com de l'economia general d'Espanya en comparació amb la resta d'Europa, va ser provocat per la Guerra Civil Espanyola (1936-1939), que va deixar el país en una situació precària en molts àmbits.

Espanya va quedar paralyzada durant la guerra i en el transcurs dels anys posteriors va entrar en una profunda depressió de la qual no es començaria a recuperar fins a finals dels anys 40. Durant aquests anys, Espanya no tenia la suficient capacitat ni prou recursos per poder obrir, ni mantenir, centres d'investigació experimental que fessin possible la necessària evolució dels sistemes constructius cap a la industrialització des de la pròpia elaboració del material i s'anava endarrerint i allunyant d'alguns països d'Europa que anaven avançant ja que els seus governs, així com les empreses constructores i les empreses promotores, comptaven amb centres d'experimentació que garantien el progrés de la construcció amb nous materials i elements estructurals i constructius, i així facilitaven la modernització i la industrialització del sector.

L'any 1934 va sorgir a Madrid un grup d'enginyers i arquitectes, entre els que cal destacar Eduardo Torroja, els quals volien posar fi a l'endarreriment del sector de la construcció. No va ser, però, fins després de la guerra civil quan es va fer possible el camí cap al progrés i desenvolupament d'aquesta Espanya deprimida i artesana. Gràcies a aquests professionals, Espanya va fer un gir important ja que van fer participar els nous materials i els moderns sistemes de producció a l'enginyeria civil i l'arquitectura. Aquest grup va constituir la primera organització creada a Espanya lliurement per particulars, anomenat Institut de la Construcció, amb la finalitat d'investigar, promoure i divulgar els camps relacionats amb la construcció des de tots i cadascun dels seus aspectes tècnics i científics, a fi de fomentar el progrés d'una indústria antiquada, però que podia produir més i millors obres d'arquitectura i enginyeria, i començar a revolucionar els sistemes de producció des de la manipulació del propi material, forçant així l'evolució cap a la desitjada normalització i industrialització del sector. Es pot considerar que Eduardo Torroja i el seu equip de col·laboradors varen constituir un dels primers grups promotors en construcció d'edificis a Espanya.

Els socis del grup d'Eduardo Torroja van començar a multiplicar-se i amb ells van augmentar les quotes que van permetre la creació de l'Institut de la

Construcció sota la direcció del propi Torroja, el qual ben aviat va ser conegut i admirat per les seves activitats en altres països. A més, van rebre recolzament per part del govern de l'època, la qual cosa va fer possible que el grup de tècnics que formaven el grup s'ampliés amb personal de diferents especialitats. A partir d'aquí, tècnics i científics del país rebien la informació actualitzada d'arreu del món relativa al sector i d'aquesta manera l'Institut va adquirir rellevància internacional. L'Institut de la Construcció va impulsar un procés que exigia la generació d'una arquitectura susceptible de ser industrialitzada, i difonia el camí científic adequat per potenciar el desenvolupament i progrés de l'arquitectura i, per tant, de la construcció.

D'altra banda, quan va finalitzar la Guerra Civil, va sorgir la problemàtica de la necessitat d'habitatges a les ciutats. Aquesta necessitat ja era existent abans del conflicte però es va veure incrementada a partir de la segona meitat dels anys 40 degut a les destruccions causades amb motiu de la guerra, però també pel creixement demogràfic i pels moviments migratoris del camp a la ciutat que cada vegada eren més nombrosos.

Davant d'aquesta problemàtica cal destacar el paper de l'església com a promotora de l'habitatge social que, juntament amb entitats i associacions properes a ella, van portar a terme, des de la segona meitat dels anys 40 fins els anys 60, una sèrie d'iniciatives que va possibilitar diferents realitzacions en matèria de construcció d'habitatge sota la figura jurídica de l'Entitat benèfica constructora.

Paral·lelament, fou al finalitzar la Guerra Civil, l'any 1939, que es va crear el "Instituto Nacional de la Vivienda" (I.N.V) amb la finalitat de fomentar la construcció d'habitatges i assegurar el seu aprofitament. Juntament amb la seva creació es va inaugurar el règim d'Habitatges Protegits. Per tant, es podria dir que en la dècada dels anys 40 el sector de la construcció té bàsicament la missió de reconstruir una Espanya destruïda, que s'anirà recuperant lenta i gradualment durant aquesta dècada a partir de les accions realitzades per

l'Institut de la Construcció, el "Instituto Nacional de la Vivienda" i de l'Entitat benèfica constructora, així com de nous grups de promotors motivats per totes aquestes institucions esmentades.

Casinello¹ ressalta que durant la dècada dels anys 50, degut a canvis en el model econòmic, i al fet que els moviments migratoris cap a la ciutat es van multiplicar de manera important, es va produir una situació de manca d'habitatge que va esdevenir en un problema social greu que repercutia directament a l'espai urbà. Els projectes de construcció d'habitatges plantejats per aquesta dècada es van veure desbordats de les seves previsions inicials. L'arquitectura havia de fer un gir en el seu model de pensament, el seu objecte fonamental havia de ser crear habitatges funcionals amb l'objectiu d'assolir la producció en sèrie.

Durant aquesta dècada va ser necessari que el sector de la construcció, a través dels promotors, donés solucions ràpides per minimitzar el problema de l'allotjament de les masses migratòries a les grans ciutats, que cada dia estaven més saturades, d'una banda pel fenomen del constant creixement demogràfic, i de l'altra per la migració de les persones del camp vers la ciutat, la qual cosa va generar una concentració de població a les zones urbanes que va provocar, per primera vegada, un dèficit d'habitatges urbans.

Aquest dèficit d'habitatges fou motivat perquè, tot i que Espanya anava evolucionant i modernitzant el sector de la construcció, encara s'utilitzaven de manera general els sistemes tradicionals i artesans de construcció, que es mostraven incapaçs d'absorbir l'arribada en massa de nova població a les grans ciutats. Aquesta pressió va fer que el sector de la construcció avancés pel camí adequat, tant des del punt de vista arquitectònic com del de l'adaptació de la indústria dels materials, amb l'objectiu d'abandonar els

¹ CASINELLO, M.J. (2000): "Razón científica de la modernidad española en la década de los 50". Actas congreso internacional. Los años 50: la arquitectura española y su compromiso con la historia.

clàssics i deficients sistemes de treball, per passar a adoptar una nova organització i producció en sèrie. Aquesta nova organització basada en la producció en sèrie, tenia com a finalitat el poder millorar i economitza la producció d'habitatges.

Davant d'aquesta situació, l'Institut de la Construcció anteriorment esmentat va convocar concursos d'habitatges amb la finalitat d'accelerar la seva industrialització i, al mateix temps, motivar diversos grups de tècnics i enginyers, així com grups privats d'empresaris promotors, a implicar-se en l'elaboració de nous elements estructurals i constructius que facilitessin la fabricació en sèrie d'habitatges. Per la seva banda, l'Estat també intentava resoldre aquest dèficit convocant concursos d'iniciativa privada. Tot això va permetre potenciar l'aparició de patents de tot tipus d'elements constructius i estructurals que de forma lenta però continuada van possibilitar la modernització del sector.

D'aquesta manera, la dècada dels cinquanta es va caracteritzar per una política de construcció d'habitatges, promoguda en part amb la intervenció de l'Estat i en part per una iniciativa privada que començava a fruir de subvencions oficials, recolzada al mateix temps per una política de desenvolupament industrial. El 1958 es promouen a través de l'Estat els habitatges subvencionats que eren els que més s'adaptaven a les necessitats del moment. L'Estat atorgava una subvenció fixa de 30.000 pessetes a favor del promotor per cada habitatge d'aquesta categoria que fos construït, la qual representava un 30% del preu total de l'habitatge. Els promotors immobiliaris i les grans societats anònimes que actuaven sobre terrenys per edificar van anar prenent força, la qual cosa, va provocar la gradual desaparició de propietaris individuals que encarregaven edificacions amb la finalitat de llogar la finca.

Durant la dècada dels anys seixanta i la primera meitat dels setanta, Espanya comença a viure una època de bonança econòmica. Els moviments migratoris del camp a la ciutat continuen produint-se, però, a més, també es produeix el

trasllat de persones de zones geogràfiques a d'altres amb millors expectatives de futur. Neix el fenomen del "baby boom" a nivell mundial i a Espanya també creix de forma notable la taxa de natalitat, afavorit per un increment important en el nombre de matrimonis que ve a ser també un índex de la demanda d'habitatges. Tota aquesta sèrie de causes que es van concentrar en la mateixa època, van provocar el naixement de l'anomenat "boom" de la construcció a les ciutats, amb la urbanització de les perifèries de les mateixes, el que va contribuir a la formació de nous barris als seus cinturons.

Però a l'any 1965, es va observar que la promoció d'habitatges subvencionats superà en nombre a les previsions inicials, i el pagament d'aquestes subvencions va ocasionar un desequilibri en els pressupostos de l'Estat. Aquest fet va originar l'establiment d'uns "cupos" per promotor amb la finalitat d'assolir l'equilibri pressupostari. Tot i amb això, fins a la primera meitat de la dècada dels setanta, el sector es va caracteritzar per un fort creixement provocat per l'augment de la demanda d'habitatges. A més, aquest increment de la demanda d'habitatges es va veure multiplicat per l'augment de construccions en les costes del país, principalment a la Costa Brava i la Costa del Sol, en forma d'hotels, apartaments, superfícies comercials o urbanitzacions de segones residències, ja que també en el transcurs d'aquests anys es va iniciar l'arribada en massa de turisme en les nostres platges procedents d'una Europa també creixent.

El creixement del sector és molt important i cal tenir present que els plans de desenvolupament del Govern van adoptar el sector immobiliari com a element impulsor de l'economia. Les constructores formaven part d'una economia creixent, i és per això que es van crear moltes empreses promotores constructores durant aquests anys. Per tant, podríem afirmar que les primeres empreses promotores constructores, tal i com avui les entenem, sorgeixen a Espanya a principis de la dècada dels 60. Neix, doncs, una nova figura d'empresari, i una nova professió, el promotor constructor, que es diferencia del tradicional constructor perquè aquest últim només actuava per encàrrec de

tercers, els promotors. En canvi, la nova figura del promotor constructor s'encarrega de les diverses fases que conclouen amb la construcció de l'habitatge.

La finalitat del promotor constructor consisteix en desenvolupar el procés complet que comporta la realització d'una obra. És a dir, adquireix el solar, encarrega la redacció del projecte al seu equip tècnic, tramita els permisos necessaris, realitza la construcció des de l'inici fins als acabats, i finalment s'encarrega també de les tasques comercials, venda i post-venda.

És clar, doncs, que aquesta nova professió és complexa i comporta un elevat risc ja que les inversions que realitza el promotor-constructor sempre seran elevades. És per aquest motiu que en moltes províncies van aparèixer diverses associacions professionals fundades pels mateixos empresaris. Exemples significatius d'aquestes associacions en són l'Associació de Promotors Constructors d'Edificis de Barcelona i Província (APCE) que va néixer l'any 1970, o el Gremi de promotors i constructors d'edificis de Girona (GIPCE) l'any 1976, entre d'altres. La finalitat principal d'aquestes associacions va ser, i és, la d'assessorar i resoldre possibles problemes que puguin sorgir als seus socis, així com mantenir-los informats dels fets i noves lleis que periòdicament van apareixent a fi de disposar de la informació més actualitzada possible que faciliti el desenvolupament de la seva tasca.

L'important creixement del sector descrit en els paràgrafs anteriors va caure en una forta recessió a mitjans dels anys setanta, ja que l'economia mundial va entrar en una profunda davallada econòmica que va començar amb la primera crisi del petroli de l'any 1973 i va afectar a diferents països com Espanya. L'anomenada "crisi dels setanta" va comportar un fort augment de la inflació i l'encariment dels preus en general, un increment de l'atur, l'augment dels tipus d'interès i, conseqüentment, la disminució de la renda disponible dels individus així com inseguretats en les rendes empresarials. D'aquesta manera, el sector de la construcció va veure fallides gran part de les seves expectatives, ja que la

majoria de la població no s'arriscava fàcilment a la compra d'un habitatge, i menys encara a la d'una segona residència. La caiguda de l'activitat constructora va ser encara més contundent al frenar-se també les inversions de les Administracions públiques del país, i agreujada per l'enduriment de les entitats financeres a l'hora de concedir un préstec hipotecari, així com pels elevats tipus d'interès provocats per l'augment de la inflació, i per l'exigència de terminis inferiors d'amortització provocats per un marc general d'inestabilitat econòmica.

La "crisi dels setanta" no es va començar a superar fins entrada la dècada dels vuitanta (1985). En aquesta dècada fou necessari sanejar l'economia amb actuacions per part del Govern, que va realitzar inversions en infraestructures i serveis per contribuir en part a animar una economia deprimida, tasca assolible si tenim en compte que es partien de nivells molt baixos i a més s'esperaven esdeveniments importants per l'any 1992, principalment els Jocs Olímpics i l'Exposició Universal. Aquesta nova conjuntura assegurava la demanda d'habitatges, però calia haver tingut present, cosa que no va ser així, que durant l'inici d'aquesta nova etapa no hi havia dèficit d'habitatges, ja que hi havia estoc de la crisi anterior. Les autoritats van posar de manifest la normalització de la urbanització del sòl, que juntament amb la seva escassetat, va provocar un increment important del preu dels solars i per tant dels habitatges, així com dels preus i lloguers d'oficines.

S'iniciava d'aquesta manera un segon "boom immobiliari" que fou degut a un creixement econòmic que portava lligat amb ell un increment de la demanda d'habitatges. Davant d'aquesta pressió de la demanda es produí un increment del preu dels habitatges de les zones urbanes. D'altra banda, en aquests anys va haver-hi una entrada important de capital estranger al país, que va contribuir a crear una demanda d'edificis per a oficines. Aquests fets varen animar novament al gremi dels constructors-promotors a incrementar la seva activitat empresarial, els quals varen iniciar un procés de caire especulatiu vers les necessitats futures provocades pel creixement vegetatiu de la població, així

com per la taxa de nombre d'enllaços matrimonials i també per l'inici de l'arribada de nous immigrants de l'estranger que van representar un nou tipus d'immigració sense precedent en el nostre país. Però la conjuntura econòmica d'aquells anys no era prou sòlida, Espanya era un país que tenia un nivell de dependència elevat davant de l'economia mundial, i esdeveniments com la guerra del Golf Pèrsic a l'any 1991, així com les restriccions de crèdits van provocar que es caigués en una sobreconstrucció degut a que les decisions dels constructors promotors de l'època van ser excessivament especulatives. L'excés d'especulació va provocar, una vegada més, l'entrada d'un nou cicle de recessió en l'economia i, per tant, del sector de la construcció.

Aquest cicle de recessió comprendria des de l'any 1992 fins el 1995, durant els quals la crisi mundial perjudicaria Espanya amb més força que altres països pel seu grau de dependència amb el sector exterior. L'increment de preus dels solars, i per tant dels habitatges, ja iniciat en el període anterior, va continuar amb aquesta tendència fins arribar a la impossibilitat per a la majoria de la població a poder optar a l'adquisició d'un habitatge. Aquest fet, sumat a una desincentivació fiscal, va provocar una caiguda de la demanda d'habitatges, locals comercials i oficines. El Govern va desenvolupar un "Plan Nacional de la Vivienda", que comprèn de 1992 fins 1995 amb la finalitat de millorar el finançament dels habitatges de protecció oficial i les de preu taxat, a fi de poder reactivar l'activitat promotora-constructora.

Les conseqüències previstes per la Llei del Sòl, ja aprovada el 1990, es varen posar de manifest durant aquest període esmentat de 1992-1995. Aquesta llei regulava les actuacions urbanístiques per facilitar sòl urbanitzable als promotors, i poder compensar d'aquesta manera l'increment del preu de l'habitatge degut a l'escassetat de terrenys i solars. Així doncs, amb aquesta sèrie d'actuacions es va aconseguir que durant l'any 1995 s'arribés a una estabilització dels preus.

Com a conseqüència d'aquestes actuacions, aquest cicle de recessió va ser de curta durada i útil ja que per al futur va posar de manifest les grans arítmies que poden afectar el sector ja que va posar de manifest al gremi de promotors-constructors que el comportament especulatiu no era l'adequat en el seu sector.

Durant els anys 1996 i 1997 es va seguir amb la mateixa tendència anterior, ja que el "Plan Nacional de Vivienda i Suelo" es va prorrogar durant tres anys més, amb la finalitat de millorar i facilitar el finançament per a l'adquisició d'habitatge . Durant aquest bienni es va traspasar la competència en matèria d'habitatge a les Comunitats Autònomes i a les Administracions locals, que també varen actuar en el sentit de facilitar l'accés a l'habitatge adreçant-se, principalment, a la població jove. La construcció d'habitatges va experimentar una evolució positiva sobretot per la continua baixada dels tipus d'interès que abaratien el crèdits hipotecaris.

Tots aquests fets, i tenint en compte que Espanya fruïa d'un creixement econòmic general que va provocar una millora del mercat laboral, varen suposar un augment en la capacitat econòmica de les famílies, la qual cosa va portar cap un nou increment de la demanda d'habitatges. A més, en aquesta època, i sobretot en les ciutats, va sorgir amb força la rehabilitació d'habitatges usats com a conseqüència de l'escassetat de sòl en les zones urbanes.

Des d'aleshores i fins l'actualitat, l'activitat del sector promotor- constructor ha anat creixent de forma continuada gràcies a l'excepcional entorn econòmic pel qual s'estava passant com a conseqüència de la integració a l'entorn europeu i els acords generals de contenció econòmica en el marc de la Unió Europea i que encara avui perdura, tot i que no amb tanta força ja que comencen a albirar-se darrerament alguns símptomes de desacceleració. Podem dir que, des del 1997 fins l'actualitat, la construcció ha experimentat un període de gran dinamisme en tot el conjunt de l'Estat espanyol, i ha convertit el sector de la construcció en el principal impulsor en aquests anys de bonança de l'economia general d'Espanya.

L'any 1999, l'economia espanyola va presentar un comportament molt positiu, la qual cosa va beneficiar el mercat laboral i va permetre una reducció de l'atur que va baixar fins a nivells històrics. Aquest fet va permetre incrementar la renda disponible de les famílies, es va facilitar la concessió de préstecs hipotecaris i es van reduir els tipus d'interès. Tot això va provocar un increment important de l'activitat del sector de la promoció construcció que va superar el creixement aconseguït durant la primera meitat de la dècada del vuitanta, ja que en aquest moment, els promotors i constructors prenen les seves decisions sobre bases més fonamentades, essent el factor especulatiu menys rellevant i, a més, la conjuntura econòmica del país era més sòlida que la dels anys vuitanta. Tot i així, la pressió de la demanda generava tensions en el preus que podien condicionar l'evolució futura del sector, tot i que aquest increment no va ser percentualment tan elevat com en la dècada anterior.

L'edificació va ser el segment del sector de la construcció que més va notar aquest efecte expansiu, com a conseqüència de la forta demanda d'habitatges per part de la població, motivat per tota una sèrie de factors que es van conjugar a partir de 1995 fins a l'actualitat. D'entre aquests, destaquem el descens general dels tipus d'interès de referència per als crèdits hipotecaris, així com l'ampliació del terminis de devolució dels crèdits, l'augment de la renda disponible com a conseqüència de la reducció de les retencions d'IRPF i dels ingressos extra que venien del bon comportament borsari, l'increment de la demanda per part del turisme estranger, tot envoltat d'un marc econòmic més favorable, i amb millors expectatives en el mercat laboral. Cal tenir present que en aquest període els joves d'edat compresa entre 25 i 35 anys conformaven una gran proporció de la població que volien accedir a l'adquisició d'un habitatge, i aquesta població era nombrosa ja que són els nens del "baby boom" dels anys seixanta que accedien a l'edat d'independitzar-se de l'entorn familiar.

Aquest increment de la demanda va provocar tensions en els preus que en realitat encara avui perduren. El fet és que la necessitat de construir habitatges per satisfer la forta demanda existent, juntament amb la manca de sòl urbanitzable, va implicar i implica encara un augment important del preu del sòl que ha repercutit en el de l'habitatge. A més, a partir de l'any 1999, es va produir un canvi de tendència en els tipus d'interès lleugerament cap a l'alça, la qual cosa va incidir de forma negativa en la possibilitat d'adquirir un habitatge. A tot això, cal afegir l'augment del preu dels materials i dels costos salarials per manca de mà d'obra qualificada per a la construcció d'obres que, a més d'encarir el producte, provoca un retard en el lliurament dels habitatges.

Una altra característica d'aquest cicle expansiu és que la demanda és menys fràgil, ja que a diferència del que succeïa en dècades anteriors, gran part de la població adquireix l'habitatge comprant-la sobre plànol. Tot i que això no és una garantia absoluta de col·locació del producte, el promotor-constructor gaudeix d'una major seguretat i liquiditat gràcies als lliuraments a compte per part del client abans del lliurament i l'escripturació de l'habitatge. Com a conseqüència d'aquesta nova mentalitat, el perill de caure en la sobreconstrucció es va veure reduït.

Durant el segon semestre de l'any 1999, es va observar un ritme de creixement força elevat, tot i que en termes de taxes de creixement, es va produir una desacceleració en la iniciació d'habitatges. El sector de la construcció semblava que començava a tocar sostre, però encara era l'activitat que tenia el liderat en el creixement econòmic. Durant la dècada dels anys 90, les ciutats més massificades són les que van perdre més població per migracions i les ciutats més petites van ser les que van fruir de més capacitat d'atracció de població. El preu mitjà per habitatge durant aquests anys va continuar augmentant fortament.

L'any 2000, la construcció d'habitatges va continuar mostrant la mateixa tendència que el segon semestre de 1999. Els augments de costos salarials i

materials influïen negativament sobre l'evolució dels preus dels habitatges. A més, cal tenir present que durant aquests anys la població procedent del "baby boom" ja no constituïa la principal demanda potencial d'habitatge, perquè cada vegada era menor. A partir dels anys 2001-2002 la desacceleració es va intensificar i el segment de l'edificació va anar reduint el seu ritme de creixement. Tot i així, el preu de l'habitatge va anar en augment per sobre de la taxa d'inflació i dels increments salarials mitjos dels treballadors. Sorpren el fet que durant els anys 2001 i 2002, anys que s'han considerat de desacceleració econòmica, el preu de l'habitatge hagin continuat en augment a un ritme molt superior a la inflació i als mercats borsaris. Això ha estat així perquè en aquesta fase de desacceleració s'ha mantingut la inflació així com els tipus d'interès reals en mínims històrics. A més cal destacar l'atractiu que ha pres aquest sector com a inversió pels estalviadors davant la baixa rendibilitat de la renda fixa i la incertesa de la borsa. Per altra banda, l'escassetat d'oferta de sòl urbanitzable és i serà un factor de pressió important en els preus. Aquesta tendència va continuar durant l'any 2003 en el que els preus dels habitatges van sofrir un encariment del 15,8%. Aquest increment dels preus va ser degut sobretot per l'explosió de la demanda que va provocar una tensió en els preus per ser la demanda d'habitatge superior a l'oferta residencial.

Les previsions generals dels analistes pels propers anys són que la demanda s'anirà moderant i que els tipus d'interès augmentaran lleugerament per la qual cosa el creixement de preus s'anirà reduint.

Actualment Europa, i per tant Espanya, viu una etapa de grans canvis socials, polítics i econòmics deguts a esdeveniments com la integració europea, l'ampliació de la Comunitat i canvis en l'Europa de l'Est que influeixen en les diferents economies i conseqüentment en el sector de la construcció. La competència augmenta, al mateix temps que es produeixen canvis legislatius, canvis de les tendències demogràfiques i laborals, exigències en normatives de seguretat i mediambiental, així com noves tecnologies que modernitzen els processos de gestió.

Tota aquesta sèrie d'elements fan que el sector sigui cada vegada més complex, i dificulta la presa de decisions per part dels empresaris promotors constructors. Això comporta que, amb l'objectiu de minimitzar el risc abans de portar a terme un projecte, s'haurà de realitzar una anàlisi de les variables d'entorn. És important que aquestes variables siguin conegudes, ja que moltes d'elles poden ser les causes d'efectes desitjats o indesitjats. Llavors, les variables d'entorn i la seva anàlisi ajudaran els promotors constructors a prendre una estratègia o una altra ja que podríem assegurar, per l'evolució observada en els últims temps del sector, que la marxa de l'economia influeix fortament en el sector de la promoció construcció.

Segons hem indicat en els objectius de la tesi assenyalats en la introducció, l'anàlisi acurat d'aquestes variables és un dels propòsits que ens plantegem amb el nostre estudi.

CAPÍTOL 2

EL SECTOR DE LA PROMOCIÓ CONSTRUCCIÓ A LA CIUTAT DE GIRONA

A la ciutat de Girona, a l'igual que va succeir a la resta de Catalunya i a Espanya, es va manifestar la necessitat d'habitatges acabada la guerra civil. Això fou degut, a banda de les destruccions causades per la guerra, per la crisi del sector de l'agricultura que es va donar a mitjans de la dècada dels 40, agreujada per la sequera, que va fer que molta població del camp emigrés cap a les ciutats. Moltes persones varen emigrar a l'estranger, però una gran part d'aquesta població va desplaçar-se a Catalunya. Aquest moviment de població intern va provocar una important despoblació de les zones rurals mentre que a les ciutats es produïa un important increment d'habitants. Francesc Ferrer², destaca que a la província de Girona va veure com la seva població s'incrementava durant aquesta dècada en 3.702 habitants, com a conseqüència de la diferència positiva entre immigració i emigració. Durant la dècada dels 50 aquesta diferència passà a ser de 10.370 habitants. Aquests moviments migratoris i tenint en compte l'increment vegetatiu de la població (diferència entre naixements i defuncions) van implicar que la població de la comarca del Gironès passés de 83.302 habitants l'any 1950 a 93.308 habitants l'any 1960, és a dir, que va haver-hi un augment de 10.006 habitants el que suposà un augment demogràfic d'un 12% de la població. Si ens centrem en la ciutat de Girona, aquest augment va ser de 3.869 habitants ja que el 1950 hi havia 28.915 habitants mentre que el 1960 n'hi havia 32.784. Ara bé, les xifres que més bé expliquen aquest fenomen resulten de la comarca urbanística de Girona, integrada per Salt, St.Gregori, Quart, Fornells, Sarrià de Ter, etc., les

² FERRER, F. (1991): *Una acció per l'habitatge. Els primers 30 anys del Patronat Santa Creu de la Selva*. Ed. Patronat benèfic Santa Creu de la Selva. 1a edició. Girona.

quals mostren un augment del 20,06% de la població, és a dir, un augment de 9.016 habitants per passar de ser 44.955 habitants l'any 1950 a 53.971 l'any 1960. A l'inici de les onades migratòries, durant la dècada dels anys 50, molts immigrants s'instal·laven com a rellogats en cases particulars. Malgrat tot, molts propietaris no autoritzaven aquesta possibilitat de sots-arrendament i aquesta situació, agreujada pel fet que no hi havia suficients habitatges, va obligar a moltes famílies a instal·lar-se en barraques a la perifèria de les ciutats. És així com va sorgir el fenomen del barraquisme que costaria molts anys d'eliminar. A Girona, el barraquisme es va concentrar principalment a Montjuïc, al marge del riu Ter i a les Pedreres, terrenys que apareixien com de domini públic.

Durant la dècada dels anys seixanta i la primera meitat dels setanta, Girona va viure una època d'expansió econòmica amb més força que a la resta de l'Estat Espanyol. L'augment de la immigració més l'increment de la taxa de naixements va provocar que la demanda d'habitatges creixés de tal manera que la planificació urbanística va anar endarrerida en funció de les seves necessitats, perquè el ritme de construcció d'habitatges era inferior a l'augment de població provocat pel creixement vegetatiu i per la immigració. Per aquest motiu durant aquests anys el problema del barraquisme es va veure accentuat. Aquest problema no va desaparèixer fins a finals dels anys setanta gràcies a les actuacions de Càrites, de l'Obra Sindical de la Llar, del "Patronato Provincial de la Vivienda", del Patronat de Sta.Creu de la Selva i del "Ministerio de la Vivienda" entre altres, que van fer possible la construcció d'habitatges de baix preu amb la finalitat de suprimir el problema que constituïa l'existència de nuclis de barraques a la perifèria de la ciutat de Girona. Per exemple, l'any 1973 a Vila-Roja el "Patronato Provincial de la Vivienda" va construir el grup Sant Daniel de 124 habitatges, i l'any 1977 el "Ministerio de la Vivienda" va construir 160 habitatges a Fontajau. L'any 1978, van ser lliurades les claus dels pisos construïts per suprimir el barraquisme a la Font de la Pólvora, en els quals s'hi van instal·lar 500 famílies que vivien majoritàriament en els albergs provisionals de Domeny i a les barraques de les Pedreres. D'aquesta manera, doncs, es pot considerar que a la ciutat de Girona fou eliminat el barraquisme l'any 1978.

Es constata que, entre 1950 i el 1979, el sector de la construcció va viure un període d'expansió a la ciutat que va fer que aquest sector passés a ser un dels principals motors influents en la bona marxa de l'economia. Davant d'aquesta situació emergent molts empresaris de la construcció gironins es van animar a crear un nou tipus d'empresa: les empreses promotores constructores. Degut a la forta demanda d'habitatges de baix preu durant aquest període, es va fer un gran esforç per minimitzar els materials i abaratir els costos dels edificis. Amb la introducció de les noves tecnologies i d'una organització empresarial especialitzada, es va aconseguir donar resposta social i política a la greu manca d'habitatges. Malgrat tot, des de l'òptica constructiva, els immobles construïts durant aquest període foren d'una gran simplicitat, la qual cosa va provocar l'envelliment prematur dels edificis per l'absència de la idea de vida útil d'un edifici, que s'hauria d'haver entès tant des del punt de vista constructiu com des del punt de vista arquitectònic.

Degut a la complexitat d'aquesta nova professió de la promoció construcció, l'any 1976 un grup d'empresaris del sector va impulsar la creació del Gremi de Promotors i Constructores d'Edificis de Girona. L'objectiu primordial d'aquesta associació va ser, i és encara en l'actualitat, poder fer front als problemes i als reptes que planteja l'exercici de la seva professió. En els inicis, la seva activitat es va centrar principalment en l'assessorament i informació, però amb el transcurs del temps va anar ampliant les seves funcions i actualment intervé, *a priori*, en tot allò que afecta al sector. Així, el Gremi de Promotors i Constructores també tracta d'influir en l'elaboració de lleis, decrets i reglaments, tant d'àmbit estatal, com autonòmic o local que els afecten; i de participar en les comissions consultives de l'administració per tenir l'oportunitat de fer les aportacions corresponents des del punt de vista dels professionals. L'afiliació al gremi no és obligatòria, però a mesura que ha anat demostrant la seva vàlua amb els serveis que ofereix als seus afiliats, ha gaudit d'un important creixement en número d'empreses afiliades fins a superar les dues-centes en l'actualitat. A més, l'any 1998, el Gremi de Promotors i Constructores d'Edificis de Girona va participar en la creació de la Taula de la Construcció de Girona juntament amb

la Demarcació de Girona del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, i el Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Girona. L'objectiu d'aquest ens era, i continua essent, la defensa conjunta dels seus interessos. L'actuació conjunta davant de les diferents administracions, tant pel que fa a legislacions en tràmit d'aprovació, com a recursos sobre ordenances i plans generals, té molta més audiència ja que les tres institucions que conformen la Taula de la Construcció de Girona són les màximes responsables de l'execució de l'urbanisme i la construcció a les nostres comarques.

A mitjans dels anys setanta la crisi mundial va afectar negativament al sector de la construcció a Espanya, tot i que a les comarques de Girona no va tenir conseqüències tant importants degut a que en aquella època Girona fruïa d'una equilibrada estructura productiva. Per això, la demanda d'habitatge, així com la construcció d'habitatges, va continuar a un ritme acceptable, encara que amb lleugera tendència a la baixa, malgrat el fort increment dels costos d'edificació. En la dècada dels 70, el nombre d'enllaços matrimonials a Girona continuava creixent i això comportava demanda d'habitatge. Aquest fet va evitar una caiguda brusca del sector de la construcció. A mesura que va transcórrer aquesta dècada, l'activitat del sector de la construcció va anar disminuint a causa del continu encariment dels costos dels habitatges, així com per la puja dels tipus d'interès que feien reduir la capacitat d'endeutament de la població. Cal tenir present que entre els anys 1973-1979, l'habitatge va veure multiplicat per cinc el seu preu. La continua arribada a Girona de població immigrada d'altres llocs de l'Estat generava més necessitat encara d'habitatge i el problema del barraquisme s'anava complicant. Aquest problema no va desaparèixer fins l'any 1978 amb la construcció de pisos a la perifèria de Girona com ja hem comentat anteriorment. Al mateix temps i com a conseqüència de la concentració d'habitatge extremadament barat, varen néixer diversos barris marginals a la nostra ciutat.

Girona va notar més els efectes de la crisi en la segona crisi del petroli iniciada l'any 1979 i va ser durant la primera meitat dels 80 quan realment l'activitat del

sector va caure en una forta recessió que semblava difícil de poder superar. En frenar-se la producció, molta població anteriorment ocupada va passar a l'atur, i es va instaurar un cert ambient de pessimisme general per manca d'expectatives empresarials, mentre la inflació anava creixent en un ritme preocupant. Tot això va provocar, que en part per manca de recursos, la taxa de matrimonis, així com la taxa de natalitat, anés disminuint i, com a conseqüència també disminuís la demanda d'habitatges. A més, el preu dels pisos eren gairebé inabastables ja que no mantenien una proporció raonable amb els ingressos salarials de la majoria de la població. Els promotors constructors patien per primera vegada en la seva història una situació difícil que posava en perill la seva supervivència com a empresaris, ja que disposaven d'habitatges sense sortida en el mercat i això els perjudicava financerament de manera important. Els promotors i constructors havien pagat als industrials i professionals de l'obra, i els préstecs hipotecaris que les entitats financeres els havien proporcionat per possibilitar les construccions d'aquests immobles anaven cobrant els interessos que meritaven període a període, de manera que els promotors constructors en crisi havien d'anar pagant els pisos construïts sense vendre, i per tant sense rebre ingressos, el que agreujava la seva situació.

Així, a l'any 1979 el sector de la construcció passava per un moment d'estancament, que va durar gairebé fins el 1985, any a partir del qual aquest sector es va convertir en un dels principals motors de la recuperació econòmica.

El 1979, s'inicien els primers anys d'Ajuntament democràtic a Girona, que en aquell moment incloïa els actuals municipis de Salt i Sarrià de Ter, i que van ser d'incertesa urbanística ja que el Tribunal Suprem va anul·lar el "Pla General d'Ordenació Urbana de Girona i sa comarca" de 1971, un pla que preveia una ciutat de gratacels i d'un quart de milió d'habitants. L'any 1981 la Generalitat va redactar unes normes subsidiàries, en espera de tenir un pla general vàlid. La situació va fer que els primers avenços urbanístics fossin de caràcter aïllat i

amb algunes solucions que han deixat accions inacabades. L'any 1982, l'Ajuntament de Girona i el Govern de la Generalitat de Catalunya, van iniciar l'elaboració d'un primer Pla General d'Ordenació Urbana (PGOU) per al nou període democràtic de Girona. No fou fins a l'any 1987 que el Departament de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat va donar el vist i plau definitiu del pla. Sis anys més tard, el 1993, es va començar a treballar en un nou PGOU que es va aprovar el 1994 i es va començar a aplicar a finals del mateix any. El nou pla va fer possible retallar moltes alçades d'edificis de pisos i harmonitzar la construcció immobiliària de la ciutat de Girona. Gràcies a la nova conscienciació dels tècnics i sobretot a les noves normatives que varen intentar remeiar l'alt índex de problemes que generaven els immobles de nova construcció, en la dècada dels anys 90, es va recuperar el concepte de durabilitat de l'edificació tant des del punt de vista constructiu com arquitectònic.

El 1986 es va començar a superar l'anomenada "crisi dels setanta" que acabem de comentar. A partir d'aquest any la construcció d'habitatges es va disparar a les comarques gironines fins a arribar al seu punt màxim el 1990. Aquest boom va venir afavorit en bona part per l'eufòria econòmica que es va viure en la segona meitat dels anys 80. La política de les entitats financeres de millorar les condicions de les hipoteques i les mesures fiscals destinades a facilitar l'accés a l'habitatge van animar els ciutadans a endeutar-se per a la compra de l'habitatge. L'increment es va notar especialment en la construcció de segones residències, que va augmentar fins a arribar a nivells importants, principalment a la zona de la Costa Brava. Molts promotors constructors gironins es van animar a construir a la costa de la comarca. L'administració va advertir del perill d'un excés d'oferta, com de fet va passar a partir del segon semestre de 1989. Amb motiu de les mesures de contenció creditícia, entre el 1991 i el 1994 es va produir un canvi de tendència i es va entrar en un període de recessió important en la construcció, essent aquesta caiguda a les comarques de Girona superior a la de la mitjana catalana. Després de la important crisi posterior als

Jocs Olímpics de 1992, a partir de 1995 es va entrar en un període de recuperació que semblava no tenir fre.

Observem, per tant, que l'evolució de la construcció ha anat sempre estretament lligada als cicles econòmics, i a les comarques gironines no ha estat una excepció, tot i que el comportament del sector ha tingut les seves peculiaritats.

Durant la segona meitat dels anys 90 es va produir un important creixement en nombre d'habitatges construïts. El bon comportament de l'economia va contribuir a una millora del mercat laboral, amb un creixement del mateix del 25% entre el 1995 i el 1999. Fins i tot, els empresaris promotors constructors patien el problema de la manca de mà d'obra, sobretot de la qualificada. Aquest és un dels problemes més comuns d'aquest tipus d'empresa, ja que l'evolució d'aquest sector no manté un comportament estable al veure's molt afectada per la situació econòmica global, la qual cosa comporta constantment desajustaments de personal.

Una altra característica important a destacar és que, a la ciutat de Girona, el sector de la promoció construcció es va caracteritzar fins als anys 90 pel fet d'estar controlat per empreses locals. Fins aquell moment, les empreses del sector foranes actuaven principalment en la construcció d'habitatges a la zona de la Costa Brava i en alguna zona de l'interior. Però a mesura que Girona va anar creixent, al costat de les empreses promotores constructores gironines es va anar produint una major presència de grans grups immobiliaris, molt vinculats a importants entitats financeres i, per tant, molt potents. Citem com a exemples, Immobiliària Colonial, de "la Caixa" que ha realitzat recentment el projecte de vila residencial al solar dels Químics, solar on hi havia hagut fins el 2001 la fàbrica d'àcid tartàric més important del món; o Urbis, de Banesto, que el 1999 va començar a construir un gran edifici al barri de Can Gibert del Pla de Girona. Així doncs, és clar que a finals de la dècada dels 90, el sector de la construcció va ser el principal motor de l'expansió econòmica gironina i

catalana, de manera que aquest sector va tancar el mil·lenni en un ambient d'eufòria.

Durant aquests darrers anys les comarques gironines s'han situat al capdavant de les regions més riques i desenvolupades d'Espanya. Aquest fet, juntament amb la baixa dispersió existent entre els seus barris, ha motivat la nova construcció d'habitatges a Girona. A més, la ciutat ha vist augmentada la seva població durant els darrers vint anys per l'atracció que ofería tant pel que fa a llocs de treball com pel preu més assequible de l'habitatge als seus voltants. En les dues últimes dècades, la població empadronada a Catalunya va créixer un 3,2%, mentre que a Girona, aquest creixement ha estat del 13,5%. Aquest increment superior a la mitjana de Catalunya és el resultat d'una taxa de natalitat superior a la mitjana de Catalunya i d'un saldo migratori positiu. S'ha de tenir en compte que aproximadament la meitat de l'important augment demogràfic es va concentrar en el grup d'edat comprès entre 16 i 35 anys, que és el que nodreix el futur de la població activa. El nivell d'atur és un dels més baixos de l'Estat, i el nivell de qualificació dels seus residents, és superior a la mitjana del país. Tanmateix, s'ha reforçat el paper de la ciutat com a capital, tant pel que fa a la demarcació - gràcies a la creació de la Universitat de Girona, de la Fira i de la instal·lació de grans superfícies- com pel que fa en relació a l'ampli territori que l'envolta.

Girona genera un volum de llocs de treball que excedeix la possibilitat de l'oferta de treball dels seus residents. Tot i això, l'ocupació augmenta més a les rodalies de la ciutat que al mateix centre, alhora que s'amplia el nombre de gironins que treballen fora de la ciutat i el de no residents que ho fan a Girona. Aquest fet explica en part el motiu pel qual Girona presenta aquest model de creixement, i és que la ciutat real és un tot urbà que integra un conjunt de municipis en expansió (Girona, Quart, Vilablareix, Fornells de la Selva i Riudellots de la Selva) i un altre amb creixements molt petits (Salt i Sarrià de Ter).

La ciutat de Girona evoluciona actualment cap a situacions de més complexitat. Afronta amb èxit problemes anteriors comuns a l'urbanisme dels 70 com la falta d'infraestructures i equipaments, la degradació de la convivència, la pèrdua de qualitat de vida o l'augment de densitats edificaries. S'ha evolucionat d'una ciutat en la que es valorava la capacitat d'acolliment característica dels anys 50, 60 i 70, a una ciutat en la qual es valora la qualitat ambiental, cultural i humana pròpia dels anys 80 i 90. S'ha produït una millora en la realitat urbana: aprofundiment en l'estudi històric de la ciutat de Girona, recuperació del barri antic, la revaloració dels valors culturals i cívics, la millora material de la ciutat moderna, l'atenció al ciutadà com a receptor de tot tipus de serveis, l'obertura de la ciutat vers el territori, etc.

El canvi en l'urbanisme de Girona és actualment una realitat. El Ter ha deixat de ser un espai limítrof i s'ha integrat com a parc urbà, enllaçant el sector nord-est de la ciutat amb la resta. Es crea un nou àmbit d'equipament central al parc del Migdia, es consolida l'eix sud de la Universitat de Girona, i s'executen una sèrie d'accions encaminades a millorar els accessos viaris de la ciutat. A més, es produeix una millora en un sector tan emblemàtic com el Barri Vell de la ciutat, un nucli històric que és el principal valor de Girona i que a partir de 1993, l'Ajuntament de Girona va decidir fer les primeres passes per aconseguir rehabilitar el barri. El 1997 es va incrementar extraordinàriament la rehabilitació de façanes i de llicències d'obra major al Barri Vell.

Ara bé, la clau de la Girona moderna ha estat la superació de les barreres fluvials, del Ter, l'Onyar, el Güell o la sèquia Monar, a més de la lluita contra el poder tradicional que va posar tantes traves com va poder per conservar els drets adquirits durant la dictadura i per condicionar les futures normes urbanístiques de la democràcia. L'expansió de la ciutat de Girona ha avançat cap a les antigues hortes del Güell, on es va cobrir la sèquia Monar per afavorir la connexió entre la Devesa i el Parc Central, aquest últim construït en terrenys guanyats a Renfe. El creixement no s'ha limitat a les hortes, ja que, al sud, la ciutat s'estén cap als camps de conreu que hi havia a la zona Montilivi i Palau,

on avui ja està gairebé tot ocupat per urbanitzacions i pel campus Montilivi i, al costat, a la zona de l'avinguda Lluís Pericot, s'ha urbanitzat tots els terrenys que antigament havien estat ocupats per rajolereries. Així doncs, Girona ha pogut conjugar l'elevat dinamisme econòmic i demogràfic amb l'equilibri urbanístic que ha permès aconseguir una ciutat compacta amb un alt nivell de qualitat de vida. Es preveu que els propers anys tancarà un període de dinàmica creixent resultant de l'ocupació progressiva de sòl urbà fins a exhaurir-se, la qual cosa comportarà que els municipis propers a Girona creixin a un ritme superior que a la ciutat.

L'empresari promotor constructor haurà de tenir en compte tots aquests factors i sobretot pensar en el seu futur a partir de l'estudi que fa referència a les projeccions demogràfiques. A l'any 2000, Girona acollia més de 80.000 habitants que hi residien de forma estable però no permanent, mentre la ciutat permetia l'acolliment de gairebé 90.000 persones. D'acord amb la previsió d'ocupació del parc d'habitatges actualment en execució i previstos pel planejament, Girona podria assolir la xifra de 100.000 habitants l'any 2005. Les previsions indiquen que l'índex d'envelliment presentarà una corba creixent que provocarà a partir del 2015 una sobtada acceleració de l'envelliment i per tant l'índex de potencial demogràfic anirà en retrocés. D'acord amb les pautes que configuren aquest possible escenari, i basant-nos només en aquesta variable la població no arribaria als 80.000 habitants l'any 2030, malgrat aquesta xifra serà molt possiblement corregida per l'efecte de la immigració. Llavors, què és el que succeirà amb els edificis d'habitatges? Hi haurà sobreoferta o caldrà construir més habitatges? Davant d'aquestes expectatives semblaria inicialment, que a llarg termini el sector de la promoció construcció d'habitatges podria caure en una nova recessió de difícil superació, tot i que fan difícil la seva evolució i el seu ritme de creixement futur, ja que l'envelliment de la població ens portarà a una disminució en el número de persones en edat de treballar, i per tant hem de preveure que s'incorporaran en el mercat laboral immigrants d'arreu del món, els quals vindran amb les seves famílies i generaran demanda d'habitatge.

CAPÍTOL 3

ANÀLISI DELS FACTORS SOCIO-ECONÒMICS QUE INFLUEIXEN EN LA DEMANDA D'HABITATGES

Després de la descripció de l'evolució recent del sector de la promoció construcció d'habitatges en el nostre entorn més immediat, volem analitzar algunes de les causes que ens poden permetre explicar la marxa del sector amb la finalitat de poder preveure la seva evolució futura, i que usarem en el procés d'expertatge realitzat en el capítol 12 de la part III d'aquesta tesi. Alguns dels factors socio-econòmics que cal tenir en consideració per analitzar l'evolució del sector són els següents:

3.1. Descens en el número de matrimonis.

El descens en el número de matrimonis és un factor que influeix en els canvis de les estructures familiars. En la nostra societat es manifesta una clara tendència a retardar l'edat del matrimoni i la de la maternitat. En aquesta tendència influeixen, a més de factors socio-culturals, la manca de polítiques més actives dels governs, que han dificultat la consecució de treball estable i la consegüent dificultat en l'accés de l'habitatge.

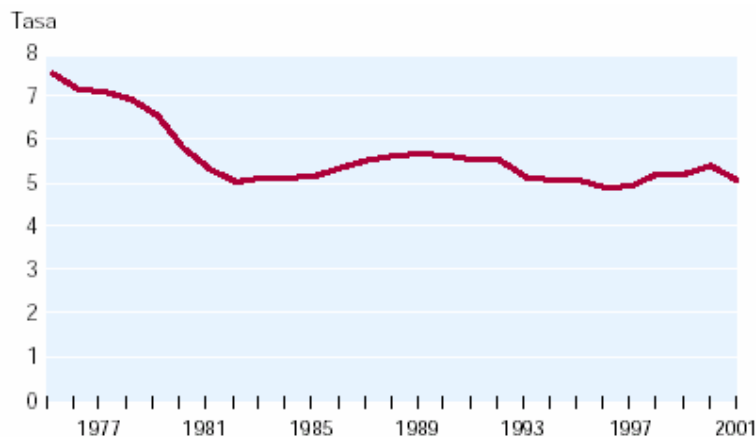
El descens i retard en la formació de matrimonis, juntament amb l'increment de les separacions i divorcis, i el reconeixement social de la cohabitació ha donat lloc a una certa crisi de la institució matrimonial en la que es basa la família nuclear, és a dir, aquella formada pels pares com a nucli i els fills al seu voltant.

Al nostre país, aquest fenomen ha comportat d'una banda un creixement de les llars no nuclears constituïdes per joves, però d'altra banda, s'ha produït paral·lelament un alentiment en la formació de noves llars pel bloqueig del procés d'emancipació juvenil. Al mateix temps, davant l'augment de les separacions i divorcis s'observa un augment de les llars monoparentals i unipersonals, així com un increment de les llars "niu sense utilitzar", que és constituït per una parella de joves o adults en edats reproductives però sense fills, degut a la formació creixent de parelles de fet.

En el gràfic 3.1 mostrem l'evolució de la taxa bruta de nupcialitat en el període comprès entre 1975-2001. La taxa bruta de casaments és el número de matrimonis per cada mil habitants, i, observem que en el transcurs dels anys ha anat descendint en general.

Gràfic 3.1

Evolució de la taxa bruta de nupcialitat. 1975-2001



Font: INE

En la mesura en què la reproducció tendeix a realitzar-se fonamentalment dins de la institució matrimonial, la seva crisi contribueix també a la regressió de la fecunditat, com apuntem en el factor següent.

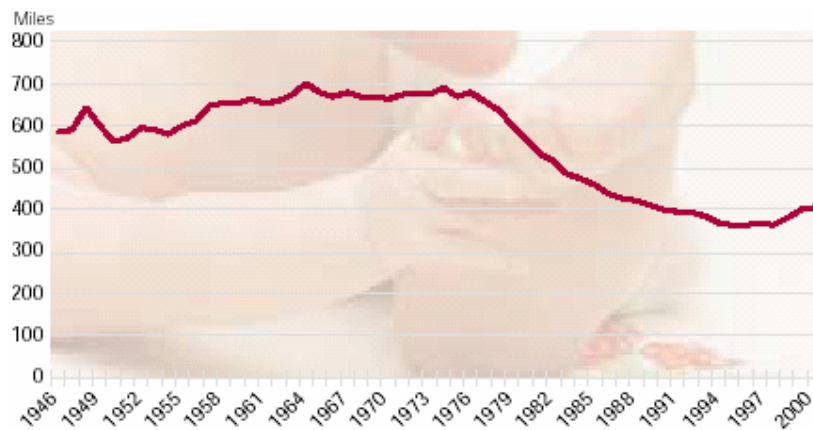
3.2. Descens de la taxa de fecunditat.

El retrocés de la fecunditat està directament relacionat, com hem dit, amb la disminució del número de matrimonis però també per la incorporació de les dones al món laboral i per la transformació dels models familiars.

La població d'Espanya i de Catalunya ha anat creixent gradualment al llarg del segle XX, malgrat s'ha registrat en els darrers temps una baixa en l'índex de naixements. El número de naixements a Espanya va assolir el seu màxim l'any 1964. Durant els anys 60 i gran part dels 70 es va mantenir força estable entre els 650.000 i 700.000 naixements. A partir de 1976 es va produir un descens continuat en la fecunditat fins l'any 1998, en el qual només van néixer 365.193 infants. En els darrers anys s'ha trencat aquesta tendència amb lleugers increments com mostrem en el gràfic 3.2:

Gràfic 3.2

Evolució del número de naixements. 1946-2001



Font: INE

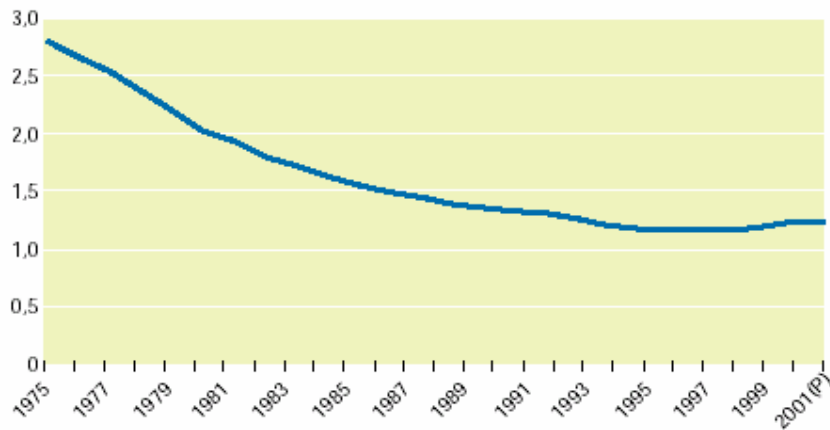
Aquest important descens de la fecunditat, baixant en certs períodes fins a taxes que no asseguren el reemplaçament de les generacions, així com l'elevació de la mitjana d'edat de la mare en el moment de tenir el primer fill i la

major distància en l'edat de naixements entre els germans, ha incidit directament sobre la disminució dels membres de les unitats familiars. A més, cal afegir l'ampliació del cicle anomenat "niu sense utilitzar" .

Observem en el gràfic 3.3 que l'evolució en el número mig de fills per dona ha baixat en 25 anys de gairebé 3 fills a menys de dos. Tot i així, en els darrers anys hi ha un cert augment en el número de naixements degut en part a la incorporació de dones estrangeres en edat fèrtil. En el gràfic 3.4 observem també que la edat mitja de la maternitat ha augmentat de forma notable ja que ha augmentat més de dos anys en deu anys, essent en el 2001 de 31 anys.

Gràfic 3.3

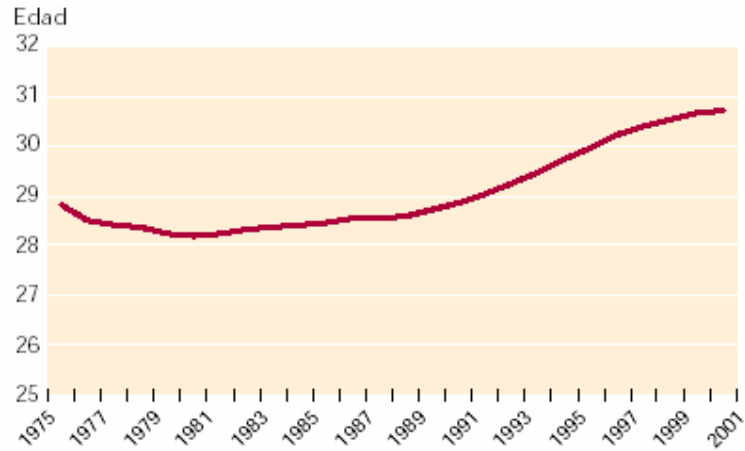
Evolució del número mig de fills per dona. 1975-2001



Font: INE

Gràfic 3.4

Evolució de l'edat mitjana a la maternitat. 1975-2001



Font: INE

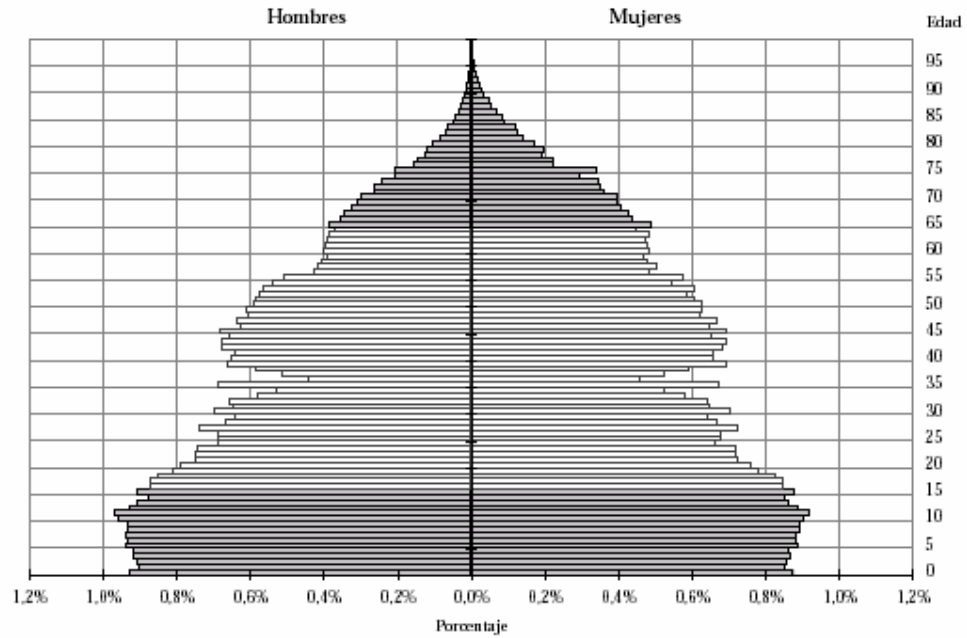
3.3. Envel·liment de la població.

A Espanya i a Catalunya s'ha produït al llarg de la segona meitat del segle XX un augment significatiu de l'esperança de vida. L'índex d'envel·liment segueix augmentant i això evidencia una modificació en l'estructura de la població per edats, tal i com observem comparant les piràmides de població del gràfic 3.5.a i del gràfic 3.5.b.

Gràfic 3.5

3.5.a

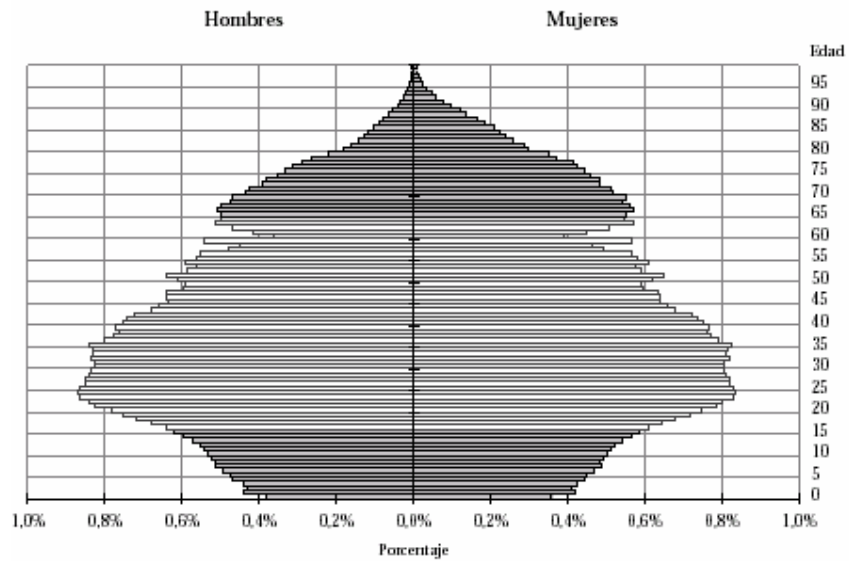
Piràmide de la població. Espanya 1975



Font: INE

3.5.b

Piràmide de la Població. Espanya 2000.



Font: INE

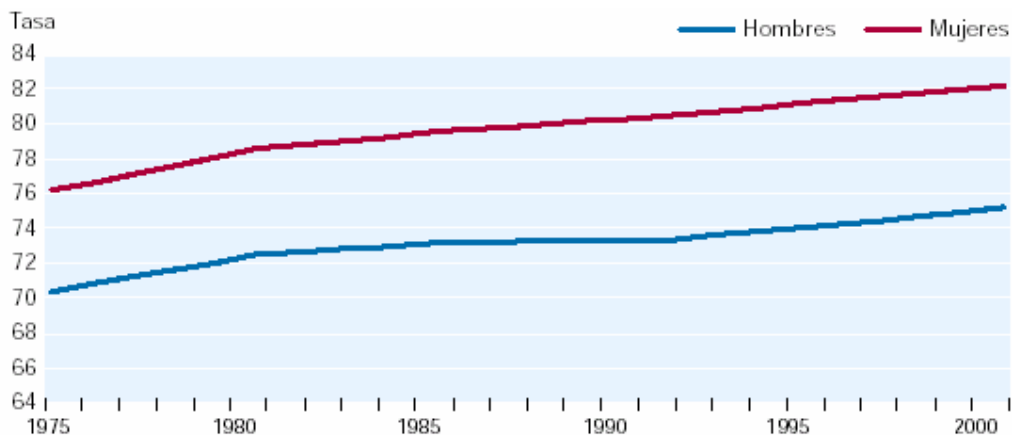
Aquest fenomen de longevitat també produeix l'existència de famílies amb diverses generacions en la llar, la qual cosa dóna lloc a nous conceptes i relacions familiars.

La disminució de la mortalitat i, en general, la major esperança de vida es tradueix en creixement de la població de gent gran, i això deriva a una dilatació en el temps del cicle denominat "niu buit", és a dir, llar formada per una parella de gent gran en la que la seva descendència ja s'ha emancipat, i en un increment extraordinari de les persones grans que viuen soles, entre les que predominen les vídues, donada la major esperança de vida de les dones.

En el gràfic 3.6 mostrem l'evolució de l'esperança de vida de dones i homes entre els anys 1975-2001, i observem que en el cas dels homes ha augmentat en els darrers 25 anys passant dels 70 anys de vida l'any 1975 a més de 75 l'any 2001. En el cas de les dones aquesta esperança de vida supera els 82 anys.

Gràfic 3.6

Evolució de l'esperança de vida de dones i homes. 1975-2001

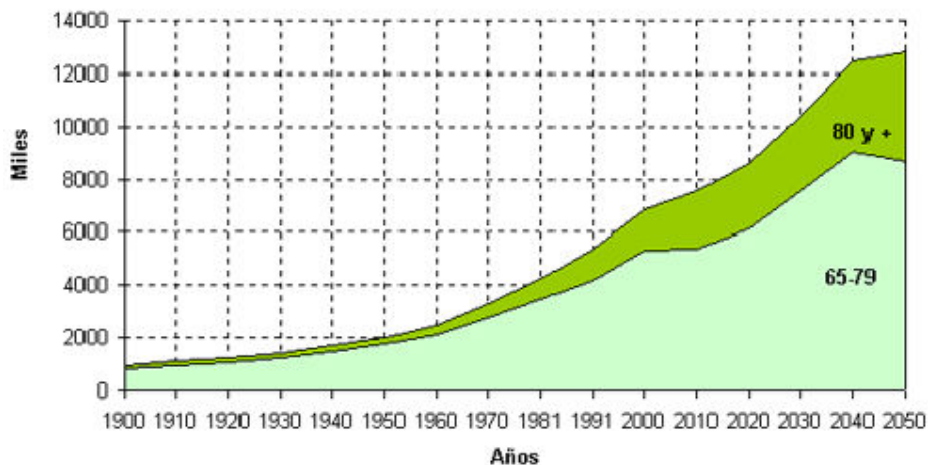


Font: INE

En el gràfic 3.7 s'observa el creixement en l'evolució de la població de gent gran fruit de la major esperança de vida:

Gràfic 3.7

Evolució de la població de gent gran, 1900-2050



* De 1900 a 2000 les dades són reals; de 2010 a 2050 es tracta de projeccions
Font: INE

En referència a les tres causes comentades, - descens del número de matrimonis, descens de la taxa de creixement de la població i l'envelliment de la població - , permet globalment transmetre perspectives de creixement al sector dels promotors constructors, ja que, malgrat el descens de la natalitat, el número de llars es veurà incrementat. L'any 1991 hi havia a Espanya 11'3 milions de llars, mentre que en el 2011 s'estima que n'hi haurà 15 milions. Aquest increment no vindrà donat com en el passat per la pressió demogràfica dels joves, sinó més aviat pel canvi en els costums de població de la gent gran. L'increment de l'esperança de vida i la bona salut amb la que normalment s'arriba a la vellesa fa que no es desocupin el mateix número d'habitatges que anys enrere, i és previsible que vagi en augment el nombre de les persones grans que visquin soles i no amb els seus fills, com succeïa tradicionalment.

3.4. Augment de les llars unipersonals.

La mida de la llar és una característica que ve generada per les diferències en les necessitats, i s'ha de tenir en compte en l'evolució del sector.

Actualment, creix a un ritme superior el número de llars que el de la població i, a la vegada, es consolida la disminució del volum mig d'aquestes llars. Tot i això, Espanya continua presentant un volum mig superior al corresponent als països del Nord i Centre d'Europa, com ara Alemanya, Dinamarca i els Països Baixos.

Aquest fenomen és conseqüència de la major diversitat en les formes de les llars, degut als factors anteriors que hem comentat. Aquesta heterogeneïtat obeeix a una sèrie de tendències com són el creixement de les llars sense nucli, especialment de les llars unipersonals. Això és degut principalment a l'increment dels hàbitats per a gent gran, i en menor mesura per a joves i adults solters, així com les constituïdes per persones separades i divorciades. Així com tradicionalment les llars monoparentals estaven formades per dones vídues amb càrregues familiars, actualment el creixement de les llars unipersonals també es deu a les formades per persones separades i divorciades. Les llars extenses tendeixen a disminuir, degut en part a la preferència de la gent gran a romandre en el seu allotjament, interrompent la inclinació tradicional a residir amb algun dels seus fills; i a l'augment de les llars formades per parelles en cohabitació i per matrimonis sense fills, mentre que les llars nuclears amb fills al seu càrrec disminueix.

3.5. Costos de mà d'obra i de materials de construcció.

La manca de mà d'obra especialitzada i l'augment en el ritme de l'edificació comporta una situació que dificulta l'expansió del sector, que constitueix un dels sectors més importants de la nostra economia actual. Els constructors adverteixen que el gradual augment dels costos laborals va en detriment de

l'estabilitat en el preu, que els constructors han d'assumir quan es disposa d'un contracte a preu tancat amb la promotora o amb els compradors finals dels habitatges.

La manca de mà d'obra pot descontrolar el mercat de treball en la construcció fins a uns límits que poden posar en dificultat el sector, en una època de bonança, i, com hem dit, a les empreses sotmeses a contractes de preus fixes. Es constata que l'augment dels costos repercuteix bàsicament als constructors i no als promotors (encara que lògicament sí que afecta en el cas que l'empresa sigui constructora promotora). A qui no repercutiria, en un principi, seria al comprador ja que aquest va adquirir el seu habitatge a un preu tancat (adquisició sobre plànol). Tot i així, a la llarga, aquest augment dels salaris portarà associat un encariment dels habitatges. I amb això s'hi afegeixen cada vegada majors problemes al subministrament de materials de construcció, els quals, davant un augment considerable de la demanda, també afecten la puja del preu.

Quan augmenta la demanda d'habitatges, les empreses que es dediquen a la fabricació de materials de construcció tenen un increment de comandes. Les grans constructores promotores són les que menys problemes pateixen en el subministrament d'aquests materials pel fet de ser clients fixes dels proveïdors de materials, però sovint les empreses més petites es veuen obligades a quedar-se en la llista d'espera.

3.6. Variacions en el tipus d'interès.

Quan es dona una tendència a l'alça dels tipus d'interès, el preu de l'habitatge experimenta un creixement relativament suau. Les variacions en els tipus d'interès repercuteixen de forma notable en la capacitat de compra del demandant, el qual sovint veu reduït el seu poder adquisitiu. Les majors pujades de preus solen afectar els habitatges de qualitat mitjana i alta, a més

dels mercats de segona mà, que sempre estan subjectes a una major fluctuació.

Tot i amb això, els increments en els tipus d'interès no tenen perquè ser excessivament determinants en els preus dels productes immobiliaris. El que provoca és un encariment del finançament i per tant la capacitat del comprador disminueix, de manera que l'adquisició d'un habitatge comporta un major esforç de compra.

3.7. Nivell de concentració de la població .

Davant la urbanització industrial clàssica que genera la concentració de població a les grans ciutats, els nous processos d'urbanització post-industrial generen moviments desconcentradors des de les ciutats i regions centrals vers a la seva perifèria. Amb aquests fluxos desconcentradors té lloc el que s'anomena urbanització del camp i la redistribució d'activitats econòmiques i població en l'espai. Això ho podríem associar amb el canvi de sentit dels moviments migratoris camp-ciutat que es transforma en certs sectors de població en ciutat camp.

Aquest fenomen d'urbanització desconcentrada està íntimament relacionat amb el nou tipus de societat que s'ha vingut anomenar III Revolució Tecnològica, caracteritzada per l'arribada de l'era de les telecomunicacions, computadores i de l'alta tecnologia en general. Com és lògic, els avenços tècnics comporten canvis radicals en les formes d'assentaments humans en el territori. Amb ells, les economies d'aglomeració perden vitalitat degut a la millora de les comunicacions les quals redueixen els costos de transport.

El desig de les famílies de viure en una casa unifamiliar àmplia en el camp, envoltada d'espais verds i en un medi tranquil, però amb bones comunicacions amb la ciutat, s'ha convertit en un ideal cada vegada per a capes més àmplies

de població. Les empreses promotores constructores, doncs, han de saber rendibilitzar una imatge positiva del camp i de les àrees rurals en benefici seu.

3.8. Cicle econòmic.

Els ritmes de creixement econòmic determinen la situació d'equilibri particular entre oferta i demanda d'habitatges. Així mateix, donada la importància de la inversió immobiliària dins del cicle econòmic, la construcció d'habitatges en algunes zones geogràfiques tenen un important efecte sobre l'evolució econòmica en el seu conjunt. Estudiar les relacions existents entre els ritmes de construcció en les diferents zones ajudaria a clarificar l'evolució futura de les regions, així com al procés de presa de decisions dels promotors i a l'aplicació de les mesures de política d'habitatge.

Els cicles en l'activitat de construcció d'habitatges es vinculen amb el cicle econòmic a través dels condicionaments propis de l'oferta i demanda d'habitatges. Tot i així, presenten particularitats que depenen del propi comportament endogen dels mercats i de les seves formules d'ajustament. Els ritmes de construcció es produeixen com a reacció del sector constructor davant la velocitat en l'ajustament de l'oferta disponible amb la demanda en el mercat d'habitatges.

En la mesura que l'oferta disponible està composta per la de noves unitats (edificació) i les existents en venda, no sempre els impulsos del cicle econòmic tenen un efecte immediat sobre el sector productor, i aquest es produirà amb diferents desfasaments depenent de les condicions existents en el mercat. El sector promotor reaccionarà en funció de la fortalesa de la demanda i de la velocitat de l'absorció en el mercat, que són els determinants reals que envien les senyals a l'aparell productiu pel començament de noves promocions.

En els mercats immobiliaris, es considera habitualment el curt termini entre els sis mesos i dos anys. L'ajustament en el curt termini es realitza via preus i

quantitats. Així doncs, la diferent intensitat en el creixement de l'edificació és una funció directa de la fortalesa de la demanda i de la construcció en períodes anteriors, i les seves variacions depenen de l'evolució del percentatge de vacants existents en el mercat i dels seus preus.

Històricament, els cicles econòmics a Espanya són més pronunciats que els del conjunt de la Unió Europea. És a dir, les variacions interanuals de la producció són en general més acusades i, per tant, quan creix l'activitat sectorial a la Unió Europea, a Espanya encara creix més, i quan decreix l'activitat sectorial a la Unió Europea, a Espanya decreix en major magnitud.

L'activitat del sector de la construcció, doncs, està determinada per l'evolució del cicle econòmic. Sol aguditzar les fases del cicle, per la qual cosa, sovint es caracteritza aquesta activitat com de volàtil. Això exigeix una gran flexibilitat a les empreses del sector, que precisen ampliar o contraure de manera brusca els recursos dels que disposen.

Si s'analitza l'evolució de les principals economies durant les últimes dècades, sembla evident que es van succeint, cíclicament, períodes de creixement econòmic amb altres de descens de l'activitat.

Les crisis econòmiques solen produir-se per esgotament de les etapes de bonança econòmica, al sorgir desequilibris com a conseqüència de forts creixements, ja que si la demanda creix a un ritme elevat, la pressió sobre els preus augmenta i la inflació normalment tendeix a incrementar-se.

Però al mateix temps hi ha causes de les recessions que s'allunyen de l'anomenat component cíclic, ja que obeeixen a motius externs. Un exemple d'aquestes causes pot ser una caiguda de les cotitzacions borsàries, per inestabilitat política o per accidents de la naturalesa.

De fet, les diverses fases per les que passa un país durant un cicle econòmic tenen molt a veure amb l'actitud dels agents econòmics, i està per tant relacionat amb el que anomenariem la psicologia de masses. Si entre les famílies i empreses s'estén la percepció d'una propera caiguda de l'activitat, es frena el consum i la demanda de finançament (sol·licitud de crèdits), amb la qual cosa es produeix un descens de l'activitat econòmica general. Pel contrari, si els mateixos agents consideren que s'apropa una etapa de bonança, el seu comportament econòmic i financer de caràcter expansiu contribueix a que l'activitat econòmica augmenti.

3.9. Rehabilitació d'habitatges de segona mà.

Quan la manca de sòl provoca períodes de dèbil creixement de l'edificació d'habitatges generalment es compensa pel creixement del sector amb la rehabilitació d'habitatges usats.

La rehabilitació és actualment un subsector molt important de la construcció a Europa, amb una taxa equivalent al 35% del PIB del sector. El futur d'aquest subsector és assegurat per la necessitat de renovació de tota una sèrie d'habitatges, en els centres de les ciutats però també a les perifèries de les ciutats, aquests darrers edificats als anys 50 i 60 i que han envellit prematurament.

És important remarcar que la gestió de la rehabilitació s'hauria d'afrontar d'una manera més global i no habitatge a habitatge, que és com es fa ara principalment. L'única cosa que frena l'activitat de la rehabilitació és que en termes generals és un 20% més costosa que la nova construcció.

Actualment, l'activitat de rehabilitació segueix amb la seva trajectòria expansiva sostinguda, com a resultat del buit que Espanya té en aquest camp. Tant els resultats del període 2000-2002 com les previsions pels propers anys són de l'ordre d'un increment anual al voltant del 5% o 6%.

3.10. Encariment del sòl urbanitzable.

Segons es desprèn de la majoria d'anàlisis efectuades, els constructors i promotors creuen tenir la solució al problema de l'habitatge. Diuen que és en el sòl i asseguren que si es liberalitzés el terreny, és a dir, si el govern i els ajuntaments no limitessin les àrees edificables, llavors, hi hauria competència en el sector i el preu de l'habitatge baixaria. Però a Espanya no es pot construir en qualsevol lloc, només es pot edificar en zones marcades pels plans urbanístics. És a dir, on decideixin el govern i els ajuntaments.

Els constructors creuen que la responsabilitat de la manca de sòl i, per tant, de l'encariment de l'habitatge, la tenen els ajuntaments. En decidir quins terrenys es poden utilitzar i quins no, solen afirmar que es crea escassetat de sòl artificial.

Certament, el sòl és un aspecte bàsic del preu de l'habitatge. Si a l'encariment del sòl hi afegim l'increment de la demanda amb els importants beneficis dels sectors de la promoció, tenim els ingredients fonamentals que solen provocar un increment molt per sobre dels nivells generals d'inflació dels preus dels habitatges al llarg del temps.

La manca de solars per edificar habitatges i el seu elevat preu, es deu bàsicament a la carència d'una política de sòl que afavoreixi la urbanització i producció de solars, especialment sobre el sòl pendent d'urbanitzar en les ciutats consolidades. Cal tenir en compte que la política actual no penalitza la seva retenció per propietaris no immobiliaris, els quals sovint especulen amb el preu i encareixen els productes, provocant a les ciutats una construcció altament ineficient i sempre inacabada, amb elevats costos socials i públics.

CAPITOL 4

FINALITATS DE L'EMPRESA PROMOTORA CONSTRUCTORA

4.1. Introducció.

L'empresa promotora constructora, a través de la realització de la seva activitat persegueix, com qualsevol empresa en general, una sèrie d'objectius. Aquests són diversos i determinats. Considerem que les accions de l'empresari no tindran com a objectiu únic l'obtenció del màxim benefici, sinó que, a més, perseguirà altres finalitats.

En aquest quart capítol enumerem tota una sèrie d'objectius que podrien representar algunes de les finalitats d'una empresa promotora constructora. Tenir clara la definició dels mateixos és clau per l'èxit empresarial, ja que quan s'elabora una estratègia empresarial, si sabem quines finalitats volem i calen assolir, podem saber més exactament sobre quines variables hem d' incidir per apropar-nos més als objectius perseguits.

4.2. Alguns objectius de l'empresa promotora constructora.

La justificació de l'enumeració dels següents objectius és perquè hem considerat que són alguns dels més representatius i, a més, per la seva utilització en el capítol 12 de la tercera part en el model que plantejarem per a l'anàlisi de la detecció de possibles efectes oblidats en les empreses promotores constructores.

Anem , doncs, a veure les següents finalitats:

4.2.1. Augmentar el valor de l'empresa.

El valor d'una empresa és el grau d'utilitat que aquesta proporciona als seus usuaris o propietaris. El valor està associat a la utilitat dels béns per part de l'usuari i al seu cost d'obtenció, els quals han de ser conjugats en el mercat, normalment a partir de l'oferta i la demanda.

La utilitat és un concepte subjectiu, per tant, el valor és un concepte relatiu i més encara si tenim en compte que el cost dels béns pot ser relatiu en funció del moment en què es determinen.

Direm, doncs, que la valoració d'una empresa és el procés per determinar el seu valor per part dels usuaris o propietaris. Conseqüentment, el valor d'una empresa serà una funció del grau d'utilitat que d'ella s'espera, és a dir, de la inversió originada per arribar a l'estat actual en el que es troba.

La valoració d'empreses no és un procés per determinar el seu preu, ni tampoc el seu cost. El preu el fixarà una transacció, si existeix un comprador i un venedor que es posen d'acord amb l'import de l'empresa i el cost es formarà pel passat, i quedarà recollit en els valors comptables, si bé és cert que aquests no capten el pas del temps i, per tant, és un cost heterogeni.

Tradicionalment, la valoració d'empreses ha distingit dues formes de valorar: el basat en els elements que conformen el negoci, i el basat en les rendes previsibles. El primer d'ells, el basat en els elements que conformen el negoci, anomenat mètodes analítics de valoració, considera els elements tangibles individualitzats de l'empresa a cada un dels quals se'ls assigna un valor, comptable o de mercat i, posteriorment, si es coneix, se li afegeix el valor intangible corresponent al capital intel·lectual, tradicionalment anomenat fons de comerç. El segon, els mètodes de valoració basats en les rendes previsibles, anomenat mètodes de rendiment de valoració, considera l'empresa com un tot amb la finalitat d'obtenir rendes les quals han de recollir tant la

utilització dels elements tangibles com intangibles, per la qual cosa no requereixen agregació de cap tipus. Però, a la pràctica, s'han determinat altres mètodes de valoració: els mètodes pràctics o mixtes, on el valor del fons de comerç s'estableix normalment per a l'actualització de rendes diferencials, és a dir, les rendes obtingudes superiors a la rendibilitat normal de la inversió. Es tracta, doncs, de mètodes presos de l'experiència que combinen els dos primers mètodes.

4.2.2. Consolidar el prestigi en el mercat.

Tenir prestigi és determinant en l'atracció de clients i en l'increment de la xifra de negocis i, per tant, en l'obtenció de l'èxit empresarial.

Tenir prestigi és fruit de credibilitat en les accions de l'empresa i mantenir una relació fidel i constant amb els clients així com la més estricta confidencialitat en totes les gestions. Tot això s'obté demostrant professionalitat i així es garanteix la permanència i el prestigi de l'empresa en el mercat.

Cal tenir una important força publicitària de marketing i comunicació amb la finalitat de produir una major acceptació i confiança vers el negoci promotor-constructor en el client final.

Per obtenir prestigi és necessari integrar, en un sentit ampli, les necessitats del client més exigent, com per exemple, oferir materials de primera qualitat, o bé vendre amb el concepte d'empresa futurista ecològica que respecta al màxim el medi ambient. I tot això queda reflectit en uns certificats de qualitat com són l'EMAS (*Eco-Management and Audit Scheme*) o la obtenció de l'ISO 14001. EMAS és un certificat de participació en el sistema europeu de gestió sostenible de l'empresa, que s'hi pot adherir amb caràcter voluntari, per aconseguir millores mediambientals que suposin a la vegada, un avantatge competitiu. Aquest és un instrument reconegut a tots els estats membres de la Unió Europea, per al qual a Catalunya, la Generalitat n'és l'organisme

competent Per altra banda, la obtenció de l'ISO 14001 suposa el reconeixement a l'actitud i treball respectuosos amb el medi ambient. Premia el fet que les empreses apliquin un acurat sistema de gestió mediambiental en totes les activitats d'organització, productives i tècniques. Les empreses promotores constructores que comptem amb aquesta certificació mediambiental 14001 estan obligades a realitzar en cada una de les promocions una anàlisi mediambiental del projecte, del procés constructiu i de l'edifici que en resulti. També, se'ls obliga a analitzar la seva activitat administrativa i l'impacte ambiental de la seva activitat global (producció de residus i la seva eliminació, característiques del material utilitzat, etc.). Destaquem també, la obtenció a la ciutat de Girona, del Segell Verd. La Taula de la Construcció i l'Ajuntament de Girona volen introduir el Segell Verd per tal d'introduir criteris de sostenibilitat als edificis d'habitatges d'obra nova i gran rehabilitació que es construeixin a la ciutat de Girona. El Segell Verd és d'aplicació voluntària pels edificis que es construeixin a la ciutat i s'atorgarà als promotors que ho sol·licitin a l'Ajuntament. Per a la seva obtenció cal complir una sèrie de requisits que el projecte arquitectònic haurà d'explicar i justificar. Alguns d'aquests requeriments són el reciclatge de residus domèstics, les instal·lacions especials d'estalvi energètic, la reducció de consum d'aigua, protecció solar, energies alternatives, etc. Així doncs, la obtenció d'aquests certificats, EMAS, ISO 14001, i Segell Verd, afavoreixen la imatge de l'empresa, de la marca, i aconseguen que els clients potencials associïn el nom de l'empresa com a sinònim de qualitat de producte i servei.

4.2.3. Afavorir l'expansió empresarial.

L'expansió empresarial la podem entendre com l'expansió geogràfica i/o comercial. Contrastada la viabilitat de l'empresa en un mercat limitat, el pas següent és l'expansió del concepte empresarial en termes productius o geogràfics.

Considerar el creixement com un objectiu empresarial continu és una garantia estratègica contra les amenaces de l'estancament i la debilitat davant els competidors, circumstància que en un mercat obert a la competència condueix freqüentment a la desaparició de l'empresa que no creix.

L'estratègia d'una empresa és el conjunt d'accions i decisions que tenen la finalitat d'aconseguir una posició forta i a llarg termini davant els competidors. Aquest concepte d'estratègia està totalment lligat amb el creixement empresarial.

L'expansió empresarial pot realitzar-se a partir de dues vies. La primera és creant una major capacitat productiva, creixement intern. I la segona, creixement extern, consisteix en adquirir altres empreses del sector per així obtenir major poder de mercat. Aquest últim també pot realitzar-se a partir de cooperacions, és a dir, l'establiment d'acords amb altres empreses per a la realització d'una sèrie d'obres que condueixin a una major presència en el mercat.

4.2.4. Augmentar vendes.

L'any 1996, quan es va iniciar la baixada dels tipus d'interès amb la seva convergència amb els tipus europeus, la demanda d'habitatges va començar a augmentar i, per tant, van augmentar les vendes.

Els promotors constructors van duplicar la producció anual d'habitatges durant els anys 1999, 2000 i 2001 en relació a l'any 1996.

Aquest extraordinari augment de la demanda d'habitatges va ser provocat per una bona situació econòmica, per la baixada dels tipus d'interès i per l'allargament dels terminis de devolució dels crèdits.

Va haver-hi, però, un període a partir del tercer trimestre de l'any 2000 en el que es va observar una moderada autocorrecció que només va durar fins el

tercer trimestre del 2001, trimestre en el qual hi va tornar a haver un fort augment de les vendes provocat per un nou augment de la demanda, reforçat per l'increment de compres com a inversió, ja que el mercat immobiliari es va convertir en una inversió rendible i segura així com en una bona alternativa pels estalviadors en un període de baixes rendibilitats del deute públic i d'instabilitat borsària.

En els darrers anys, 2002, 2003 i 2004, la tendència ha continuat en alça pels mateixos motius que en els anys anteriors, és a dir, continuen augmentant les vendes i amb elles, els preus, degut al baix preu del diner i a l'allargament dels períodes d'amortització dels crèdits concedits.

4.2.5. Obtenir qualitat de producte.

La construcció és una fàbrica *in situ*, i això és un problema perquè dificulta portar a terme el control de la qualitat. La qualitat del material utilitzat no garanteix la de l'obra, perquè aquesta última depèn de la manera que tinguin de treballar el conjunt dels obrers, ja que un bon material mal col·locat no compleix la seva funció.

A Espanya, la majoria dels constructors treballen amb el que ven el proveïdor del lloc on es construeix. Es tracta, doncs, d'un mercat fragmentat en molts mercats locals on les novetats tarden molt en arribar. Per acabar amb aquesta situació, caldria que el sector fos més eficaç en la distribució i crear un flux d'informació de nous materials i productes que actualment no existeix.

La qualitat del producte és una condició necessària pel desenvolupament de qualsevol activitat productiva. Les empreses estan entrant en la consecució dels certificats de qualitat que les acreditin. Aquesta filosofia de producte de qualitat s'uneix amb la d'atenció al client, que encara constitueix un punt dèbil en aquest tipus d'empreses. Cal una visió empresarial que inclogui la terciarització de la seva activitat que ha d'obligar a incorporar serveis d'atenció

i captació de clients més enllà de la pròpia venda, és a dir, oferir serveis postvenda.

4.2.6. Augmentar beneficis.

Les empreses promotores constructores d'habitatges existeixen per produir immobles, però un dels principals objectius pel qual realitza aquesta activitat és perquè vol obtenir un benefici.

L'empresari intenta que la *ratio* benefici/vendes sigui la més alta possible, ja que aquest quocient mesura el benefici obtingut per cada euro que l'empresari té invertit en el negoci.

Són moltes les variables que incideixen en el benefici. Entre elles hi ha les relacionades amb l'horitzó temporal del projecte, tensions de tresoreria per desfasaments entre pagaments i cobraments, i els efectes d'un entorn que canvia contínuament.

En el mercat immobiliari, algunes oportunitats per a la generació de beneficis sorgeixen en les discontinuïtats o salts de tendències observables. És per això que l'actuació en aquestes discontinuïtats pot reportar alts beneficis.

És necessari per a la continuïtat de l'empresa que la rendibilitat econòmica superi el cost mig del finançament. L'increment o descens de la rendibilitat econòmica dependrà de les variacions del marge brut sobre vendes així com de la rotació de l'actiu. Així, amb igualtat de marge, si creix la rotació, creixerà la rendibilitat. En situacions econòmiques de contenció de costos i preus, els marges tendeixen a mantenir-se en el temps, essent la rotació l'element clau per a la rendibilitat econòmica. Incrementar la rotació en la promoció construcció significa reduir els períodes de construcció i d'obtenció de permisos i mantenir un ritme de vendes suficient.

4.2.7. Assegurar la permanència en el mercat

La realitat actual mostra un escenari de competitivitat, necessitat d'actualització empresarial, tant en la incorporació de tecnologia com en una bona gestió dels recursos.

La millora contínua suposa anar complint la finalitat de l'empresa en un temps en el que el clients exigeixen cada vegada més, la competència s'incrementa constantment i la qualitat del producte ha de ser cada vegada millor per assegurar la permanència en el mercat.

L'exigència sobre la qualitat cada vegada és més gran i, més que mai, les empreses necessiten adaptar-se a les noves realitats per garantir la realització d'objectius per a l'organització de l'empresa i d'aquesta manera permetre assegurar la seva permanència en el mercat. Per tant, és imprescindible trobar mecanismes per proporcionar eines al seu personal que facilitin l'acceptació dels canvis amb el propòsit d'aconseguir alts nivells d'efectivitat fins i tot en èpoques de crisi i d'incertesa.

4.2.8. Millorar la posició competitiva.

La competitivitat és la capacitat de l'empresa en mantenir sistemàticament avantatges comparatives que li permetin assolir, sostenir i millorar una determinada posició en l'entorn socioeconòmic.

L'avantatge comparativa d'una empresa està en la seva habilitat, recursos, coneixement i característiques, etc., dels que disposa, els mateixos que manquen als seus competidors, o que aquests tenen en menor mesura, que faci possible l'obtenció d'uns rendiments superiors a la d'aquells. Per altra banda, el concepte de competitivitat ens fa pensar amb característiques d'eficiència i eficàcia de l'organització.

La competitivitat no és producte d'una casualitat, ni sorgeix espontàniament sinó que es crea i s'aconsegueix a partir d'un llarg procés d'aprenentatge.

S'han de considerar dos nivells de competitivitat. El primer seria la competitivitat interna, que es refereix a la capacitat d'organització per aconseguir el màxim rendiment dels recursos disponibles i els processos de transformació. El segon nivell seria la competitivitat externa que està orientada a la consolidació de l'organització en el context de mercat o al sector que pertany. Per tant, aquest segon nivell ha de tenir en compte variables exògenes com el grau d'innovació, el dinamisme del sector i l'estabilitat econòmica per estimar la seva competitivitat a llarg termini. I un cop assolit el nivell de competitivitat desitjat, haurà de disposar-se a mantenir-la en el futur.

Una empresa és competitiva quan està fortament posicionada en el mercat amb una imatge que sigui sinònim de qualitat i eficiència, i amb característiques administratives i financeres d'una organització totalment moderna i consolidada. L'eix central per obtenir competitivitat és tenir una bona política de qualitat dissenyada per satisfer les necessitats de tots els clients amb promocions i construccions que compleixin els requisits al menor cost possible.

Una empresa serà competitiva si s'ofereix una atenció dinàmica de les necessitats dels clients, una màxima qualitat en tots els projectes immobiliaris, amb el compliment dels terminis de lliurament i dels preus fixats, així com estar compromesa amb la defensa del medi ambient.

La diferenciació també és un factor important per ser competitiu. Cal diferenciar-se respecte al sistema tradicional de construcció estandaritzant les dimensions dels habitatges en diferents models, materials i preus, sense que això suposi la despersonalització de l'habitatge, ja que no s'ha d'uniformar l'estètica sinó que aquesta hauria de quedar, en la mesura del possible, segons el gust del client.

Per tant, s'han d'investigar noves tècniques per posar en pràctica procediments innovadors amb la finalitat d'adaptar-se a les necessitats d'un mercat en evolució i a les expectatives dels clients.

Per últim esmentarem dos factors més que són determinants per a l'obtenció de competitivitat. El primer és oferir un bon servei en el sentit de donar un valor afegit, que garanteixi assistència durant i després de la venda d'un habitatge. El segon és vendre a un preu competitiu, és a dir, que es correspongui amb la situació del mercat i obtenir un marge acceptable gràcies a la bona gestió dels costos.

4.3. Altres factors a considerar per a l'obtenció dels objectius.

L'empresa promotora constructora per aconseguir alguns d'aquests objectius ha de tenir present els factors socio-econòmics esmentats en el capítol 3, els quals, degut a la seva naturalesa, no pot controlar, però per altra banda pot realitzar accions de marketing immobiliari així com realitzar innovacions. En aquest tercer apartat veurem què s'entén per marketing immobiliari i per innovació en el sector que estem estudiant així com també farem referència a un altre factor que cal tenir en compte segons la ubicació on es realitzi una obra que és el clima de la zona.

4.3.1. Aplicació de marketing immobiliari.

La finalitat del marketing immobiliari és arribar al client. És a dir, consisteix en anar centrant les necessitats del subjecte en el nostre producte. Normalment les empreses promotores constructores contracten empreses especialitzades en marketing immobiliari per tenir un bon assessorament en la matèria.

L'objectiu, com hem dit, és aportar "valor afegit" a allò que actualment s'està oferint en el mercat. Les demandes del venedor, rapidesa i preu, i les del comprador, garantia i amplitud d'oferta, es poden satisfer posant a la disposició

d'aquest darrer totes les eines de les noves tecnologies com ara enviament de missatges a telèfons mòbils, informació per internet o cd's promocionals entre d'altres medis de difusió, sense oblidar els tradicionals com la televisió i la premsa escrita.

Segons Canabal Carreiro³, l'objectiu del marketing immobiliari és detectar les necessitats del client potencial. Aquesta informació ha d'estar a disposició del promotor constructor perquè en futures promocions intenti minimitzar les causes de rebuig del seu producte.

El marketing immobiliari permet potenciar la imatge de l'empresa promotora constructora contribuint a l'obtenció d'un posicionament sòlid a partir de tota una sèrie d'accions com les següents:

- Una bona gestió de vendes basada en una adequada estructura comercial.
- Un acurat estudi i disseny del producte amb l'objectiu de construir allò que el client espera rebre.
- Un rigorós estudi de la política de preus i finançament per intentar fer coincidir les necessitats del promotor i del client final.
- La creació de la imatge a reflectir per la promoció amb diferents manifestacions publicitàries per projectar la imatge desitjada pel promotor i atractiva pel client. A la vegada, cal fer també una bona gestió d'aquesta publicitat en els medis més adients per aconseguir amb una inversió menor l'obtenció d'una *ratio* de resposta més alta.
- Per últim, destacarem la necessitat del coneixement de les noves tecnologies a fi de possibilitar que l'empresa i el producte puguin ser coneguts i consultats per internet, de manera que es potenciï així la imatge desitjada de la marca en tots els àmbits.

³ CANABAL BARREIRO, J.E. (1994): *El sector Inmobiliario i el Marketing*. Ed. Assi Kaher. Madrid.

4.3.2. Innovació

La innovació és fonamental pel procés dinamitzador del sector. Hi ha diferents tipus d'innovació com ara la tecnològica, que té per finalitat investigar nous materials i tecnologies per mitjà de convenis amb les Universitats i Centres de Recerca, així com estímuls de polítiques de producció innovadores per part de les autoritats governamentals. Un altre tipus d'innovació seria la dels propis processos d'organització del treball que ajuden a reduir els costos, millorar les construccions i disminuir els riscos laborals. Per últim, i entre d'altres, també cal destacar la innovació financera que busca noves formes de finançament per estimular la inversió.

Cal dir que el sector de la construcció té una alta capacitat innovadora que cal optimitzar per entrar de ple en un procés de modificacions que permetin millorar el perfil productiu, millorar la qualitat de treball i les condicions laborals, així com estimular la inversió amb la finalitat de dinamitzar el sector.

Actualment les noves tecnologies que més pes tenen són aquelles que provoquen un baix impacte ambiental degut a la utilització d'energies renovables. Neix l'anomenada construcció natural, que és aquella que intenta minimitzar l'impacte ecològic produint llars saludables, boniques, còmodes i sobretot espiritualment inspiradores i amb un disseny econòmic. A més del capital, es té molt en compte el treball humà i la seva creativitat per aconseguir l'elaboració de llars que milloren la qualitat de vida i per tant la salut humana.

4.3.3. El Clima

Per últim, un altre factor a tenir en compte, segons la ubicació on es realitza una obra, és el *clima* de la zona .

Les obres de construcció requereixen de recolzament meteorològic en totes les seves diferents fases: planificació i projecte de l'obra, construcció i explotació.

Una obra de construcció desenvolupada contra la meteorologia pot suposar greus pèrdues econòmiques i fins i tot humanes.

La meteorologia exerceix una influència també en l'eficiència laboral, accidents laborals o destrosses en infraestructures per condicions excepcionalment adverses.

Una adequada informació climatològica és fonamental per planificar, orientar, dissenyar i climatitzar la resistència i corrosió de materials.

També és molt important tenir en compte elements com la temperatura, radiació solar, humitat, pluges, etc. per escollir entre un o altre tipus d'orientació, materials, acondicionaments, etc., que comportarà un estalvi d'energia en calefacció, aire condicionat, llum elèctrica, etc., i millores en confort i seguretat.

Segons l'Institut Nacional de Meteorologia⁴, els elements meteorològics o climatològics que més afecten les obres de construcció serien en primer lloc la temperatura mitjana, que influiria en l'eficiència laboral, resistència i corrosió de materials, treballs d'excavació, formigonat, asfaltat, tabicatge, bastides, aixecament de vigues, pintures i enllumenat extern. En segon lloc, les fortes pluges, neu, gel, o fort vent que afectarien la seguretat del lloc de treball i les operacions en les que s'utilitzen grues i equips similars. Aquests fenòmens meteorològics perjudiquen l'eficiència laboral així com les tasques abans esmentades. En tercer lloc, la boira, que origina greus problemes de transport. I per últim, la humitat, que influeix en el treballs d'excavació, pintura i assecat.

Així doncs, s'observa que l'entorn climàtic que envolta els llocs on l'empresa opera és de vital importància en el sector de la promoció construcció.

⁴ INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA: Sector Construcción y Obras Públicas (2000) : "Influencia de la meteorología o la climatología en este sector".

En el capítol 3 hem posat de manifest una sèrie d'informacions sobre les variables socio-econòmiques que condicionen la demanda d 'habitatges i en el present hem citat algunes de les finalitats que les empreses promotores constructores persegueixen, així com una sèrie de factors que poden ajudar a la consecució de les mateixes. Com hem dit a l'inici del capítol, és clar que les variables d'entorn s'han de conèixer ja que poden fixar els límits del comportament de l'empresa per poder realitzar una correcta planificació estratègica, entesa aquesta com a seqüència ordenada de decisions que conjuguen les variables d'entorn i la direcció de l'empresa, que permeti conduir i desenvolupar els objectius d'aquesta.

Partint d'aquesta base desenvolupem en la tercera part de la tesi un mètode per analitzar la forma d'incidir sobre aquestes variables tan importants pel bon funcionament de l'empresa promotora constructora.

PART II

METODOLOGIA

PART II

METODOLOGIA

En aquesta segona part estudiem en els seus diferents capítols algunes de les eines que ens proporciona la lògica borrosa i que ens seran de gran utilitat a l'hora de desenvolupar les noves tècniques per a la gestió que plantegem en la tercera part d'aquesta tesi.

CAPÍTOL 5

TEORIA DELS SUBCONJUNTS BORROSOS

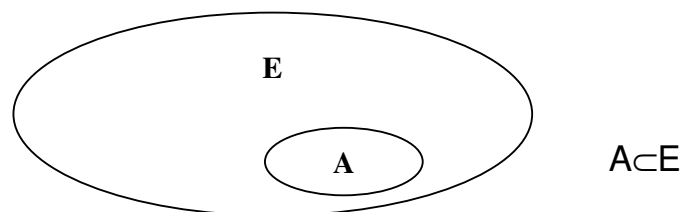
5.1. Subconjunt borrós

Recordem en primer lloc el concepte de subconjunt ordinari A d'un referencial E , determinat a través de la seva funció característica.

Si considerem que E és un referencial i que A és un subconjunt de E en el qual els seus elements tenen una característica en comú,

- x compleix la característica $A \Rightarrow x \in A$
- x no compleix la característica $A \Rightarrow x \notin A$

Figura 5.1



A partir d'aquí es defineix la funció característica d' A , que representarem per μ_A com aquella funció:

$\mu_A : E \rightarrow \{0,1\}$, definida per:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \in A \\ 0 & \text{si } x \notin A \end{cases} \quad (5.1)$$

Per tant, podem determinar completament un subconjunt ordinari $A \subseteq E$ a partir de la seva funció característica μ_A .

El pas a la incertesa que representa el concepte de subconjunt borrós \underline{A} rau en el fet que els elements d' \underline{A} no hagin de prendre forçosament els valors extrems 0 o 1, sinó que puguin prendre qualsevol valor comprès en l'interval $[0,1]$ per reflectir l'existència d'elements d' E que compleixen, en un cert grau, la característica que determina el subconjunt \underline{A} .

En aquest cas tindrem doncs que un subconjunt borrós \underline{A} d'un referencial E , es determina a través d'una funció,

$$\mu_{\underline{A}} : E \rightarrow [0,1] \quad (5.2)$$

que anomenem funció de pertinença del subconjunt borrós \underline{A} .

Així tindrem que, per cada $x \in E$, $\mu_{\underline{A}}(x)$ és un valor de l'interval $[0,1]$ que representa el grau de pertinença de l'element x al subconjunt borrós \underline{A} .

D'aquesta manera, coneguda la funció $\mu_{\underline{A}}$, podem representar un subconjunt borrós \underline{A} de E a partir d'un conjunt de parelles ordenades, en la forma:

$$\underline{A} = \{ (x, \mu_{\underline{A}}(x)) / x \in E \} \quad (5.3)$$

Definicions:

Donats dos subconjunts borrosos \underline{A} i \underline{B} del mateix referencial E, definim:

- Igualtat

$$\forall x \in E \quad \underline{A} = \underline{B} \Leftrightarrow \mu_{\underline{A}}(x) = \mu_{\underline{B}}(x) \quad (5.4)$$

- Inclusió

$$\forall x \in E \quad \underline{A} \subset \underline{B} \Leftrightarrow \mu_{\underline{A}}(x) \leq \mu_{\underline{B}}(x) \quad (5.5)$$

- Complementari

Direm que \underline{A}' és el complementari d' \underline{A} si la seva funció de pertinença és

$$\forall x \in E \quad \mu_{\underline{A}'}(x) = 1 - \mu_{\underline{A}}(x) \quad (5.6)$$

- Intersecció

La intersecció entre els subconjunts borrosos \underline{A} i \underline{B} , que representem per $\underline{A} \cap \underline{B}$ es defineix per:

$$\mu_{\underline{A} \cap \underline{B}}(x) = \text{Mín}\{\mu_{\underline{A}}(x), \mu_{\underline{B}}(x)\} \quad (5.7)$$

$\underline{A} \cap \underline{B}$ és el subconjunt més gran contingut a la vegada en \underline{A} i en \underline{B} .

- Unió

La unió entre els subconjunts borrosos \underline{A} i \underline{B} , que representem per $\underline{A} \cup \underline{B}$ es defineix per:

$$\mu_{\underline{A} \cup \underline{B}}(x) = \text{Max}\{\mu_{\underline{A}}(x), \mu_{\underline{B}}(x)\} \quad (5.8)$$

$\underline{A} \cup \underline{B}$ és el subconjunt més petit que conté a la vegada \underline{A} i \underline{B} .

- Compressió

Anomenem compressió de raó k ($k > 1$) d'un subconjunt borrós \underline{A} , el subconjunt borrós \underline{B} que té per funció de pertinença

$$\mu_{\underline{B}}(x) = (\mu_{\underline{A}}(x))^k \quad k > 1 \quad (5.9)$$

- Dilatació o extensió.

Anomenem dilatació de raó k ($0 \leq k < 1$) d'un subconjunt borrós \underline{A} , el subconjunt borrós \underline{B} que té per funció de pertinença

$$\mu_{\underline{B}}(x) = (\mu_{\underline{A}}(x))^k \quad 0 \leq k < 1 \quad (5.10)$$

5.2. α -talls d'un subconjunt borrós

Donat $\alpha \in [0, 1]$, definim el conjunt de nivell α o α -tall d'un subconjunt borrós \underline{A} del referencial E amb funció de pertinença $\mu_{\underline{A}}$, com el conjunt nítid A_α format per tots els elements d' E que tenen un grau de pertinença a \underline{A} superior o igual a α . És a dir,

$$A_\alpha = \{x \in E / \mu_{\underline{A}}(x) \geq \alpha\} \quad (5.11)$$

5.3. Els intervals de confiança

Un interval de confiança és un interval tancat $[a_1, a_2]$ del conjunt dels nombres reals que conté el valor d'una determinada magnitud, la qual no es pot precisar de forma exacta.

5.3.1. Àlgebra dels intervals de confiança

Per aplicar posteriorment la compatibilitat del principi d'extensió, és necessari conèixer l'àlgebra dels intervals de confiança, àmpliament desenvolupats per Kaufmann i Gil Aluja⁵.

Donats dos intervals de confiança $A = [a_1, a_2]$ i $B = [b_1, b_2]$, definim:

- Igualtat

Dos intervals de confiança són iguals quan tenen els mateixos extrems inferior i superior.

$$A = B \Leftrightarrow a_1 = b_1 \wedge a_2 = b_2 \quad (5.12)$$

- Suma

La suma de dos intervals de confiança és l'interval

$$A(+)B = [a_1 + b_1, a_2 + b_2] \quad (5.13)$$

- Pseudo-Oposat

Donat $A = [a_1, a_2]$ definim el pseudo-oposat de A , com

$$-A = [-a_2, -a_1] \quad (5.14)$$

$-A$ s'anomena pseudo-oposat a A , i no oposat degut a que $A(+)(-A) \neq 0$, on $0 = [0, 0]$ és, evidentment, l'element neutre de la suma d'intervals de confiança.

- Diferència

$$A(-)B = A(+)(-B) = [a_1 - b_2, a_2 - b_1] \quad (5.15)$$

⁵ KAUFMANN, A., GIL ALUJA, J. (1987): *Técnicas operativas de gestión para el tratamiento de la incertidumbre*. Ed. Hispano Europea, S.A. Barcelona.

- Producte entre dos intervals de confiança.

$$A(\cdot)B = [\text{Mín}\{a_1b_1, a_1b_2, a_2b_1, a_2b_2\}, \text{Max}\{a_1b_1, a_1b_2, a_2b_1, a_2b_2\}] \quad (5.16)$$

Si $A, B \subseteq \square^+$

$$A(\cdot)B = [a_1b_1, a_2b_2] \quad (5.17)$$

Si $A, B \subseteq \square^-$

$$A(\cdot)B = [a_2b_2, a_1b_1] \quad (5.18)$$

- Pseudo-Invers

Donat $A = [a_1, a_2]$ essent $0 \notin [a_1, a_2]$, aleshores definim el pseudo-invers de A , i ho representem per A^{-1} , a l'interval de confiança següent:

$$A^{-1} = \left[\frac{1}{a_2}, \frac{1}{a_1} \right] \quad (5.19)$$

- Quocient entre dos intervals de confiança.

Si $0 \notin B$, definim:

$$[a_1, a_2] : [b_1, b_2] = \left[\text{Mín}\left\{ \frac{a_1}{b_1}, \frac{a_1}{b_2}, \frac{a_2}{b_1}, \frac{a_2}{b_2} \right\}, \text{Max}\left\{ \frac{a_1}{b_1}, \frac{a_1}{b_2}, \frac{a_2}{b_1}, \frac{a_2}{b_2} \right\} \right] \quad (5.20)$$

En el cas particular en que $A, B \in \square^+$ tenim:

$$[a_1, a_2] : [b_1, b_2] = \left[\frac{a_1}{b_2}, \frac{a_2}{b_1} \right] \quad (5.21)$$

- Producte d'un escalar per un interval de confiança

$$\text{Si } k \geq 0 \quad k[a_1, a_2] = [ka_1, ka_2] \quad (5.22)$$

$$\text{Si } k < 0 \quad k[a_1, a_2] = [ka_2, ka_1] \quad (5.23)$$

- Màxim de dos intervals de confiança

El màxim entre dos intervals de confiança A i B que representem per $A(\vee)B$, es defineix com:

$$A(\vee)B = [\max\{a_1, b_1\}, \max\{a_2, b_2\}] = [a_1 \vee b_1, a_2 \vee b_2] \quad (5.24)$$

- De manera similar, definim el mínim de dos intervals de confiança A i B , i ho representem per $A(\wedge)B$, a:

$$A(\wedge)B = [\min\{a_1, b_1\}, \min\{a_2, b_2\}] = [a_1 \wedge b_1, a_2 \wedge b_2] \quad (5.25)$$

5.3.2. Ordenació d'intervals de confiança

Podem definir una relació d'ordre entre intervals de confiança, tot i que, no es tracta d'una relació d'ordre total.

Donats dos intervals de confiança $A = [a_1, a_2]$ i $B = [b_1, b_2]$ podem definir la següent relació d'ordre:

$$A(\leq)B \Leftrightarrow a_1 \leq b_1 \text{ i } a_2 \leq b_2 \quad (5.26)$$

Aquesta relació defineix una relació d'ordre parcial en el conjunt dels intervals de confiança. Per gaudir d'una relació d'ordre total en l'esmentat conjunt, en

cas que dos intervals de confiança no siguin comparables a través de la relació (5.26), definirem:

$$A (\leq) B \Leftrightarrow \frac{a_1 + a_2}{2} \leq \frac{b_1 + b_2}{2} \quad (5.27)$$

D'aquesta manera ens assegurem que sempre podrem ordenar dos intervals de confiança donats.

Aquest darrer criteri traslladat al llenguatge econòmic s'interpreta en el sentit que davant de dues estratègies diferents, el que farem és reduir la incertesa a un punt que serà el punt mig de l'interval de confiança.

Si volem establir una relació d'ordre estricta entre els intervals de confiança, pot succeir que dos intervals de confiança presentin el mateix valor mig i que el criteri de l'expressió (5.27) no decideixi. Per exemple si tenim $[5,15]$ i $[8,12]$ observem que $\frac{5+15}{2} = \frac{8+12}{2}$. En aquest cas assumirem un nou criteri, i entendrem que prevaldrà aquell interval que presenti una menor incertesa, en el sentit que tingui una amplitud menor. En el nostre exemple considerariem com a més petit l'interval $[8,12]$.

5.4. Números borrosos en \square .

5.4.1. Número borrós

Normalitat

Direm que un subconjunt borrós és normal si existeix com a mínim un x del referencial tal que $\mu_A(x) = 1$

Convexitat

Direm que un subconjunt borrós de \square és convex si

$$\forall x_1, x_2 \in \square / \forall \lambda \in [0, 1], \mu_{\underline{A}}(\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2) \geq \text{Min}\{\mu_{\underline{A}}(x_1), \mu_{\underline{A}}(x_2)\} \quad (5.28)$$

Si \underline{A} és un subconjunt borrós que té per referencial un subconjunt dels nombres reals i, a més, és normal i convex, direm que és un número borrós.

5.4.2. Número borrós discret

Direm que \underline{A} és un número borrós discret si el seu referencial E és finit o infinit numerable.

5.4.3. Número borrós continu

Direm que \underline{A} és un número borrós continu si el seu referencial E és un interval d' \square i la seva funció de pertinença és contínua.

5.4.4. Número borrós positiu

Direm que un número borrós \underline{A} és un número borrós positiu si la seva funció de pertinença $\mu_{\underline{A}}$ pren el valor 0 per tots els valors més petits de 0. És a dir,

$$\underline{A} > 0 \Leftrightarrow \forall x \in \square, x < 0, \mu_{\underline{A}}(x) = 0 \quad (5.29)$$

5.4.5. Número borrós negatiu

Direm que un número borrós \underline{A} és un número borrós negatiu si la seva funció de pertinença $\mu_{\underline{A}}$ pren el valor 0 per tots els valors més grans de 0. És a dir,

$$\underline{A} < 0 \Leftrightarrow \forall x \in \mathbb{R}, x > 0, \mu_{\underline{A}}(x) = 0 \quad (5.30)$$

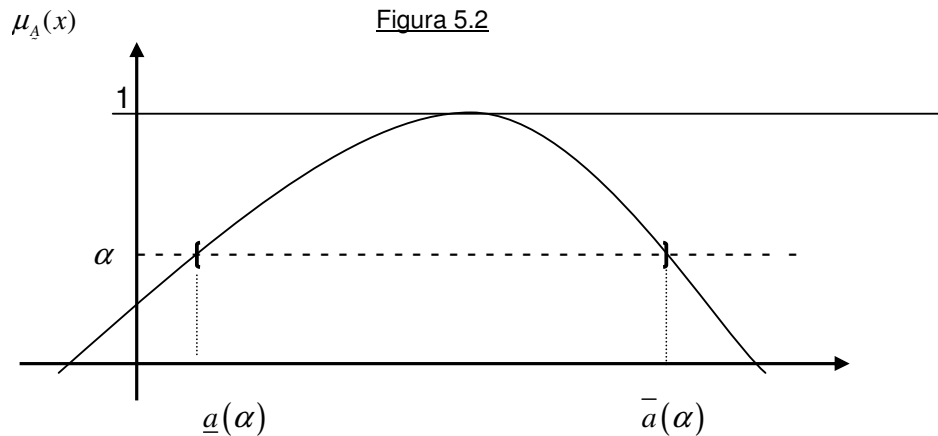
5.4.6. α -talls d'un número borros

A l'igual com succeeix amb els subconjunts borrosos, un número borros \underline{A} , també queda determinat si coneixem tots els seus α -talls ($\alpha \in [0,1]$).

Degut a la propietat de convexitat que tenen els números borrosos, resulta que tots els α -talls A_α d'un número borros \underline{A} són intervals tancats

$A_\alpha = [\underline{a}(\alpha), \bar{a}(\alpha)]$ ($0 \leq \alpha \leq 1$). Per tant podem operar amb els α -talls dels números borrosos amb l'aritmètica dels intervals de confiança que hem descrit en l'apartat anterior 5.3.

Gràficament, representem un número borros \underline{A} i un α -tall A_α a la figura 5.2.

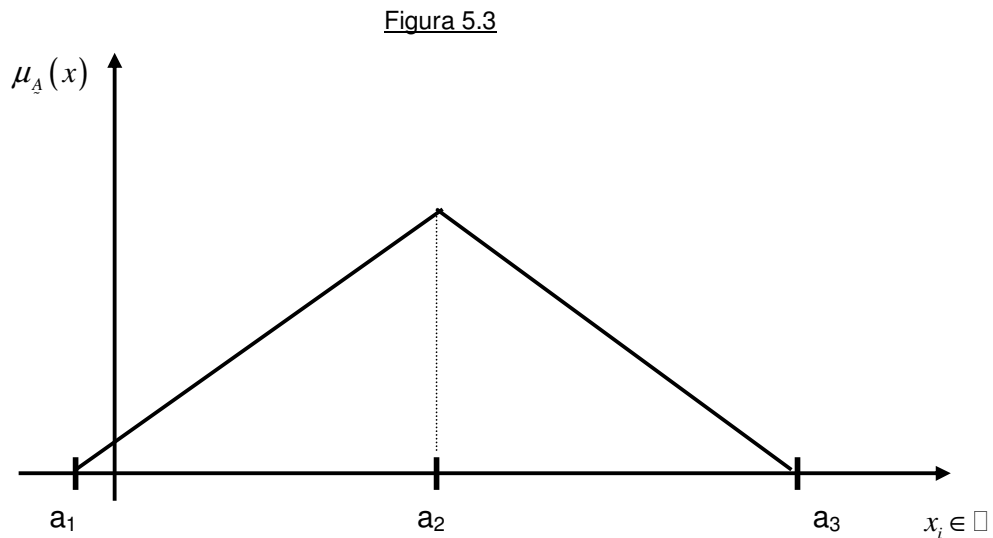


Com a cas particular especialment útil en les aplicacions econòmiques, tenen interès els números borrosos anomenats números borrosos triangulars, que descrivim tot seguit.

Donats $a_1, a_2, a_3 \in \mathbb{R}$, tals que $a_1 < a_2 < a_3$, direm que un número borrós \underline{A} del referencial \mathbb{R} és un número borrós triangular (NBT), i ho representarem per $\underline{A} = (a_1, a_2, a_3)$, si la seva funció de pertinença és del tipus

$$\mu_{\underline{A}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{per } x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & \text{per } a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2} & \text{per } a_2 < x \leq a_3 \\ 0 & \text{per } x > a_3 \end{cases} \quad (5.31)$$

La representació gràfica d'aquesta funció de pertinença és:



i els seus α -talls són $A_\alpha = [a_1 + \alpha(a_2 - a_1), a_3 - \alpha(a_3 - a_2)]$ (5.32)

5.5. Principi de d'Extensió.

Donats dos números borrosos

$$\underline{A} = \{(x, \mu_A(x)) / x \in \square\} \text{ i } \underline{B} = \{(x, \mu_B(x)) / x \in \square\}$$

i una operació interna en el conjunt dels números reals donada per:

$$f : \square \times \square \rightarrow \square$$

$$(x, y) \rightarrow f(x, y) = x * y$$

resulta que l'extensió de l'operació $*$ per operar les magnituds incertes \underline{A} i \underline{B} ve donada per:

$$\underline{C} = f(\underline{A}, \underline{B}) = \underline{A} (*) \underline{B}$$

on:

$$\mu_{\underline{C}}(z) = \bigvee_{\{(x,y)/x*y=z\}} (\mu_{\underline{A}}(x) \wedge \mu_{\underline{B}}(y)) \quad (5.33)$$

on \vee representa l'operador "màxim" i \wedge l'operador "mínim". La formula (5.33) es coneix com el principi d'extensió de l'operació binària $*$, o també com a principi de convolució max-min.

A partir del principi d'extensió podem determinar la forma de realitzar les operacions elementals amb números borrosos.

A més, emprant l'aritmètica dels intervals de confiança, podem indicar la forma de realitzar les operacions elementals operant amb els α -talls dels números borrosos.

5.5.1. Operacions amb números borrosos

- Suma de números borrosos

A partir de l'operació binària $f(x, y) = x + y$, es defineix la suma de dos números borrosos $\underline{S} = \underline{A} + \underline{B}$ fent:

$$\mu_{\underline{S}}(z) = \bigvee_{\{(x,y)/x+y=z\}} (\mu_{\underline{A}}(x) \wedge \mu_{\underline{B}}(y)) \quad (5.34)$$

i la seva expressió a través dels α -talls serà,

$$S_{\alpha} = A_{\alpha}(+)B_{\alpha} = [\underline{A}(\alpha) + \underline{B}(\alpha), \bar{A}(\alpha) + \bar{B}(\alpha)] \quad (5.35)$$

on,

$$A_{\alpha} = [\underline{A}(\alpha), \bar{A}(\alpha)] \quad \text{i} \quad B_{\alpha} = [\underline{B}(\alpha), \bar{B}(\alpha)]$$

- Pseudo-oposat d'un número borrós.

A partir de l'operació monària $f(x) = -x$, i tenint en compte que f és bijectiva, es defineix el pseudo-oposat $-\underline{A}$ d'un número borrós \underline{A} a partir de:

$$\mu_{-\underline{A}}(x) = \mu_{\underline{A}}(-x) \quad \forall x \in R \quad (5.36)$$

La seva expressió a través dels α -talls serà:

$$(-A)_{\alpha} = A_{\alpha}^{-} = [-\bar{A}(\alpha), -\underline{A}(\alpha)] \quad (5.37)$$

- Diferència de números borrosos.

Tinguem en compte que la funció $f(x, y) = x - y$ no és monòtona. Però a partir de l'expressió $f(x, y) = x + (-y)$, podem definir la diferència entre números borrosos posant $\underline{D} = \underline{A}(-)\underline{B} = \underline{A}(+)(-\underline{B})$, amb el que s'assegura que el resultat és un número borros quan μ_A i μ_B són contínues. La funció de pertinença és:

$$\mu_D(z) = \bigvee_{z=x-y} (\mu_A(x) \wedge \mu_B(y)) \quad (5.38)$$

i l'expressió a través dels α -talls ve donada per:

$$D_\alpha = A_\alpha(-)B_\alpha = [\underline{A}(\alpha) - \bar{B}(\alpha), \bar{A}(\alpha) - \underline{B}(\alpha)] \quad (5.39)$$

- Producte de números borrosos.

A l'igual que amb la suma, al ser l'operació binària $f(x, y) = x \cdot y$ creixent, obtenim el producte de números borrosos $\underline{P} = \underline{A}(\cdot)\underline{B}$ per aplicació del principi d'extensió, resultant:

$$\mu_P(z) = \bigvee_{z=x \cdot y} (\mu_A(x) \wedge \mu_B(y)) \quad (5.40)$$

i l'expressió a través dels α -talls ve donada per:

$$P_\alpha = \left[\min\{\underline{A}(\alpha) \cdot \underline{B}(\alpha), \underline{A}(\alpha) \cdot \bar{B}(\alpha), \bar{A}(\alpha) \cdot \underline{B}(\alpha), \bar{A}(\alpha) \cdot \bar{B}(\alpha)\} \right. \\ \left. \max\{\underline{A}(\alpha) \cdot \underline{B}(\alpha), \underline{A}(\alpha) \cdot \bar{B}(\alpha), \bar{A}(\alpha) \cdot \underline{B}(\alpha), \bar{A}(\alpha) \cdot \bar{B}(\alpha)\} \right] \quad (5.41)$$

Si, per exemple, \underline{A} i \underline{B} són números borrosos positius, resulta:

$$P_\alpha = A_\alpha(\cdot)B_\alpha = [\underline{A}(\alpha)\cdot\underline{B}(\alpha), \bar{A}(\alpha)\cdot\bar{B}(\alpha)] \quad (5.42)$$

Tinguem en compte que si \underline{A} i \underline{B} són números borrosos discrets, aleshores pot succeir que $\underline{P} = \underline{A}(\cdot)\underline{B}$ no sigui un número borrós.

- Pseudo-invers d'un número borrós.

Suposem que \underline{A} és un número borrós de manera que $0 \notin S(\underline{A})$, és a dir, que \underline{A} és un número borrós positiu o negatiu. En aquest cas, a partir de l'operació monària $f(x) = 1/x$, podem definir el pseudo-invers de \underline{A} com el número borrós $\underline{A}^{-1} = 1/\underline{A}$ que té per funció de pertinença:

$$\mu_{\underline{A}^{-1}}(x) = \mu_{\underline{A}}\left(\frac{1}{x}\right) \quad (5.43)$$

i l'expressió dels seus α -talls és:

$$A_\alpha^{-1} = (A_\alpha)^{-1} = \left[\frac{1}{\bar{A}(\alpha)}, \frac{1}{\underline{A}(\alpha)} \right] \quad (5.44)$$

- Quocient de números borrosos.

A l'igual que succeeix amb la diferència, la funció $f(x, y) = \frac{x}{y}$ no és monòtona. L'expressió:

$$\underline{Q} = \underline{A}(\cdot) \underline{B} = \underline{A}(\cdot) \underline{B}^{-1}$$

només té sentit si \underline{B} és positiu o negatiu ($0 \notin S(\underline{B})$), i es pot determinar la funció de pertinença de \underline{Q} a partir del principi d'extensió:

$$\mu_{\underline{Q}}(z) = \bigvee_{z=x/y} (\mu_{\underline{A}}(x) \wedge \mu_{\underline{B}}(y)) \quad (5.45)$$

i l'expressió a través dels α -talls ve donada per:

$$\begin{aligned} Q_{\alpha} = & \left[\min\{\underline{A}(\alpha)/\underline{B}(\alpha), \underline{A}(\alpha)/\bar{B}(\alpha), \bar{A}(\alpha)/\underline{B}(\alpha), \bar{A}(\alpha)/\bar{B}(\alpha)\} \right. \\ & \left. \max\{\underline{A}(\alpha)/\underline{B}(\alpha), \underline{A}(\alpha)/\bar{B}(\alpha), \bar{A}(\alpha)/\underline{B}(\alpha), \bar{A}(\alpha)/\bar{B}(\alpha)\} \right] \quad (5.46) \end{aligned}$$

Per exemple, en el cas que \underline{A} i \underline{B} siguin positius, s'obté:

$$Q_{\alpha} = \left[\frac{\underline{A}(\alpha)}{\underline{B}(\alpha)}, \frac{\bar{A}(\alpha)}{\underline{B}(\alpha)} \right] \quad (5.47)$$

i en el cas en que \underline{A} i \underline{B} són negatius, resulta:

$$Q_{\alpha} = \left[\frac{\bar{A}(\alpha)}{\underline{B}(\alpha)}, \frac{\underline{A}(\alpha)}{\bar{B}(\alpha)} \right] \quad (5.48)$$

- Producte d'un escalar per un número borrós.

A partir de l'operació monària $f(x) = \lambda.x$, on λ és un número real $\lambda \neq 0$, es defineix el producte de λ pel número borrós \underline{A} , per aplicació del principi d'extensió a l'operació f , com aquell número borrós $\lambda.\underline{A}$ amb funció de pertinença:

$$\mu_{\lambda.A}(x) = \mu_A\left(\frac{x}{\lambda}\right) \quad \forall x \in R \quad (5.49)$$

L'expressió dels seus α -talls és:

$$(\lambda.A)_\alpha = \lambda.A_\alpha = \left[\min\{\lambda.\underline{A}(\alpha), \lambda.\bar{A}(\alpha)\}, \max\{\lambda.\underline{A}(\alpha), \lambda.\bar{A}(\alpha)\} \right] \quad (5.50)$$

Concretament, si $\lambda > 0$:

$$(\lambda.A)_\alpha = \left[\lambda.\underline{A}(\alpha), \lambda.\bar{A}(\alpha) \right] \quad (5.51)$$

i si $\lambda < 0$:

$$(\lambda.A)_\alpha = \left[\lambda.\bar{A}(\alpha), \lambda.\underline{A}(\alpha) \right] \quad (5.52)$$

- Mínim de dos números borrosos.

Per aplicació del principi d'extensió a l'operació binària definida per $f(x, y) = x \wedge y$, es defineix el mínim dels números borrosos \underline{A} i \underline{B} com el número borrós $\underline{A}(\wedge)\underline{B}$ que té per funció de pertinença:

$$\mu_{\underline{A}(\wedge)\underline{B}}(z) = \bigvee_{z=x \wedge y} (\mu_{\underline{A}}(x) \wedge \mu_{\underline{B}}(y)) \quad (5.53)$$

i l'expressió dels seus α -talls ve donada per:

$$A_\alpha(\wedge)B_\alpha = \left[\underline{A}(\alpha) \wedge \underline{B}(\alpha), \bar{A}(\alpha) \wedge \bar{B}(\alpha) \right] \quad (5.54)$$

- Màxim de dos números borrosos.

De manera paral·lela a la minimització, si considerem l'operació binària definida per $f(x, y) = x \vee y$ i apliquem el principi d'extensió, s'estableix el màxim dels números borrosos \underline{A} i \underline{B} com el número borrós $\underline{A}(\vee)\underline{B}$ que té per funció de pertinença:

$$\mu_{\underline{A}(\vee)\underline{B}}(z) = \bigvee_{z=x \vee y} (\mu_{\underline{A}}(x) \wedge \mu_{\underline{B}}(y)) \quad (5.55)$$

i l'expressió dels seus α -talls ve donada per:

$$A_{\alpha}(\vee)B_{\alpha} = [\underline{A}(\alpha) \vee \underline{B}(\alpha), \bar{A}(\alpha) \vee \bar{B}(\alpha)] \quad (5.56)$$

5.5.2. Cas particular: Operacions amb números borrosos triangulars.

- Suma

La suma $\underline{A} + \underline{B}$ de dos números borrosos triangulars $\underline{A} = (a_1, a_2, a_3)$ i $\underline{B} = (b_1, b_2, b_3)$ és el número borrós triangular

$$\underline{A} + \underline{B} = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3) \quad (5.57)$$

amb funció de pertinença

$$\mu_{\underline{A}+\underline{B}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{per } x < a_1 + b_1 \\ \frac{x - (a_1 + b_1)}{a_2 + b_2 - a_1 - b_1} & \text{per } a_1 + b_1 \leq x < a_2 + b_2 \\ \frac{(a_3 + b_3) - x}{a_3 + b_3 - a_2 - b_2} & \text{per } a_2 + b_2 \leq x \leq a_3 + b_3 \\ 0 & \text{per } x > a_3 + b_3 \end{cases} \quad (5.58)$$

- Resta

Definim la diferència $\underline{A} - \underline{B}$ de dos números borrosos triangulars

$\underline{A} = (a_1, a_2, a_3)$ i $\underline{B} = (b_1, b_2, b_3)$ per mitjà del número borros triangular

$$\underline{A} - \underline{B} = (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1) \quad (5.59)$$

amb funció de pertinença

$$\mu_{\underline{A}-\underline{B}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{per } x < a_1 - b_3 \\ \frac{x - (a_1 - b_3)}{a_2 - b_2 - a_1 + b_3} & \text{per } a_1 - b_3 \leq x < a_2 - b_2 \\ \frac{(a_3 - b_1) - x}{a_3 - b_1 - a_2 + b_2} & \text{per } a_2 - b_2 \leq x \leq a_3 - b_1 \\ 0 & \text{per } x > a_3 - b_1 \end{cases} \quad (5.60)$$

- Pseudo-Oposat

El pseudo-oposat $-\underline{A}$ del número borrós triangular $\underline{A} = (a_1, a_2, a_3)$ és el número borrós triangular

$$-\underline{A} = (-a_3, -a_2, -a_1) \quad (5.61)$$

amb funció de pertinença

$$\mu_{-\underline{A}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{per } x < -a_3 \\ \frac{x + a_3}{a_3 - a_2} & \text{per } -a_3 \leq x < -a_2 \\ \frac{-a_1 - x}{a_2 - a_1} & \text{per } -a_2 \leq x \leq -a_1 \\ 0 & \text{per } x > -a_1 \end{cases} \quad (5.62)$$

- Producte d'un escalar per un NBT:

El producte d'una constant k ($k \neq 0$) per un número borrós triangular $\underline{A} = (a_1, a_2, a_3)$ és el número borrós triangular:

a) $k.\underline{A} = (ka_1, ka_2, ka_3)$ si $k > 0$

amb funció de pertinença:

$$\mu_{k\underline{A}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{per } x < ka_1 \\ \frac{x - ka_1}{ka_2 - ka_1} & \text{per } ka_1 \leq x < ka_2 \\ \frac{ka_3 - x}{ka_3 - ka_2} & \text{per } ka_2 \leq x \leq ka_3 \\ 0 & \text{per } x > ka_3 \end{cases} \quad (5.63)$$

b) $k.\underline{A} = (ka_3, ka_2, ka_1)$ si $k < 0$

amb funció de pertinença:

$$\mu_{k\underline{A}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{per } x < ka_3 \\ \frac{x - ka_3}{ka_2 - ka_3} & \text{per } ka_3 \leq x < ka_2 \\ \frac{ka_1 - x}{ka_1 - ka_2} & \text{per } ka_2 \leq x \leq ka_1 \\ 0 & \text{per } x > ka_1 \end{cases} \quad (5.64)$$

- Pseudo-Invers

El pseudo-invers invers \underline{A}^{-1} d'un número borrós triangular positiu $\underline{A} = (a_1, a_2, a_3)$, és un número borrós amb funció de pertinença:

$$\mu_{\underline{A}^{-1}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{per } x < 1/a_3 \\ \frac{a_3x-1}{(a_3-a_2)x} & \text{per } 1/a_3 \leq x < 1/a_2 \\ \frac{1-a_1x}{(a_2-a_1)x} & \text{per } 1/a_2 \leq x \leq 1/a_1 \\ 0 & \text{per } x > 1/a_1 \end{cases} \quad (5.65)$$

Observem que els trams no nuls de la funció de pertinença de \underline{A}^{-1} són branques d'hipèrbola, per la qual cosa no són funcions lineals i per tant el pseudo-invers perd l'estructura de NBT.

La suma i la resta són operacions internes en el conjunt de números borrosos triangulars i donen com a resultat un altre NBT. En canvi, el producte i el quocient no són operacions internes, i per aquest motiu serà més útil treballar amb α -talls.

S' utilitza el número borrós mig quan diversos experts han donat una opinió sobre un fenomen i volem agregar aquestes opinions.

L'expressió bàsica del càlcul d'un número borrós mitjà triangular d'una sèrie de NBT $\underline{A}_i = (a_{1i}, a_{2i}, a_{3i})$ ($i=1,2,\dots,n$) és:

$$\underline{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_{1i}, a_{2i}, a_{3i}) \quad (5.66)$$

5.6. Distància entre subconjunts borrosos

L'objectiu del càlcul de la distància és realitzar separacions o agrupacions entre els elements d'un subconjunt borros. Cal tenir en compte, com mostren Kaufmann i Gil Aluja⁶ que , per un mateix referencial, dos distàncies diferents poden ordenar de maneres diferents els subconjunts borrosos, i per tant, l'ordenació depèn de la distància escollida

5.6.1. Concepte de distància:

Sigui $P(\underline{E})$ conjunt de tots els subconjunts borrosos d'un referencial E .

Donats \underline{A} i $\underline{B} \in P(\underline{E})$, anomenem distància entre \underline{A} i \underline{B} , i ho representem per $d(\underline{A}, \underline{B})$, a una aplicació:

$$d : P(\underline{E}) \times P(\underline{E}) \rightarrow R$$

que verifiqui les següents condicions:

a) Positivitat: $\forall \underline{A}, \underline{B} \in P(\underline{E})$

$$d(\underline{A}, \underline{B}) \geq 0 \quad (5.67)$$

b) Igualtat:

$$\text{Si } \underline{A} = \underline{B} \Rightarrow d(\underline{A}, \underline{B}) = 0 \quad (5.68)$$

c) Simetria: $\forall \underline{A}, \underline{B} \in P(\underline{E})$

$$d(\underline{A}, \underline{B}) = d(\underline{B}, \underline{A}) \quad (5.69)$$

d) Desigualtat triangular: $\forall \underline{A}, \underline{B}, \underline{C} \in P(\underline{E})$

$$d(\underline{A}, \underline{C}) \leq d(\underline{A}, \underline{B}) + d(\underline{B}, \underline{C}) \quad (5.70)$$

⁶ KAUFMANN, A., GIL ALUJA, J. (1992): *Técnicas de gestión de empresas: Previsiones, decisiones y estrategias*. Ed. Pirámide. Madrid.

Distància mètrica:

A més, una distància d direm que és una distància mètrica si compleix la següent propietat:

$$d(\underline{A}, \underline{B}) = 0 \Rightarrow \underline{A} = \underline{B} \quad (5.71)$$

5.6.2. Tipus de distàncies:

Entre les distàncies més usuals entre subconjunts borrosos, destaquem les següents:

a) Distància de Minkowsky

Anomenem distància de Minkowski entre els subconjunts borrosos \underline{A} i \underline{B} , i la representem per $d_\lambda(\underline{A}, \underline{B})$, el nombre real donat, segons els casos, per:

- Si E és un referencial finit, $E = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n-1}, x_n\}$, $\forall \lambda \neq 0, \lambda \in N$

$$d_\lambda(\underline{A}, \underline{B}) = \left[\sum_{i=1}^n |\mu_{\underline{A}}(x_i) - \mu_{\underline{B}}(x_i)|^\lambda \right]^{\frac{1}{\lambda}} \quad (5.72)$$

- Si E és un referencial infinit numerable, $E = \{x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n, \dots\}$, $\forall \lambda \neq 0, \lambda \in N$, i sempre que la sèrie següent sigui convergent:

$$d_\lambda(\underline{A}, \underline{B}) = \left[\sum_{i=1}^{\infty} |\mu_{\underline{A}}(x_i) - \mu_{\underline{B}}(x_i)|^\lambda \right]^{\frac{1}{\lambda}} \quad (5.73)$$

- Si E és un referencial infinit no numerable dels nombres reals \mathbb{R} , $\forall \lambda \neq 0, \lambda \in \mathbb{N}$, i sempre que la integral impròpia següent sigui convergent:

$$d_\lambda(\underline{A}, \underline{B}) = \left[\int_{-\infty}^{+\infty} |\mu_{\underline{A}}(x) - \mu_{\underline{B}}(x)|^\lambda dx \right]^{\frac{1}{\lambda}} \quad (5.74)$$

b) *Distància de Hamming*

Anomenem distància de Hamming entre els subconjunts borrosos \underline{A} i \underline{B} a la distància de Minskowski per $\lambda = 1$, és a dir:

- Si E és un referencial finit, $E = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n-1}, x_n\}$, tenim:

$$d_1(\underline{A}, \underline{B}) = \sum_{i=1}^n |\mu_{\underline{A}}(x_i) - \mu_{\underline{B}}(x_i)| \quad (5.75)$$

- Si E és un referencial infinit numerable, $E = \{x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n, \dots\}$, i sempre que la sèrie següent sigui convergent:

$$d_1(\underline{A}, \underline{B}) = \sum_{i=1}^{\infty} |\mu_{\underline{A}}(x_i) - \mu_{\underline{B}}(x_i)| \quad (5.76)$$

- Si E és un referencial infinit no numerable dels nombres reals \mathbb{R} , i sempre que la integral impròpia següent sigui convergent:

$$d_1(\underline{A}, \underline{B}) = \int_{-\infty}^{+\infty} |\mu_{\underline{A}}(x) - \mu_{\underline{B}}(x)| dx \quad (5.77)$$

c) *Distància Euclidiana*

Anomenem distància euclidiana entre els subconjunts borrosos \underline{A} i \underline{B} a la distància de Minskowski per $\lambda = 2$, és a dir:

- Si E és un referencial finit, $E = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n-1}, x_n\}$, tenim:

$$d_2(\underline{A}, \underline{B}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\mu_{\underline{A}}(x_i) - \mu_{\underline{B}}(x_i))^2} \quad (5.78)$$

- Si E és un referencial infinit numerable, $E = \{x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n, \dots\}$, i sempre que la sèrie següent sigui convergent:

$$d_2(\underline{A}, \underline{B}) = \sqrt{\sum_{i=1}^{\infty} (\mu_{\underline{A}}(x_i) - \mu_{\underline{B}}(x_i))^2} \quad (5.79)$$

- Si E és un referencial infinit no numerable dels nombres reals \mathbb{R} , i sempre que la integral impròpia següent sigui convergent:

$$d_2(\underline{A}, \underline{B}) = \sqrt{\int_{-\infty}^{+\infty} (\mu_{\underline{A}}(x) - \mu_{\underline{B}}(x))^2 dx} \quad (5.80)$$

5.6.3. *Distàncies relatives:*

A vegades resulta convenient tenir els valors de les distàncies dins l'interval $[0,1]$, per tal d'establir un grau mínim i màxim de similitud o bé d'allunyament entre subconjunts borrosos, que a més, ens permetrà establir comparacions. Per aquest motiu, definim el concepte de distància relativa.

- Si E és un referencial finit, $E = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n-1}, x_n\}$, definim:

$$\text{Distància relativa de Minskowski: } \delta_\lambda(\underline{A}, \underline{B}) = \frac{1}{n^\lambda} d_\lambda(\underline{A}, \underline{B}) \quad (5.81)$$

$$\text{Distància relativa de Hamming: } \delta_1(\underline{A}, \underline{B}) = \frac{1}{n} d_1(\underline{A}, \underline{B}) \quad (5.82)$$

$$\text{Distància relativa euclidiana: } \delta_2(\underline{A}, \underline{B}) = \frac{1}{\sqrt{n}} d_2(\underline{A}, \underline{B}) \quad (5.83)$$

- Si E és el referencial dels nombres reals \square i si els subconjunts borrosos \underline{A} i \underline{B} tenen suport acotat, en aquest cas, les distàncies relatives es defineixen a partir de l'interval $[a, b]$, definit com el mínim interval tancat d' \square tal que

$$\text{supp}(\underline{A}) \cup \text{supp}(\underline{B}) \subseteq [a, b] \quad (5.84)$$

En aquest cas les tres distàncies relatives resultants són:

$$\text{Distància relativa Minskowski: } \delta_\lambda(\underline{A}, \underline{B}) = \frac{1}{(b-a)^\lambda} d_\lambda(\underline{A}, \underline{B}) \quad (5.85)$$

$$\text{Distància relativa de Hamming: } \delta_1(\underline{A}, \underline{B}) = \frac{1}{b-a} d_1(\underline{A}, \underline{B}) \quad (5.86)$$

$$\text{Distància relativa euclidiana: } \delta_2(\underline{A}, \underline{B}) = \frac{1}{\sqrt{b-a}} d_2(\underline{A}, \underline{B}) \quad (5.87)$$

5.7. Subconjunt Φ - borrós

Si l'incertesa és més gran i el grau de pertinença de cada element és difícilment expressable a través d'un sol valor, podem optar per expressar aquest grau a través d'un subinterval de l'interval $[0,1]$. Per formalitzar aquesta idea, Sambug⁷

⁷ SAMBUG, R. (1975): *Fonctions Φ -fous. Application au diagnostic en pathologie thiroïdienne*. Tesi doctoral. Universitat de Marsella.

ha introduït el concepte de subconjunt Φ -borros com una generalització del concepte ordinari de subconjunt borros.

Aquesta idea ens permet introduir els subconjunts Φ - borrosos d'un referencial E a través de la funció de pertinença de la manera següent:

Un subconjunt Φ - borros \underline{A} de E, és un conjunt de parelles ordenades:

$$\underline{A} = \{(x, \mu_{\underline{A}}(x)) / x \in E, \mu_{\underline{A}}(x) \in \mathbf{P}[0,1]\} \quad (5.88)$$

on la funció de pertinença $\mu_{\underline{A}}$ és una funció:

$$\begin{aligned} \mu_{\underline{A}} : E &\rightarrow \mathbf{P}([0,1]) & (5.89) \\ x &\rightarrow \mu_{\underline{A}}(x) = [a_1(x), a_2(x)] \end{aligned}$$

És a dir, a cada element $x \in E$, la funció $\mu_{\underline{A}}$ l'hi fa correspondre un conjunt compacte de l'interval $[0,1]$ que representarem per l'interval de confiança $\mu_{\underline{A}}(x) = [a_1(x), a_2(x)]$. Els valors $a_1(x)$ i $a_2(x)$ ens indicaran el grau mínim i el grau màxim amb que l'element $x \in E$ verifica la característica borrosa del conjunt \underline{A} .

És clar, doncs, que un subconjunt borros és un cas particular de subconjunt Φ - borros en el qual $\forall x \in E$ $a_1(x) = a_2(x)$ i conseqüentment $[a_1(x), a_2(x)] = a_1(x)$.

Relacions i operacions entre subconjunts Φ - borrosos:

Considerem \underline{A} i \underline{B} dos subconjunts Φ - borrosos d'un mateix referencial E, amb funcions de pertinença respectives $\mu_{\underline{A}}$ i $\mu_{\underline{B}}$.

Donat un element $x \in E$, representarem

$$\mu_{\underline{A}}(x) = [a_1(x), a_2(x)] \quad \text{i} \quad \mu_{\underline{B}}(x) = [b_1(x), b_2(x)] \quad (5.90)$$

Podem establir, entre d'altres, les següents relacions i operacions entre els conjunts Φ - borrosos.

- Relacions d'igualtat

Donats dos subconjunts Φ - borrosos \underline{A} i \underline{B} d'un mateix referencial E, amb funcions de pertinença respectives $\mu_{\underline{A}}$ i $\mu_{\underline{B}}$, direm que:

$$\begin{aligned} \underline{A} = \underline{B} &\Leftrightarrow \mu_{\underline{A}}(x) = \mu_{\underline{B}}(x) \quad \forall x \in E \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow [a_1(x), a_2(x)] = [b_1(x), b_2(x)] \Leftrightarrow a_1(x) = b_1(x) \text{ i } a_2(x) = b_2(x) \quad \forall x \in E \end{aligned} \quad (5.91)$$

- Relacions d'inclusió

Degut a que el conjunt dels subinterval·ls de [0,1] no constitueixen un conjunt totalment ordenat, considerarem diverses formes d'establir una relació d'inclusió.

- Inclusió borrosa (\subset_{Φ})

Donats \underline{A} i \underline{B} subconjunts Φ - borrosos de E, direm que \underline{A} és subconjunt Φ - borros de \underline{B} en forma borrosa i ho representarem per $\underline{A} \subset_{\Phi} \underline{B}$, si:

$$\underline{A} \subset_{\Phi} \underline{B} \Leftrightarrow a_1(x) \leq b_1(x) \text{ i } a_2(x) \leq b_2(x) \quad (5.92)$$

- *Inclusió certa* (\subset_c)

Donats \underline{A} i \underline{B} subconjunts Φ - borrosos de E, direm que \underline{A} és subconjunt Φ - borros de \underline{B} en forma certa i ho representarem per $\underline{A} \subset_c \underline{B}$, si

$$\underline{A} \subset_c \underline{B} \Leftrightarrow a_2(x) \leq b_1(x) \quad \forall x \in E \quad (5.93)$$

- *Inclusió de conjunts (\subset_s)*

Donats \underline{A} i \underline{B} subconjunts Φ - borrosos de E , direm que \underline{A} és subconjunt Φ - borros de \underline{B} en forma d'inclusió de conjunts i ho representarem per $\underline{A} \subset_s \underline{B}$, si

$$\underline{A} \subset_s \underline{B} \Leftrightarrow b_1(x) \leq a_1(x) \leq a_2(x) \leq b_2(x) \quad \forall x \in E \quad (5.94)$$

• *Intersecció Φ -borrosa*

Donats \underline{A} i \underline{B} subconjunts Φ - borrosos de E , definim la intersecció $\underline{A} \cap \underline{B}$ com el subconjunt Φ - borros següent:

$$\underline{C} = \underline{A} \cap \underline{B} \Leftrightarrow \mu_c(x) = [a_1(x) \wedge b_1(x), a_2(x) \wedge b_2(x)] \quad \forall x \in E \quad (5.95)$$

on \wedge representa l'operador "mínim".

La intersecció determina el subconjunt més gran Φ -borros contingut de forma borrosa en \underline{A} i \underline{B} .

La intersecció Φ -borrosa compleix les següents propietats:

- *Commutativa*

$$\underline{A} \cap \underline{B} = \underline{B} \cap \underline{A} \quad (5.96)$$

- *Associativa*

$$\underline{A} \cap (\underline{B} \cap \underline{C}) = (\underline{A} \cap \underline{B}) \cap \underline{C} \quad (5.97)$$

- *Idempotència*

$$\underline{A} \cap \underline{A} = \underline{A} \quad (5.98)$$

- *Element absorbent i element neutre*

$$\underline{A} \cap \emptyset = \emptyset \quad (5.99)$$

$$\underline{A} \cap E = \underline{A} \quad (5.100)$$

- *Unió Φ -borrosa*

Donats \underline{A} i \underline{B} subconjunts Φ -borrosos de E , definim la unió $\underline{A} \cup \underline{B}$ com el subconjunt Φ -borros següent:

$$\underline{D} = \underline{A} \cup \underline{B} \Leftrightarrow \mu_{\underline{D}}(x) = [a_1(x) \vee b_1(x), a_2(x) \vee b_2(x)] \quad \forall x \in E \quad (5.101)$$

on \vee representa l'operador "màxim".

La unió determina el subconjunt més petit Φ -borros que conté de forma borrosa a \underline{A} i a \underline{B} .

La unió Φ -borrosa compleix les següents propietats:

- *Commutativa*

$$\underline{A} \cup \underline{B} = \underline{B} \cup \underline{A} \quad (5.102)$$

- *Associativa*

$$\underline{A} \cup (\underline{B} \cup \underline{C}) = (\underline{A} \cup \underline{B}) \cup \underline{C} \quad (5.103)$$

- *Idempotència*

$$\underline{A} \cup \underline{A} = \underline{A} \quad (5.104)$$

- *Element neutre i element absorbent*

$$\underline{A} \cup \emptyset = \underline{A} \quad (5.105)$$

$$\underline{A} \cup E = E \quad (5.106)$$

També es compleix la propietat distributiva de la intersecció respecte de la unió i de la unió respecte de la intersecció.

$$\underline{A} \cap (\underline{B} \cup \underline{C}) = (\underline{A} \cap \underline{B}) \cup (\underline{A} \cap \underline{C}) \quad (5.107)$$

$$\underline{A} \cup (\underline{B} \cap \underline{C}) = (\underline{A} \cup \underline{B}) \cap (\underline{A} \cup \underline{C}) \quad (5.108)$$

- *Complementació Φ -borrosa*

Donat un subconjunt Φ -borros \underline{A} de E , es defineix el subconjunt Φ -borros complementari, que representem per $\overline{\underline{A}}$, com aquell que té per funció de pertinença:

$$\mu_{\overline{\underline{A}}}(x) = [1 - a_2(x), 1 - a_1(x)] \quad \forall x \in E \quad (5.109)$$

La complementació Φ -borrosa compleix les següents propietats:

- *Involució*

$$\overline{(\bar{A})} = A \quad (5.110)$$

- *Lleis de De Morgan*

$$\overline{A \cap B} = \bar{A} \cup \bar{B} \quad (5.111)$$

$$\overline{A \cup B} = \bar{A} \cap \bar{B}$$

En canvi, en general, tenim que, com succeeix també amb els conjunts borrosos, no es verifiquen ni el principi del terç exclòs ni el principi de no contradicció, és a dir, tenim que:

$$A \cup \bar{A} \neq E \quad \text{i} \quad A \cap \bar{A} \neq \emptyset \quad (5.112)$$

5.8. Valoració de la coherència. Mesures d'entropia.

Per mesurar la coherència entre les opinions de diversos experts, que tractarem més extensament en el capítol 7, usarem les mesures d'entropia que presentem a continuació.

Anomenem entropia a tota aplicació del tipus:

$$\square : \mathcal{P}(E) \rightarrow \square \quad (5.113)$$

$$A \rightarrow \square(A)$$

que verifica les quatre condicions següents:

- Els subconjunts nítids tenen entropia zero

$$\square(\underline{A}) = 0 \Leftrightarrow \underline{A} \text{ és nítid} \quad (5.114)$$

- La màxima entropia es dona quan l'incertesa és màxima

$$\square(\underline{A}) \text{ té un únic màxim quan } \mu_{\underline{A}}(x) = \frac{1}{2} \quad \forall x \in E \quad (5.115)$$

- El subconjunt borrós \underline{A} serà més borrós que el \underline{B} si, $\forall x \in E$:

$$\left. \begin{array}{l} \mu_{\underline{B}}(x) \geq \mu_{\underline{A}}(x) \text{ quan } \mu_{\underline{A}}(x) \geq \frac{1}{2} \\ \mu_{\underline{B}}(x) \leq \mu_{\underline{A}}(x) \text{ quan } \mu_{\underline{A}}(x) \leq \frac{1}{2} \end{array} \right\} \Rightarrow \square(\underline{A}) \geq \square(\underline{B}) \quad (5.116)$$

- Un subconjunt borrós i el seu complementari han de tenir la mateixa entropia

$$\square(\underline{A}) = \square(\underline{A}') \quad (5.117)$$

Al nombre real $\square(\underline{A})$ l'anomenarem entropia del subconjunt borrós \underline{A} .

Diferents classes d'entropia:

Considerem un conjunt referencial $E = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ finit, i \underline{A} subconjunt borrós de E .

- Entropia De Luca i Termini⁸

Es tracta d'una manera de valorar l'entropia no probabilística basada en la funció de Shannon: $S(x) = -x \cdot \ln x - (1-x) \ln(1-x) \quad \forall x \in [0,1]$. Es defineix de la manera següent:

⁸ DE LUCA, A., TERMINI, S. (1972): "A definition of a nonprobabilistic entropy in the setting of fuzzy sets theory" a Information and Control 20, 301-312.

$$h(\underline{A}) = \frac{1}{n \cdot \ln 2} \cdot \sum_{i=1}^n S(\mu_{\underline{A}}(x_i)) \quad (5.118)$$

$$h(\underline{A}) = \frac{-1}{n \cdot \ln 2} \sum_{i=1}^n \left[\mu_{\underline{A}}(x_i) \ln(\mu_{\underline{A}}(x_i)) + \mu_{\overline{A}}(x_i) \ln(\mu_{\overline{A}}(x_i)) \right] \quad (5.119)$$

essent n el cardinal del referencial E .

- Entropia de Kaufmann⁹

$$h(\underline{A}) = \frac{2}{n} d(\underline{A}, \underline{A}^*) = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n |\mu_{\underline{A}^*}(x_i) - \mu_{\underline{A}}(x_i)| \quad (5.120)$$

essent n el cardinal del subconjunt referencial; i on \underline{A}^* és el conjunt nítid més proper a \underline{A} definit per:

$$\mu_{\underline{A}^*}(x_i) = \begin{cases} 0 & \text{si } \mu_{\underline{A}}(x_i) < 0,5 \\ 1 & \text{si } \mu_{\underline{A}}(x_i) \geq 0,5 \end{cases} \quad (5.121)$$

5.9. Eines per la decisió sota incertesa. Grau de possibilitat.

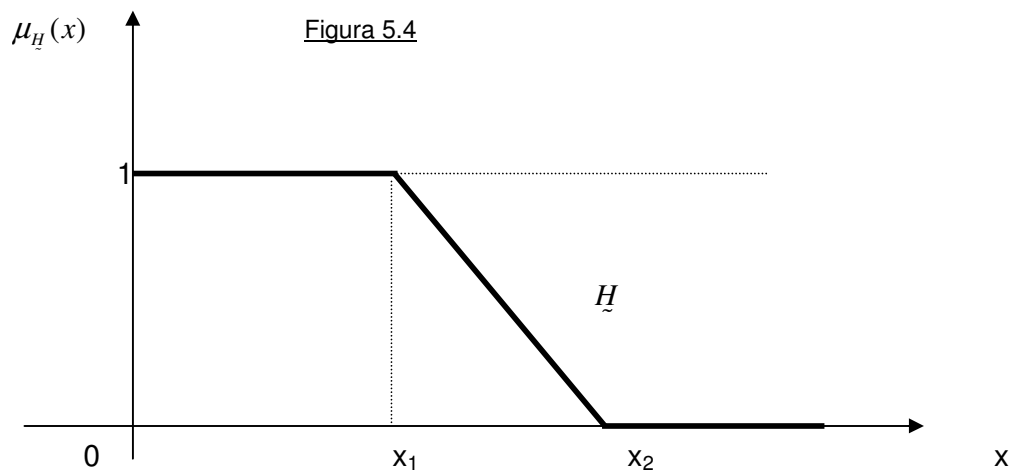
En aquest apartat, analitzarem un model de decisió a partir de la comparació de magnituds que s'expressen sota incertesa.

Considerem que tenim una restricció borrosa expressada per un subconjunt borrós \underline{H} de \square com el de la figura 5.4., i un objectiu borrós que es materialitza a través d'un número borrós triangular \underline{A} com el que representem a la figura 5.5.

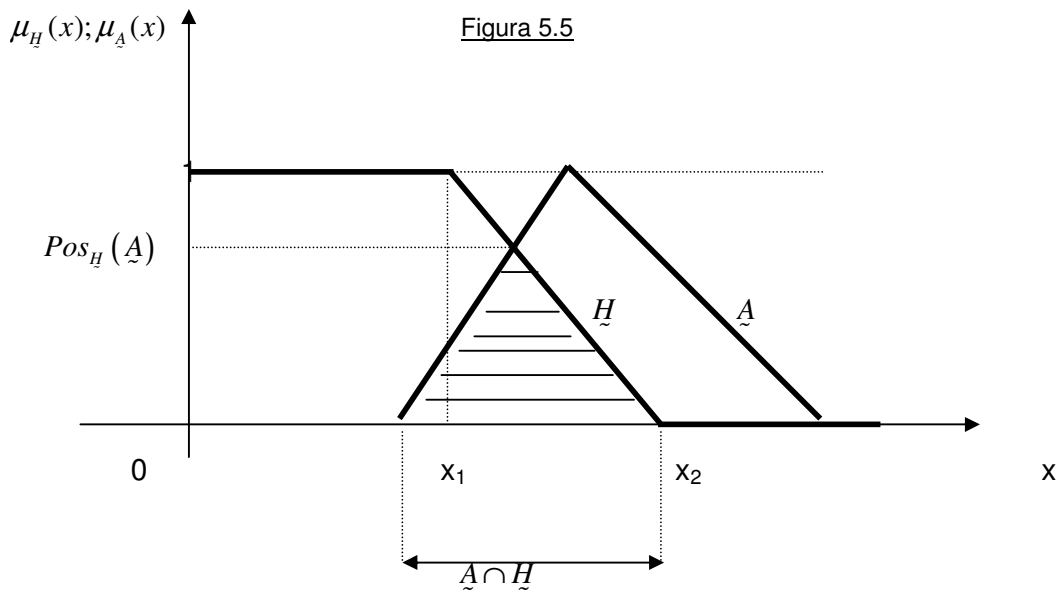
⁹ KAUFMANN, A. (1973): *Introduction a la théorie des sous-ensembles flous. Vol.I. Ed.Masson*

Per determinar la possibilitat que l'objectiu incert \underline{A} verifica la restricció \underline{H} utilitzarem habitualment la fórmula:

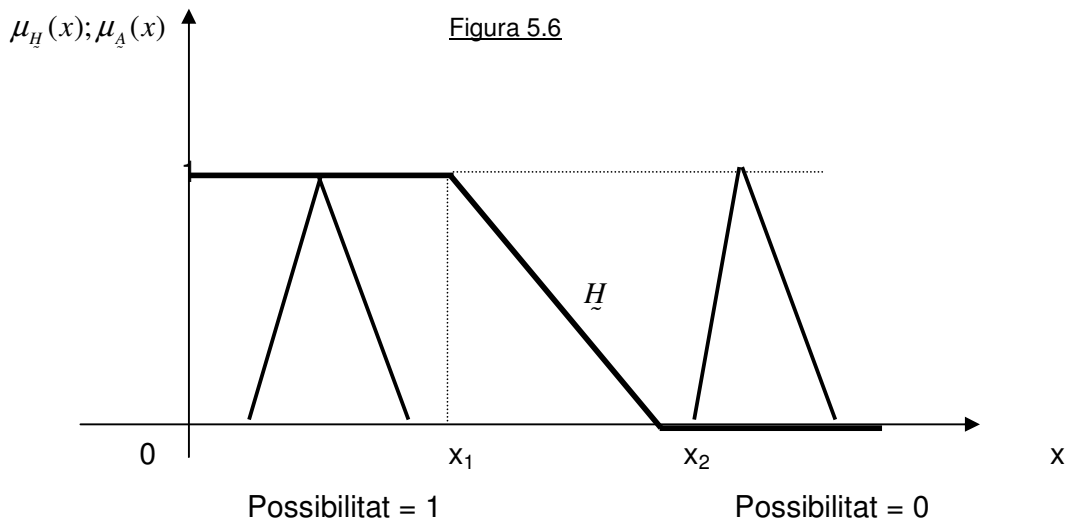
$$Pos_{\underline{H}}[\underline{A}] = \bigvee_{x \in \square} (\mu_{\underline{A}}(x) \wedge \mu_{\underline{H}}(x)) = \max_{x \in \square} [\mu_{\underline{A} \wedge \underline{H}}(x)] \quad (5.122)$$



Normalment, les restriccions són lleis de restricció pressupostària que tenen grau de possibilitat 1 fins a x_1 , van descendint de valor entre x_1 i x_2 , i a partir de x_2 tenen grau de possibilitat zero. Si afegim l'objectiu per assolir expressat com un número borrós triangular \underline{A} i volem comparar-lo respecte \underline{H} , ens fixarem en quina és la part comú, per la qual cosa caldrà que calculem la intersecció entre \underline{A} i \underline{H} i el màxim de la intersecció indicarà el valor $Pos_{\underline{H}}(\underline{A})$, que és el grau de possibilitat d'assolir l'objectiu \underline{A} condicionat per l'acompliment de la restricció \underline{H} .



Si el NBT \underline{A} estigués totalment dins de \underline{H} , la possibilitat seria total, és a dir, $Pos_H(\underline{A})=1$. En canvi, si el NBT \underline{A} estigués fora de \underline{H} , tindríem que $Pos_H(\underline{A})=0$.



També podem considerar el grau d'acompliment, o índex de consentiment de l'objectiu com a:

$$K(\underline{A}, \underline{H}) = \frac{\overset{\Delta}{A} \cap \underline{H}}{\overset{\Delta}{A}} \quad (5.123)$$

Essent el símbol Δ l'àrea.

5.10. Teoria de Grafos

5.10.1. Definició de Grafs

Un *graf* entre dos subconjunts A i B és un subconjunt G del producte cartesià $P = A \times B$, és a dir:

$$G \subseteq P = A \times B \quad (5.124)$$

El conjunt G i el seu complementari \bar{G} constitueixen una bipartició de P , és a dir, lògicament:

$$G \subset P \quad \text{i} \quad \bar{G} \subset P \quad (5.125)$$

de manera que:

$$G \cup \bar{G} = A \times B \quad G \cap \bar{G} = \emptyset \text{ són disjunts} \quad (5.126)$$

Si el parell (x, y) de $A \times B$ és $(x, y) \in G$ direm que x està relacionat amb y segons la relació definida pel graf G .

Exemple:

Sigui

$$A = \{a, b, c\}$$

$$B = \{\alpha, \beta, \gamma\}$$

Si efectuem el conjunt producte:

$$A \times B = \{(a, \alpha), (a, \beta), (a, \gamma), (b, \alpha), (b, \beta), (b, \gamma), (c, \alpha), (c, \beta), (c, \gamma)\}$$

Aleshores, un graf pot esser el conjunt $G = \{(a, \alpha), (a, \gamma), (b, \gamma), (c, \beta)\}$

Observem que existeix un graf complementari de G , que és el format per tots els elements de $A \times B$ que no pertanyen a G i que representem per \bar{G} :

$$\bar{G} = \{(a, \beta), (b, \alpha), (b, \beta), (c, \alpha), (c, \gamma)\}$$

Evidentment $G \cup \bar{G} = A \times B$ i $G \cap \bar{G} = \emptyset$. És a dir, s'observa que la intersecció és el conjunt buit ja que no hi ha cap parell de valors que siguin comuns, i al realitzar la unió s'observa que aquesta és $A \times B$.

5.10.2. Graf en el sentit de Berge

Són les relacions definides entre els elements d'un mateix conjunt A .

Formes de representar un graf.

Matricial: Matriu booleana. Consisteix en representar els elements de A com a files i columnes d'una matriu i col·locar un 1 al lloc corresponent si existeix relació entre els elements corresponents. Per exemple, si $A = \{a, b, c, d\}$, a la figura 5.7. representem en forma matricial el graf $G = \{(a, a), (a, b), (a, d), (b, c), (c, a), (c, d)\}$

Sagital . Consisteix en la representació dels elements de A sobre un pla, i unir amb una fletxa dirigida de a a b , si $(a,b) \in G$. A la figura 5.8. representem el mateix graf anterior en forma sagital.

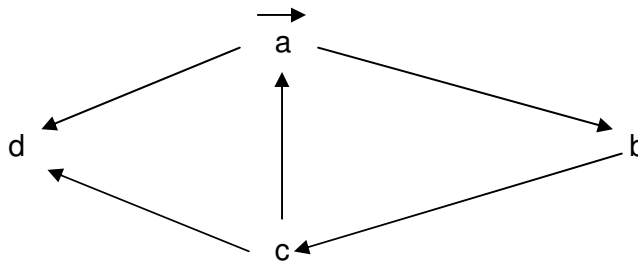
Figura 5.7

Graf matricial

	a	b	c	d
a	1	1		1
b			1	
c	1			1
d				

Figura 5.8

Graf sagital



5.10.3. Propietats dels grafes.

- Reflexiva

Cada element $a \in A$ està relacionat amb si mateix.

A nivell matricial la diagonal principal serà 1 i a nivell sagital tots el elements tindran un bucle.

$$(a,a) \in G \quad \forall a \in A \quad (5.127)$$

- Simètrica

Si existeix una relació de a a b , també existirà de b a a .

$$(a,b) \in G \Rightarrow (b,a) \in G \quad (5.128)$$

- Transitiva

Si existeix una relació de a a b i de b a c , també existirà de a a c .

$$(a,b) \in G \text{ i } (b,c) \in G \Rightarrow (a,c) \in G \quad (5.129)$$

D'entre les relacions definides a través de grafs, destaquem per la seva importància en els problemes de classificació:

- *Relació de semblança*: és una relació reflexiva i simètrica.
- *Relació de similitud o equivalència*: és una relació reflexiva, simètrica i transitiva.

Graf fortament connex: Des de qualsevol vèrtex del *graf* es pot anar a qualsevol altre vèrtex del mateix: sempre hi ha un camí d'anada i de tornada. En aquest cas, no podem, a priori, establir una escala de preferències, és a dir, no podem determinar quin és l'objectiu preferit.

Graf no fortament connex: No sempre existeix un vèrtex que em porti a qualsevol altre vèrtex del *graf*. En aquest cas, es realitza una descomposició en *subgrafs* que sí siguin fortament connexos, és a dir, farem una descomposició en classes d'equivalència i podrem realitzar un ordre de preferències entre les diferents classes d'equivalència.

Habitualment, aquest procés es realitza seguint el procediment de Malgrange, que consisteix en fer una descomposició del *graf* no fortament connex en

subgrafs fortament connexos, és a dir, en circuits, i, per tant, l'equivalència entre aquests elements del circuit. Per tot això cal recórrer al concepte matemàtic del tancament transitiu.

Amb el tancament transitiu es coneixen els camins d'anada. Per això es dona lectura a les files de la matriu booleana. Amb l'invers del tancament transitiu s'obtenen els camins de tornada. Per això es dona lectura a les columnes de la matriu booleana.

Per les nostres posteriors aplicacions basades en l'estudi dels efectes oblidats, necessitem mètodes per determinar l'existència de camins entre els elements d'un graf, és a dir, la possibilitat de transitar d'un element a un altre en relació al fenomen que estiguem estudiant. Això ho realitzarem a partir de l'estudi de la matriu booleana B del *graf* que estem estudiant. La matriu inicial ens indica l'existència d'un camí de longitud 0 (no existeix camí) o bé de longitud 1 (d'un arc). A partir d'aquí si realitzem les successives convolucions maximin amb la matriu B del graf obtindrem:

B

$B \circ B = B^2 \leftarrow$ Ens donarà l'existència de camins de longitud 2.

$B^2 \circ B = B^3 \leftarrow$ Ens donarà l'existència de camins de longitud 3.

.....

Aquest procediment continuarà fins que trobem una matriu B^{n+1} que sigui idèntica a una altra que ja s'hagi trobat anteriorment, i després determinarem la matriu B^* que conté tots els camins de diversa longitud entre els elements del conjunt: .

$$B^* = B \vee B^2 \vee B^3 \vee \dots \vee B^n \quad (5.130)$$

Finalment, realitzarem el recompte del número total de camins de diversa longitud a partir de l'obtenció de la suma:

$$B^+ = B + B^2 + B^3 + \dots + B^k \quad (5.131)$$

CAPÍTOL 6

TEORIA DELS EFECTES OBLIDATS

6.1. Introducció

Vivim en una societat en la que els canvis es produeixen de forma continuada i fluctuant en el temps, conformant els factors externs que incideixen a l'empresa de manera directa o indirecta. El marc de l'actuació empresarial ha anat adaptant-se a aquest nou punt de vista. L'última dècada del s.XX i els primers anys del s.XXI es caracteritzen per una liberalització creixent dels mercats, que guanyen en flexibilitat i dificulten les tècniques de gestió per la presa de decisions, ja que aquestes depenen de més factors i, a la vegada, aquests són més volàtils i interdependents entre si i lligats al comportament de les variables macroeconòmiques de l'economia global.

És important, doncs, conèixer bé els factors externs que poden influir en el sector objecte d'estudi a fi de tenir-los en compte per prendre decisions encertades. Per tant, serà necessari fer un recull d'una sèrie de variables que actuïn sobre una altre sèrie objecte del nostre interès. Qui fa aquest recull, però, és l'ésser humà el qual, per naturalesa, no és perfecte. Per tant, tot i l'existència de màquines que tracten la informació, el risc de l'oblit hi serà sempre present. I l'oblit, en relacions causa-efecte, pot arribar a provocar un fracàs empresarial.

El risc de l'oblit no sempre és de fàcil percepció, ja que pot ser amagat, darrere d'efectes d'una acumulació de causes. Aquests efectes oblidats, els quals són deguts a causes indirectes que no s'han considerat, normalment es manifesten

a mig i llarg termini, però, a vegades, apareixen de manera contrària a la inicialment desitjada pels interessos de l'empresa. És per això que és de vital importància detectar-los amb anterioritat per poder prendre *a priori* un conjunt de mesures adequades amb la finalitat de potenciar-les o d'evitar-les, depenent de la situació en la que ens trobem, per tal de millorar punts forts que despreciàvem o bé per evitar costos posteriors indesitjats.

És clar, però, que no podem pretendre una acceptació total de les xifres presentades quan es refereixen a incidències i a expectatives futures. Fins i tot els mateixos experts discrepen a vegades en les seves opinions sobre un mateix fenomen, i això és així pel fet de que els experts provenen de pensaments socio-econòmics diferents, i, sobretot, hem de tenir present que el que fem és valorar numèricament apreciacions diverses que es mouen sovint en l'àmbit de la subjectivitat, aquesta, però, fruit d'un treball i d'unes experiències prèvies.

6.2. Valoració de les incidències entre causes i efectes.

El concepte d'incidència està associada a la idea d'efecte d'un conjunt d'entitats (causes o mitjans) sobre un altre conjunt d'entitats (efectes o objectius). Així per exemple el temps calorós té una incidència favorable sobre la venda de gelats, i, en canvi, té una incidència desfavorable sobre la venda de jerseis de llana.

El concepte d'incidència es troba inherent en totes les accions de processos de decisió dels éssers vius, principalment en els àmbits econòmics i de gestió empresarial. Es tracta, doncs, d'una noció aparentment simple però que val la pena de ser analitzada sota un tractament científic ja que al formar part dels processos naturals de decisió de forma molt automàtica, provoca que, a vegades, es perdin etapes i s'oblidin conclusions que poden ser determinants amb una anàlisi més rigorosa de les situacions inicials.

La incidència en els àmbits de la gestió empresarial és una noció que normalment és subjectiva i, per tant, difícilment mesurable. En molts estudis s'hi apliquen probabilitats basades en dades freqüencials d'episodis del passat que ja són difícils de reproduir en les situacions que formen part del futur, i això fa que aquestes distribucions de probabilitat normalment no puguin ser justificades. Si les probabilitats són adequades per fer projeccions futures d'aquelles situacions més o menys estables, no ho poden ser en aquelles altres en què les situacions futures resten immerses a canvis continus i no sempre previsible amb certesa. La incertesa forma part de les situacions futures i aquesta incertesa pot ser valuada amb termes de possibilitats però serà difícil que ho pugui ser en termes de probabilitat.

Les eines matemàtiques que utilitzarem en el model que proposem en el capítol 12, en l'elaboració del procés per a la detecció de possibles efectes oblidats en les empreses promotores constructores, es basen en els algorismes de Kaufman i Gil Aluja referent als efectes oblidats que exposem a continuació. Explicarem les estructures matemàtiques del model així com les operacions necessàries que s'han de dur a terme.

Si tenim un conjunt $A = \{A_1, A_2, A_3, \dots, A_m\}$ que considerarem com un conjunt de causes, i d'altra banda observem un altre conjunt (que eventualment pot ser el mateix conjunt A) $B = \{B_1, B_2, B_3, \dots, B_n\}$ que considerarem com el conjunt dels possibles efectes, podem estimar la valoració que fa cada expert o grup d'experts del grau d'incidència directa valuat en l'interval $[0, 1]$, que té cada causa A_i respecte cadascun dels efectes B_j .

La introducció d'una valuació matisada entre 0 i 1 ens permetrà fer intervenir nivells de veritat en la noció d'incidència. Amb l'objectiu d'unificar i disposar per tant d'un criteri únic de valoració dels respectius graus d'incidència, establim prèviament una escala semàntica de caràcter endecanari (és a dir, formada per 11 valors) basada en la següent interpretació lingüística:

- 0 : sense incidència
- 0.1 : pràcticament sense incidència
- 0.2 : quasi sense incidència
- 0.3 : molt dèbil incidència
- 0.4 : dèbil incidència
- 0.5 : incidència intermèdia.
- 0.6 : incidència considerable.
- 0.7 : força incidència
- 0.8 : forta incidència
- 0.9 : molt forta incidència
- 1 : incidència plena.

Si aquesta interpretació provoca que no sigui suficientment entès el grau de matisació que diferencia cadascun dels valors, també resulta igualment vàlid per als nostres propòsits, que els experts realitzin el procés de valuació establint una correspondència semàntica que els permeti valorar el grau de veritat que atorguen a la següent proposició:

P : hi ha una incidència de A_i sobre B_j .

valorant aquest grau de veritat d'acord amb l'escala semàntica de caràcter endecanari següent:

- 0 : P és fals.
- 0.1 : P és pràcticament fals.
- 0.2 : P és quasi fals.
- 0.3 : P és bastant fals.
- 0.4 : P és més fals que vertader.
- 0.5 : P no és ni vertader ni fals.
- 0.6 : P és més vertader que fals.
- 0.7 : P és bastant vertader.
- 0.8 : P és quasi vertader.

0.9 : P és pràcticament vertader.

1 : P és vertader.

Aquest sistema de valuació que introdueix la matisació per valuar el grau de veritat d'una proposició s'anomena valuació borrosa, i té l'avantatge sobre la valuació clàssica de caràcter binari, precisament en el fet que la introducció de matisacions permet una millor adequació al reflex del nostre pensament i per tant la informació obtinguda ens dóna una visió més ajustada de la realitat que volem analitzar.

Una vegada realitzada la totalitat de les valuacions per part dels corresponents experts, disposarem d'una matriu de "m" files (tantes com elements tingui el conjunt de les causes) i de "n" columnes (tantes com elements tingui el conjunt dels efectes). Aquests tipus de matrius s'anomenen matrius d'una relació borrosa (per simplicitat les anomenem matrius borroses) i són la base de l'algorisme que seguirem per a la detecció de les causes i dels efectes de segona generació que detallem a l'apartat següent.

6.3. Algorisme per a la determinació dels efectes oblidats

Per a la detecció de les causes i els efectes oblidats, indirectes o de segona generació utilitzarem l'algorisme de Kaufmann i Gil Aluja¹⁰ sobre la determinació dels efectes oblidats.

Començarem acceptant que existeixen unes relacions directes de causa a efecte entre les accions sobre les que podem actuar i la seva repercussió en els possibles efectes que es poden assolir. Ara bé, l'actuació sobre una qualsevol de les diverses accions o causes considerades, incidirà, en diferents graus, sobre cadascun dels efectes.

¹⁰ KAUFMANN, A., GIL ALUJA, J. (1998): *Modelos para la investigación de efectos olvidados*. Ed. Milladoiro. Vigo.

Aquest grau d'incidència directa és la magnitud que haurà de ser valuada a través d'un grup d'experts a partir del procés d'expertatge corresponent, prèvia valoració per part de cada expert fruit del necessari exercici de reflexió que ha de conduir a un valor numèric de l'interval [0 , 1], amb la interpretació donada per l'escala endecanaria que s'ha assenyalat a l'apartat anterior.

És necessari, doncs, proposar aquest esquema a un grup d'experts, seguint la metodologia Fuzzy-Delphi per obtenir d'ells la seva opinió vers aquestes relacions, i, després de les corresponents discussions, arribar a un consens en la valuació de les seves sensacions per poder tractar conjuntament tota la informació i construir la matriu d'incidència que s'esmentava a l'apartat anterior.

Així doncs, tal com hem exposat, simbolitzem per:

$$A = \{A_1, A_2, A_3, \dots, A_m\}$$

al conjunt de les causes o accions sobre les que hi podrem influir; i per:

$$B = \{B_1, B_2, B_3, \dots, B_n\}$$

al corresponent conjunt d'efectes sobre els que, en menor o major grau poden influir d'una manera directa les causes anteriors. Tindrem que, després de realitzat el procés d'expertatge, es disposarà d'una matriu de valors (matriu borrosa) de "m" files i "n" columnes de la forma que expressem tot seguit:

$$C = \begin{matrix} & B_1 & B_2 & B_3 & \cdots & B_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & \cdots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & \cdots & c_{2n} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} & \cdots & c_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{m1} & c_{m2} & c_{m3} & \cdots & c_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (6.1)$$

on cada element $c_{ij} = v (A_i , B_j)$ és un valor numèric comprès en l'interval $[0,1]$ que indica el grau d'incidència que té la causa A_i sobre l'efecte B_j atenent a la interpretació lingüística de l'escala endecanària de l'apartat anterior.

A partir d'aquesta matriu borrosa s'han d'aconseguir clarificar les relacions directes de causa a efecte. Tot i això, si aturéssim aquí la nostra anàlisi, no hauríem pas arribat més lluny que amb qualsevol altra tècnica apta per ordenar relacions. Però el nostre objectiu final és un altre. Volem determinar quins efectes produeix una causa per ella mateixa i a través d'una altra relació efecte-causa, de manera que en tot efecte s'hi haurà acumulat el resultat d'una causa directa i el produït a través d'un camí indirecte (efecte secundari). Per aconseguir el nostre objectiu anem a seguir el procés que detallem tot seguit.

Construirem amb l'ajut dels experts tantes matrius com experts entrevistem, que simbolitzarem per $\tilde{A}^{(j)}$ en la que s'hi col·loquen com a files i columnes els elements del conjunt A de les causes que, com sabem, fan referència a les accions sobre les que caldrà intervenir per poder assolir els efectes desitjats.

Sol·licitem aleshores als experts que expressin la seva opinió sobre la incidència de cada causa sobre les demés (sobre ella mateixa la incidència serà plena i per tant igual a 1), de tal manera que en aquest cas podem considerar que cada concepte actuarà alhora de causa i efecte. La valuació es realitzarà novament pel sistema endecanari dins l'interval $[0 , 1]$. Quan reunim l'acord de la totalitat de les opinions obtenim tantes matrius borroses com experts hagin col·laborat en l'estudi com la següent:

$$\tilde{A}^{(j)} = \begin{matrix} & A_1 & A_2 & A_3 & \cdots & A_m \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2m} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & a_{3m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \cdots & a_{mm} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (6.2)$$

on l'element $a_{ij} = v (A_i , A_j)$ és, per tant, un valor numèric comprès entre 0 i 1 que ens indica el grau d'incidència directa que té A_i sobre A_j .

De manera similar, per cada expert "j" construïm una altra matriu quadrada, que simbolitzarem per $\underline{B}^{(j)}$, de manera que, en aquest cas, tant les files com les columnes representin els elements del conjunt B dels efectes. En aquesta matriu borrosa, l'element corresponent $b_{ij} = v (B_i , B_j)$ de la fila "i" i la columna "j" ens indica el grau d'incidència valuat en l'interval [0 , 1] que, segons l'opinió dels experts, té l'efecte B_i sobre l'efecte B_j . D'aquesta manera, tindrem per tant la matriu borrosa on s'expressaran les incidències directes del conjunt dels efectes sobre si mateix i que indicarem per:

$$\underline{B}^{(j)} = \begin{matrix} & \begin{matrix} B_1 & B_2 & B_3 & \dots & B_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ \vdots \\ B_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & \dots & b_{2n} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & \dots & b_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & b_{n3} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (6.3)$$

Per tal d'obtenir una nova matriu que ens informi de les incidències acumulades entre els elements del conjunt de les causes i els elements del conjunt dels efectes com a conseqüència de tenir en consideració, a més de les incidències directes de causa a efecte, les incidències de cada una de les causes sobre la resta així com la incidència de cadascun dels efectes sobre la resta, cal aconseguir disposar d'aquesta informació acumulada per la qual cosa s'ha de realitzar la convolució maximin (que representarem amb el símbol \circ) entre les tres matrius d'incidències directes $\underline{A} \circ \underline{C} \circ \underline{B}$ (causa-causa amb causa-efecte i efecte-efecte). D'aquesta forma disposarem d'una nova matriu borrosa \underline{R} on s'hi acumulen les incidències directes i indirectes (de primera i segona generació) entre els elements dels conjunts A i B.

Per comprendre el motiu pel qual en la matriu \underline{R} s'hi acumulen les incidències de primera i segona generació, es fa necessari explicar el mecanisme operatiu de la convolució maximin. Amb la finalitat de clarificar el conjunt de les operacions a realitzar, i, en virtut de la propietat associativa de la composició, farem l'operació en dues etapes abans d'arribar al resultat final.

Començarem en primer lloc realitzant la composició $\underline{D} = \underline{A} \circ \underline{C}$. Aquesta matriu ha de tenir "m" files (tantes com causes) i "n" columnes (tantes com efectes). L'element corresponent de la fila "i" i columna "j", que notarem, com és habitual, per d_{ij} , es determina considerant tots els elements de la fila "i" de la matriu \underline{A} i tots els elements de la columna "j" de la matriu \underline{C} , i operant a partir de la fórmula següent:

$$d_{ij} = \text{màx} [\text{mín}\{a_{i1}, c_{1j}\}, \text{mín}\{a_{i2}, c_{2j}\}, \text{mín}\{a_{i3}, c_{3j}\}, \dots, \text{mín}\{a_{im}, c_{mj}\}] \quad (6.4)$$

És a dir, per obtenir l'element d_{ij} cal prendre el valor màxim dels "m" valors que s'obtenen al prendre el mínim entre a_{ik} i c_{kj} (per cada subíndex k que estigui entre 1 i m). Del fet d'haver de prendre el màxim d'un conjunt de mínims es justifica el fet que l'operació s'anomeni la convolució maximin.

Una vegada determinada la matriu borrosa $\underline{D} = \underline{A} \circ \underline{C}$, completem el procés de càlcul realitzant la convolució:

$$\underline{R} = \underline{D} \circ \underline{B} = \underline{A} \circ \underline{C} \circ \underline{B} \quad (6.5)$$

que cal efectuar per aplicació de la mateixa fórmula anterior. D'aquesta forma, la matriu resultant \underline{R} té "m" files (tantes com causes) i "n" columnes (tantes com efectes), i l'element corresponent r_{ij} de la fila "i" i la columna "j" es determina fent:

$$r_{ij} = \text{màx} [\text{mín}\{d_{i1}, b_{1j}\}, \text{mín}\{d_{i2}, b_{2j}\}, \text{mín}\{d_{i3}, b_{3j}\}, \dots, \text{mín}\{d_{in}, b_{nj}\}] \quad (6.6)$$

Com és evident, quan el número de causes i d'efectes és relativament elevat, els càlculs manuals resulten massa feixucs i amb facilitat a l'error. Aleshores és convenient disposar del programa informàtic que permeti dur a terme els càlculs indicats per l'algorisme de manera automàtica.

6.4. Interpretació dels resultats.

Com hem dit, la matriu resultant \underline{R} conté les incidències acumulades de primera i segona generació dels elements de A sobre els elements de B.

Ara bé, per aïllar únicament les incidències de segona generació, que és el que nosaltres anomenem la detecció dels efectes oblidats, es fa necessari arbitrar un procediment que, d'alguna manera, permeti separar de les incidències acumulades que apareixen en la matriu \underline{R} , les incidències directes que venen donades a través de la matriu original \underline{C} . Hi ha diversos procediments que podem utilitzar per aconseguir aquest objectiu. La forma més simple, i que considerem molt adequada per l'estudi que plantegem en el capítol 12, consisteix en realitzar la diferència algebraica de matrius $\underline{R} - \underline{C}$ que, com és sabut, s'obté restant cada terme de la primera matriu amb el seu corresponent terme de la segona matriu. D'aquesta forma, obtenim la matriu borrosa \underline{S} de les incidències indirectes, que representem com segueix:

$$\underline{S} = \begin{matrix} & \begin{matrix} B_1 & B_2 & B_3 & \dots & B_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & s_{23} & \dots & s_{2n} \\ s_{31} & s_{32} & s_{33} & \dots & s_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{m1} & s_{m2} & s_{m3} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (6.7)$$

on l'element s_{ij} corresponent a la fila "i" i a la columna "j" l'obtenim a partir de:

$$s_{ij} = r_{ij} - c_{ij} \quad (6.8)$$

Aquesta matriu posa al descobert únicament els efectes de segona generació. Per interpretar adequadament el resultat, el que cal fer és observar els valors més alts d'aquesta matriu. Les mitjanes dels intervals que siguin superiors o igual a 0.7, ens indicaran que la causa de la fila corresponent té una incidència indirecte en l'efecte de la columna que correspongui. La incidència indirecta es deu a que la causa original incideix d'alguna manera sobre alguna altra causa que influeix de forma directa sobre algun altre efecte que, alhora, influencia sobre l'efecte que nosaltres estem considerant.

El grau en què es doni la incidència indirecta l'hem d'interpretar d'acord amb l'equivalència lingüística anteriorment esmentada a l'apartat 6.2.

Aquestes relacions indirectes de causa a efecte, que anomenem els efectes oblidats, no haurien estat tingudes inicialment en compte per part dels experts consultats o bé els haurien considerat molt febles. D'aquesta forma, surten al descobert i poden ser tingudes en consideració en el moment en què hàgim d'afrontar un procés de decisió, com el que treballem a la tercera part de la tesi.

CAPÍTOL 7

TÈCNIQUES D'ANÀLISI A TRAVÉS D'EXPERTS

7.1. La valuació a través d'experts

En els estudis que es porten a terme en l'àmbit econòmic, no és susceptible de prendre decisions a partir de dades totalment objectives. Llavors, ens és necessari la col·laboració d'experts a partir de la manifestació de la seva opinió, entesa aquesta opinió com una valuació d'un fet concret, però no com una decisió; encara que l'opinió dels experts ens podrà servir de base a l'hora de determinar les decisions que s'hauran de prendre en un futur.

No hem d'identificar l'expert com un especialista en una matèria determinada, sinó com una persona o grup de persones, que per les característiques que reuneix, té la capacitat reconeguda pel decisor per emetre el seu judici subjectiu respecte a una qüestió plantejada.

Treure profit de forma adequada de l'opinió expressada per diversos experts no és una tasca simple, cal tractar-la i analitzar-la amb la finalitat de no perdre'n informació.

No s'ha de confondre el concepte d'avaluació amb el de valuació. Anomenem avaluació a l'associació d'un valor numèric, que pot ser positiu, negatiu o nul, a un objecte concret o abstracte, realitzada per un expert, mentre que, seguint als professors Kaufmann i Gil Aluja¹¹, valuació és l'expressió d'un nivell de veritat.

¹¹ KAUFMANN, A., GIL ALUJA, J. (1992): Técnicas de gestión de empresas: Previsiones, decisiones y estrategias. Ed. Pirámide. Madrid

El resultat del procés de valuació és, doncs, l'emissió per part de l'expert d'una dada subjectiva associada a l'àmbit de la possibilitat i de la incertesa. Els resultats de les valuacions, com a estimacions numèriques subjectives, poden donar-se de diferents formes en funció de les necessitats i característiques de les situacions concretes a valorar.

En relació a les diverses escales d'interpretació, nosaltres hem escollit l'escala endecanària que hem especificat en el capítol anterior i que ens matisarà el grau d'acord d'un expert en relació a una determinada situació. El motiu de perquè hem escollit aquesta escala és, fonamentalment, per disposar d'una gradació adequada de valors sense caure en l'excés de matisació que implicaria un defecte d'operativitat en la valuació.

7.2. Subconjunt aleatori borrós.

Un subconjunt aleatori borrós \hat{A} d'un referencial E és un conjunt de parelles ordenades

$$\hat{A} = \{(x, \mu_{\hat{A}}(x)) / x \in E\}$$

on per cada $x \in E$, $\mu_{\hat{A}}(x)$ és una variable aleatòria en l'interval $[0,1]$.

Per simplificar-ho, suposarem que el referencial E és finit, i que, per cada x , la variable aleatòria $\mu_{\hat{A}}(x)$ prendrà un número finit de valors dins l'interval $[0,1]$.

Llavors, en un subconjunt aleatori borrós, disposarem per cada $x \in E$, d'una variable aleatòria $\mu_{\hat{A}}(x)$, que tindrà associada la seva funció de densitat de probabilitat:

$$f_x(\alpha) = \text{prob}[\mu_{\hat{A}}(x) = \alpha] \quad \alpha \in [0,1] \quad (7.1)$$

així com la seva funció de distribució de probabilitat:

$$F_x(\alpha) = \text{prob}[\mu_{\hat{A}}(x) \leq \alpha] = \sum_{\alpha' \leq \alpha} f_x(\alpha') \quad (7.2)$$

i la seva funció de distribució estricta de probabilitat:

$$C_x(\alpha) = \text{prob}[\mu_{\hat{A}}(x) < \alpha] = \sum_{\alpha' < \alpha} f_x(\alpha') \quad (7.3)$$

Ens basarem en aquesta última funció per introduir el concepte d'expertó, que definirem formalment a l'apartat següent.

7.3. L' Expertó

7.3.1. Concepte

Qui va introduir el concepte d'expertó va ser el professor Kaufmann¹², i va ser desenvolupat teòricament pel mateix autor i el professor Gil Aluja¹³. L'objectiu d'aquesta tècnica matemàtica de la incertesa és agregar un grup d'opinions quan varis experts intervenen en una estimació. Aquesta tècnica manté el global de la informació aportada pels diversos experts.

El concepte d'expertó sorgeix a partir d'un agregat de les opinions de diversos experts, respecte d'una característica imprecisa, expressades a través de subconjunts Φ -borrosos. Considerem doncs un conjunt Ω format per una característica imprecisa $\omega(\Omega = \{\omega\})$, que és valuada per un grup de "m" experts $E_1, E_2, E_3, \dots, E_m$ a través d'un interval de confiança en $[0,1]$ d'acord amb la interpretació de l'escala endecadària, on 0 correspon a fals, 1 correspon a vertader, 0'5 a una indecisió (ni vertader ni fals) i $[0,1]$ a una negativa a

¹² KAUFMANN, A. (1987) : *Les expertons*. Ed. Hermes.Paris.

¹³ KAUFMANN,A., GIL ALUJA, J. (1993): *Técnicas especiales para la gestión de expertos*.Ed. Milladoiro. Santiago de Compostela.

decidir. D'aquesta manera podem interpretar que l'opinió de cada expert ve determinada a través d'un subconjunt Φ -borros de Ω .

Com que Ω té un sol element, podem entendre també el conjunt de les valuacions com un subconjunt Φ -borros del conjunt dels experts $E = \{E_1, E_2, E_3, \dots, E_m\}$ on l'interval de pertinença de cada expert és l'interval de confiança resultat de la valuació d'aquest expert. Així, si considerem que $[a_i, b_i] \subseteq [0, 1]$ ($i = 1, 2, 3, \dots, m$) és la valuació expressada per E_i respecte de ω , prenent conjuntament totes les valuacions podem construir la següent parella de subconjunts aleatoris borrosos sobre $\Omega = \{\omega\}$:

$$\hat{A} = \{(\omega, \mu_{\hat{A}}(\omega))\} \quad \text{i} \quad \hat{B} = \{(\omega, \mu_{\hat{B}}(\omega))\} \quad (7.4)$$

essent $\mu_{\hat{A}}(\omega)$ i $\mu_{\hat{B}}(\omega)$ variables aleatòries sobre

$$I = \{0, 0'1, 0'2, 0'3, 0'4, 0'5, 0'6, 0'7, 0'8, 0'9, 1\} \subseteq [0, 1]$$

que tenen respectivament les següents funcions de densitat de probabilitat:

$$\text{prob}[\mu_{\hat{A}}(\omega) = \alpha] = p_{\alpha} \quad \text{i} \quad \text{prob}[\mu_{\hat{B}}(\omega) = \alpha] = p_{\alpha}^* \quad (7.5)$$

on p_{α} i p_{α}^* són les freqüències relatives del valor α en els límits inferiors i en els límits superiors respectivament de les valuacions realitzades a través dels intervals de confiança $[a_i, b_i]$ indicats pels experts. És a dir:

$$p_{\alpha} = \frac{1}{m} \cdot \text{card}\{a_i / a_i = \alpha, i = 1, 2, 3, \dots, m\} \quad (7.6)$$

$$p_{\alpha}^* = \frac{1}{m} \cdot \text{card}\{b_i / b_i = \alpha, i = 1, 2, 3, \dots, m\} \quad (7.7)$$

Si a partir d'aquestes funcions de densitat de probabilitat considerem les respectives funcions de distribució estrictes:

$$C(\alpha) = \text{prob}[\mu_{\hat{A}}(\omega) < \alpha] = \sum_{\alpha' < \alpha} p_{\alpha'} \quad (7.8)$$

$$C^*(\alpha) = \text{prob}[\mu_{\hat{B}}(\omega) < \alpha] = \sum_{\alpha' < \alpha} p_{\alpha'}^*$$

definim el concepte d'expertó a partir de la consideració de les funcions complementàries $1-C(\alpha)$ i $1-C^*(\alpha)$, de la manera que indicarem en el següent subapartat 7.3.2.

7.3.2. Definició d'Expertó

Sigui $\Omega = \{\omega\}$ el conjunt format per una característica imprecisa que és valuada per un grup de "m" experts a través dels respectius intervals de confiança $[a_1, b_1], [a_2, b_2], \dots, [a_m, b_m]$.

Considerant la parella de subconjunts aleatoris borrosos $\hat{A} = \{(\omega, \mu_{\hat{A}}(\omega))\}$ i $\hat{B} = \{(\omega, \mu_{\hat{B}}(\omega))\}$ amb funcions de distribució estricta de probabilitat $C(\alpha) = \text{prob}[\mu_{\hat{A}}(\omega) < \alpha] = \sum_{\alpha' < \alpha} p_{\alpha'}$ i $C^*(\alpha) = \text{prob}[\mu_{\hat{B}}(\omega) < \alpha] = \sum_{\alpha' < \alpha} p_{\alpha'}^*$,

anomenem expertó en Ω induït pels m experts, a l'aplicació:

$$\begin{aligned} T_{\tilde{\tau}} : I \subseteq [0,1] &\rightarrow [0,1] \times [0,1] \\ \alpha &\rightarrow T_{\tilde{\tau}}(\alpha) = [1 - C(\alpha), 1 - C^*(\alpha)] \end{aligned} \quad (7.9)$$

Observem doncs que el concepte d'expertó apareix a partir de les funcions de distribució estricta de probabilitat d'una parella de subconjunts aleatoris borrosos.

En el cas particular que es disposi de la opinió d'un sol expert tindrem un únic interval de confiança associat també a un expertó. És per això que un interval de confiança pot ser considerat com un cas particular d'expertó.

Si les valuacions dels experts venen expressades a través d'un subconjunt borrós enlloc d'un subconjunt Φ -borrós, tindrem que $a_i = b_i \quad \forall i = 1, 2, \dots, m$, i per tant $C(\alpha) = C^*(\alpha)$, amb el que l'expertó es redueix en aquest cas a una aplicació:

$$\begin{aligned} T_{\bar{\cdot}}: I \subseteq [0,1] &\rightarrow [0,1] & (7.10) \\ \alpha &\rightarrow T_{\bar{\cdot}}(\alpha) = 1 - C(\alpha) \end{aligned}$$

per la qual cosa, podem identificar l'expertó amb el subconjunt aleatori borrós que té a $C(\alpha)$ per funció de distribució estricta de probabilitat.

Si considerem un conjunt a valuar format per diversos elements que representen característiques imprecises $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$, aleshores, seguint el mateix procés, disposarem per cada característica ω_i d'un expertó, que considerats conjuntament determinen un parell de subconjunts aleatoris borrosos en Ω .

7.4. Exemple de construcció d'un Expertó.

Anem a mostrar la construcció pràctica d'un expertó amb l'objectiu de clarificar la formalització teòrica de l'expertó de l'apartat anterior.

Es demana que cinc experts estimin el benefici final de l'exercici d'una empresa, que creiem estarà amb total seguretat a l'interval $B = [200,500]$.

Cada un dels cinc experts expressarà individualment la seva opinió a partir d'una valuació que realitzarà indicant un valor o interval de confiança que caldrà que intreprèti d'acord amb l'escala endecanària:

0 : 200	0.6 : més a prop de 500 que de 200
0.1 : pràcticament 200	0.7 : proper a 500
0.2 : quasi 200	0.8 : quasi 500
0.3 : proper a 200	0.9 : pràcticament 500
0.4 : més proper a 200 que a 500	1 : 500
0.5 : tan a prop de 200 com de 500	

Quan l'opinió de l'expert és propera a zero, significarà que es decanta per l'extrem inferior, i quan és propera a la unitat es decantarà per l'extrem superior.

Suposem que els experts ens proporcionen les següents valuacions,

E1 : [0.3,0.3]

E2 : [0.6,0.7]

E3 : [0.8,0.9]

E4 : [0.6,0.6]

E5 : [1,1]

Anem a elaborar una estadística :

1er.- Construïm una taula que reculli les freqüències absolutes o nombre de vegades que s'ha emès una mateixa valuació per l'extrem inferior i per l'extrem superior.

Taula 7.1.

0	0	0
0,1	0	0
0,2	0	0
0,3	1	1
0,4	0	0
0,5	0	0
0,6	2	1
0,7	0	1
0,8	1	0
0,9	0	1
1	1	1

2on.- Normalització de les dades de la taula de freqüències absolutes per arribar a la taula de freqüències relatives. Freqüències absolutes/ n° d'experts

Taula 7.2.

α	p_{α}	p_{α}^*
0	0/5	0/5
0,1	0/5	0/5
0,2	0/5	0/5
0,3	1/5	1/5
0,4	0/5	0/5
0,5	0/5	0/5
0,6	2/5	1/5
0,7	0/5	1/5
0,8	1/5	0/5
0,9	0/5	1/5
1	1/5	1/5

3er.- Les freqüències relatives de la Taula 7.2. s'interpreten com els valors d'una funció de densitat de probabilitat, d'on obtenim les funcions de distribució estricta C_α i C_α^*

Taula 7.3.

α	$C(\alpha)$	$C^*(\alpha)$
0	0	0
0,1	0	0
0,2	0	0
0,3	0	0
0,4	0.2	0.2
0,5	0.2	0.2
0,6	0.2	0.2
0,7	0.6	0.4
0,8	0.6	0.6
0,9	0.8	0.6
1	0.8	0.8

4art. A partir de la taula 7.3. aribem a l'obtenció de l'expertó $T_{\tilde{\tau}}$

Taula 7.4.

α	$a(\alpha)=1-C(\alpha)$	$b(\alpha)=1-C^*(\alpha)$
0	1	1
0.1	1	1
0.2	1	1
0.3	1	1
0.4	0.8	0.8
0.5	0.8	0.8
0.6	0.8	0.8
0.7	0.4	0.6
0.8	0.4	0.4
0.9	0.2	0.4
1	0.2	0.2

L'expertó recull tota la informació nivell a nivell, des de 1 a 0 del sistema endecanari. En el nostre cas pràctic observem que el pitjor dels casos és que es doni un nivell de beneficis 200 u.m. i el millor que sigui de 500 u.m. En el nivell 0 sempre obtindrem la unitat, ja que tots els experts opinen que el nivell mínim de beneficis serà de 200 u.m. En aquest cas pocs experts han emès que el nivell màxim de beneficis sigui de 500 u.m., ja que el nivell 1 obtenim un grau d'acord de 0.2.

Propietats dels expertons

En tot expertó, és comprova que si $a(\alpha) = 1 - C(\alpha)$ i $b(\alpha) = 1 - C^*(\alpha)$, es verifiquen les propietats següents:

- Monotonia creixent horitzontal no estricta.

$$\forall \alpha \in [0,1] \quad a(\alpha) \leq b(\alpha) \quad (7.11)$$

l'extrem inferior sempre serà igual o més petit que l'extrem superior, nivell a nivell i mirat horitzontalment.

- Monotonia creixent vertical no estricta.

$$\forall \alpha, \alpha' \in [0,1]$$

$$\alpha < \alpha' \Rightarrow a(\alpha) \geq a(\alpha') \text{ i } b(\alpha) \geq b(\alpha') \quad (7.12)$$

- A nivell 0 sempre es tindrà la unitat, tant per l'extrem inferior com per l'extrem superior.

$$\alpha = 0 \Rightarrow a(0) = 1; \quad b(0) = 1 \quad (7.13)$$

7.5. Operacions amb expertons

7.5.1. Minimització [\wedge ("i")]

Donats dos expertons

$$T_1 = \{(\alpha, [a_1(\alpha), b_1(\alpha)]), \alpha \in [0, 1]\}$$

$$T_2 = \{(\alpha, [a_2(\alpha), b_2(\alpha)]), \alpha \in [0, 1]\}$$

anomenarem expertó mínim de T_1 i T_2 representat per $T_1 \wedge T_2$ a l'expertó T definit per:

$$T = \{(\alpha, [a(\alpha), b(\alpha)] = [a_1(\alpha) \wedge a_2(\alpha), b_1(\alpha) \wedge b_2(\alpha)]), \alpha \in [0, 1]\}$$

Es comprova que l'operació de minimització compleix les següents propietats:

- Commutativa

$$T_1 \wedge T_2 = T_2 \wedge T_1 \quad (7.14)$$

- Associativa

$$(T_1 \wedge T_2) \wedge T_3 = T_1 \wedge (T_2 \wedge T_3) \quad (7.15)$$

- Idempotència

$$T \wedge T = T \quad (7.16)$$

- Absorció

$$T_{\tilde{Q}}(\wedge)Q = Q \quad (7.17)$$

essent Q l'expertó que resulta quan tots els experts opinen $0 = [0,0]$ (fals) respecte de la característica imprecisa.

- Element neutre

$$T_{\tilde{U}}(\wedge)U = U \quad (7.18)$$

essent U l'expertó que resulta quan tots els experts opinen $1 = [1,1]$ (vertader) respecte de la característica imprecisa.

7.5.2. Maximització [\vee ("i/o")]

Donats dos expertons

$$T_{\tilde{1}} = \{(\alpha, [a_1(\alpha), b_1(\alpha)]), \alpha \in [0,1]\}$$

$$T_{\tilde{2}} = \{(\alpha, [a_2(\alpha), b_2(\alpha)]), \alpha \in [0,1]\}$$

anomenarem expertó màxim de $T_{\tilde{1}}$ i $T_{\tilde{2}}$ representat per $T_{\tilde{1}}(\vee)T_{\tilde{2}}$ a l'expertó $T_{\tilde{}}$ definit per:

$$T_{\tilde{}} = \{(\alpha, [a(\alpha), b(\alpha)] = [a_1(\alpha) \vee a_2(\alpha), b_1(\alpha) \vee b_2(\alpha)]), \alpha \in [0,1]\}$$

Es comprova que l'operació de maximització compleix les següents propietats:

- Commutativa

$$T_1(\vee)T_2 = T_2(\vee)T_1 \quad (7.19)$$

- Associativa

$$(T_1(\vee)T_2)(\vee)T_3 = T_1(\vee)(T_2(\vee)T_3) \quad (7.20)$$

- Idempotència

$$T(\vee)T = T \quad (7.21)$$

- Element neutre

$$T(\vee)Q = T \quad (7.22)$$

- Absorció

$$T(\vee)U = U \quad (7.23)$$

7.6. Esperança matemàtica de l' expertó.

Trobar l'esperança matemàtica d'un expertó ens permetrà reduir a un sol interval de confiança l'agregat d'opinions del conjunt d'experts que conté l'expertó.

Considerem un expertó $T = \{(\alpha, [a(\alpha), b(\alpha)]), \alpha \in [0, 1]\}$.

Anomenarem esperança matemàtica de l'expertó $T_{\tilde{\tau}}$ i ho representarem per $E(T_{\tilde{\tau}})$ a l'interval de confiança en $[0,1]$ següent:

$$E[T_{\tilde{\tau}}] = \frac{1}{10} \left[\sum_{\alpha \in I^*} a(\alpha), \sum_{\alpha \in I^*} b(\alpha) \right] \quad (7.24)$$

on $I^* = I - \{0\} = \{0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1\}$

En l'exemple desenvolupat en l'apartat 7.4., la seva esperança matemàtica seria :

$$E(T_{\tilde{\tau}}) = 1/10 \cdot [1+1+1+.8+.8+.8+.4+.4+.2+.2, 1+1+1+.8+.8+.8+.6+.4+.4+.2] = [0.66, 0.7]$$

Amb el càlcul d'aquest interval, podrem ordenar els expertons comparant les seves respectives esperances a partir de la comparació entre intervals de confiança.

L'esperança matemàtica dels expertons verifica les següents propietats:

- $E[T_{\tilde{\tau}_1} (\wedge) T_{\tilde{\tau}_2}] \leq E[T_{\tilde{\tau}_1}] (\wedge) E[T_{\tilde{\tau}_2}] \quad (7.25)$

- $E[T_{\tilde{\tau}_1} (\vee) T_{\tilde{\tau}_2}] \geq E[T_{\tilde{\tau}_1}] (\vee) E[T_{\tilde{\tau}_2}] \quad (7.26)$

- $E[T_{\tilde{\tau}}'] \geq 1(-) E[T_{\tilde{\tau}}] \quad (7.27)$

Per últim direm que quan en un estudi es considera oportú donar una importància diferent a l'opinió dels diversos experts, caldrà tenir-ho en compte a l'hora de construir l'expertó, donant una ponderació p_1, p_2, \dots, p_m (essent $\sum p_i = 1$) assignades als experts E_1, E_2, \dots, E_m .

7.7. Distància entre expertons.

La distància entre expertons s'utilitza per valorar la diferència d'opinió de dos grups d'experts respecte d'una mateixa característica.

Distància de Hamming i distància relativa de Hamming entre expertons:

Donats dos expertons:

$$\underline{T}_1 = \{(\alpha, [a_1(\alpha), b_1(\alpha)]), \alpha \in [0, 1]\} \text{ i } \underline{T}_2 = \{(\alpha, [a_2(\alpha), b_2(\alpha)]), \alpha \in [0, 1]\}$$

s'anomena distància de Hamming entre \underline{T}_1 i \underline{T}_2 , i ho representem per $d_H(\underline{T}_1, \underline{T}_2)$ al valor:

$$d_H(\underline{T}_1, \underline{T}_2) = \frac{1}{2} \left[\sum_{\alpha \in I^*} |a_1(\alpha) - a_2(\alpha)| + \sum_{\alpha \in I^*} |b_1(\alpha) - b_2(\alpha)| \right] \quad (7.28)$$

Si el que volem és obtenir el valor de la distància acotat entre 0 i 1, utilitzarem el concepte de distància relativa de Hamming entre expertons, que representem per $\delta(\underline{T}_1, \underline{T}_2)$, i es defineix a través de l'expressió

$\delta(\underline{T}_1, \underline{T}_2) = \left(\frac{1}{10}\right) d_H(\underline{T}_1, \underline{T}_2)$. És a dir,

$$\delta(\underline{T}_1, \underline{T}_2) = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{10} \sum_{\alpha \in [0, 1]} |a_1(\alpha) - a_2(\alpha)| + \frac{1}{10} \sum_{\alpha \in [0, 1]} |b_1(\alpha) - b_2(\alpha)| \right] \quad (7.29)$$

Observem que enlloc de dividir per 11 com sembla que hauria de ser per l'escala endecadària, dividim per 10, això és així perquè no tenim en compte el nivell $\alpha = 0$ de l'expertó ja que $a_1(\alpha) = a_2(\alpha) = b_1(\alpha) = b_2(\alpha) = 1$.

Per últim direm que la distància entre els expertons no coincideix amb la distància entre les seves esperances matemàtiques. És per això que normalment operem amb la totalitat de la informació que contenen els expertons i que s'utilitza l'esperança matemàtica només per establir comparacions.

7.8. El contraexpertatge

7.8.1. Objectius del contraexpertatge.

Els objectius del contraexpertatge són els següents:

- a) Consolidar l'opinió agregada dels experts per reduir al màxim possible la subjectivitat inherent a tot procés de decisió en incertesa
- b) Reduir la incertesa.

7.8.2. Mètodes de contraexpertatge

Primer mètode

- a) Ens donen les opinions de diferents grups d'experts, cada grup és independent, sobre un mateix fenomen.
- b) Calculem l'expertó de cada grup d'experts i la seva corresponent esperança matemàtica.
- c) Comparem els diferents grups d'experts a través de la distància entre els expertons, o bé entre les seves esperances matemàtiques.

Segon mètode

- a) Ens donen l'opinió representativa d'un grup d'experts amb esperança $[e_1, e_2]$.
- b) Un segon grup, independent del primer, emetrà la seva opinió a través d'una escala endecanaria amb la interpretació lingüística següent:

0 : e_1	0.6 : més aprop de e_2 que de e_1
0.1 : pràcticament e_1	0.7 : proper a e_2
0.2 : quasi e_1	0.8 : quasi e_2
0.3 : proper a e_1	0.9 : pràcticament e_2
0.4 : més proper a e_1 que de e_2	1 : e_2
0.5 : tan aprop de e_1 com de e_2	

Representem l'opinió expressada per un expert "i" del segon grup (contraexpert "i") a través de l'interval $[\alpha_1^i, \alpha_2^i]$.

- c) Per a cada contraexpert "i" del segon grup farem:

$$[\alpha_1^i, \alpha_2^i] = [e_1 + (e_2 - e_1) \cdot \alpha_1^i, e_1 + (e_2 - e_1) \cdot \alpha_2^i]$$

- d) Calculem l'interval \bar{n} , essent:

$$\bar{n} = [\sum \alpha_1^i / n^{\circ} \text{ contraexperts}, \sum \alpha_2^i / n^{\circ} \text{ contraexperts}]$$

- e) Comparem $[e_1, e_2]$ i \bar{n} i observem si l'opinió representativa inicial donada per l'interval $[e_1, e_2]$ queda consolidada i s'ha reduït la incertesa. Una forma equivalent d'obtenir l'interval \bar{n} és la següent:

$$e_1 + (e_2 - e_1) \left(\frac{\sum \alpha_1^i / n^{\circ} \text{ contraexperts}}{\sum \alpha_2^i / n^{\circ} \text{ contraexperts}} \right)$$

CAPÍTOL 8

ANÀLISI D'INFERÈNCIES A TRAVÉS DE LA LòGICA BORROSA

8.1. Introducció

La lògica clàssica és bivalent i la fonamenta el *principi de bivalència* (PB) “tota proposició és veritable o falsa”. Aquest principi es sustenta en el *principi de no contradicció*, “una proposició no pot ser veritable i falsa a la vegada” i en el *principi del terç exclòs*, “la disjunció p o no p és sempre veritable”. En el llenguatge de la lògica estàndard només el PB pot considerar-se com un autèntic principi.

El llenguatge com a propagador de coneixements i amb ell la paraula com a eina subsidiària de comunicació, s'esforça en refinar l'universal a fi d'expressar les representacions enclaustrades en el nostre interior desvetllant-les i fent-les útils a la societat. Una mostra d'aquest refinament troba el seu paradigma en la precisió de les matemàtiques les quals deuen el seu èxit majoritàriament als esforços d'Aristòtil i als filòsofs que el precediren. En el seu afany de projectar una teoria de la lògica útil per a les matemàtiques, van ser proposades les anomenades “Lleis del Pensament” amb la coneguda llei del terç exclòs, la que afirma que cada proposició ha de ser o vertadera o falsa. Quan Parmènides va proposar la primera versió d'aquesta llei (uns 400 anys a.C.), ja hi va haver una forta oposició. Heràclit, per exemple, va proposar que les coses podrien ser simultàniament veritables i no veritables. Plató indicava que hi havia una tercera regió més enllà de la veritat i la falsedat.

Filòsofs més moderns com ara Hegel, Marx i Engels feien ressò dels mateixos sentiments que Plató. Va ser, però, Lukasiewicz qui primer va proposar una alternativa sistemàtica al principi de la lògica bivalent d'Aristòtil. A principis del 1900 Lukasiewicz va descriure una lògica trivalent conjuntament amb la seva expressió matemàtica. Aquest tercer valor es podia traduir en el terme "possible" i li va assignar un valor entre la veritat i la falsedat. Més tard va explorar lògiques de més valors la qual cosa li va demostrar que, en principi, no hi havia res que privés de derivar cap a una lògica multivalent. Knuth i Tarski també van proposar una lògica trivalent similar a la de Lukasiewicz a partir de la qual va especular que les matemàtiques esdevindrien fins i tot més elegants que no pas amb la lògica bivalent tradicional.

No va ser fins el 1965 quan Zadeh¹⁴ va introduir la noció d'una lògica de valors infinits. A través del seu treball "**Fuzzy sets**" (Conjunts borrosos) descriu la matemàtica de la teoria dels conjunts borrosos i per extensió, de la lògica borrosa. Aquesta teoria proposa que la funció d'associació (als valors de falsedat i veritat) operin en la sèrie dels números reals de l'interval [0, 1].

En l'actualitat ja no es parla d'una sola lògica sinó que poden existir tants desenvolupaments lògics com es vulguin imaginar. Les expressions abstractes, una vegada més, han hagut d'establir uns axiomes a partir dels quals s'encadenin correctament les proposicions evitant entrar en la contradicció.

A partir de la idea de Zadeh, d'altres investigadors com ara els professors Arnold Kauffman i Jaume Gil Aluja van iniciar la tasca d'anar transformant els elements teòrics i tècnics ja coneguts i acceptats a fi de possibilitar la seva aplicació a les ciències socials, que precisen d'una estructura amb una forta coherència interna però alhora més flexible que la derivada de la lògica binària. L'eina que va tenir la seva màxima significació en l'àmbit de la matemàtica numèrica va ser la introducció de la definició de "número borrós" per reivindicar allò subjectiu com a element integrant del coneixement científic. Es recuperen,

¹⁴ ZADEH, L.A. (1965): "Fuzzy sets" a Information and Control, Vol.8, 338-353

a partir de la teoria dels errors, els intervals de confiança, les tripletes i els quàdruples per a disposar conjuntament amb els números borrosos de tot un ventall de *números incerts*.

Es pretén que aquests números siguin susceptibles d'expressar els fenòmens a partir de les estimacions tan objectives com subjectives. Es proposa un bon coneixement de l'aritmètica de la incertesa per una banda i de la investigació tradicional per una altra a fi de poder presentar *nous instruments operatius incerts* per treure conclusions a partir dels predicats vagues.

A través de l'anomenada lògica borrosa, es recorre a la lògica com a element unificador d'aquest nou paradigma hipotètic que permeti formar cossos sòlids i coherents. El "principi del terç exclòs", el PB, considerat per la lògica estàndard com a únic principi, no pot emparar els molts dels enunciats propis de les ciències socials, i se n'havia de formular un altre, de manera que va sorgir el nou "*principi de la simultaneïtat gradual*" enunciat per Gil Aluja¹⁵, l'enunciat del qual és el següent : "una proposició pot ser vertadera o falsa a la vegada amb la condició que s'assigni un grau a la veritat i un grau a la falsedat". Com ja s'ha indicat abans, els conceptes bàsics per aquests nous sistemes consisteixen en què els valors de veritat en lògica borrosa o els valors d'associació, en els conjunts borrosos, s'indiquen assignant un valor en l'escala [0, 1] essent 0 el representant de la falsedat absoluta i 1 el representant de la veritat absoluta. La lògica borrosa i la lògica clàssica no han de ser doncs, competitives sinó complementàries, perquè tenen camps diferents d'aplicació.

Cal esmentar però que aquest nou operador lingüístic en l'àmbit del coneixement vague, no ha estat absent de crítiques justificades entre la comunitat investigadora sobretot pel que fa al procés d'assignació de valors als termes lingüístics els quals, per a alguns, es veuen afectats d'una manca de

¹⁵ GIL ALUJA, J. (2000): *Génesis de una teoría de la incertidumbre*. Discurs pronunciat en l'acte d'imposició de "La Gran Cruz de la Orden Civil de Alfonso X el Sabio". Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras. Public. De l'E.U.E, UB.

claredat semàntica. Els darrers esforços es centren en el refinament del llenguatge a fi de traduir aquestes noves proposicions en expressions que puguin ser més fàcilment acceptables pels experts en lògica clàssica.

8.2. Inferències en lògica binària

Les inferències són proposicions compostes. És a dir, que a partir de dues proposicions s'arribi a una tercera. Es treballen les inferències o implicacions com un mecanisme per estudiar o analitzar les conclusions de la intel·ligència (natural o artificial) amb ajuda de les matemàtiques.

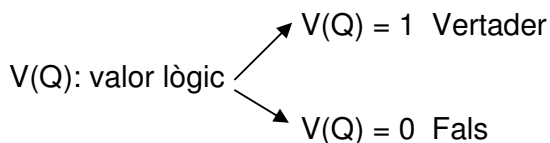
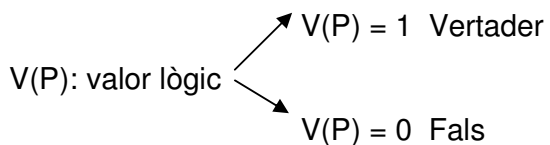
En el supòsit de la lògica binària, només és possible un sol tipus d'inferència, donada per:

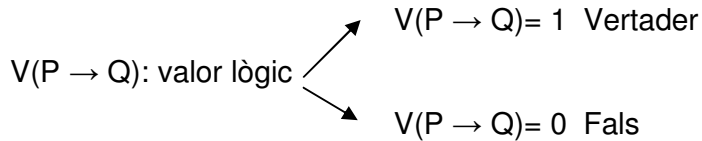
$V(P)$ que és la valuació d'una proposició P

$V(Q)$ que és la valuació d'una proposició Q , i

$V(P \rightarrow Q)$ que és la valuació de la inferència $P \rightarrow Q$, que significa que si passa P , llavors passarà Q .

Com que ens trobem en el camp binari, $V(P)$, $V(Q)$ i $V(P \rightarrow Q)$ només poden prendre els valors 0 o 1. És a dir,





Llavors, ens podem trobar amb les següents tres possibilitats:

1a possibilitat: Es coneixen $V(P)$ i $V(Q)$ per obtenir $V(P \rightarrow Q)$.

Aquesta primera possibilitat ens dóna la següent taula de veritat:

	$V(Q) = 0$	$V(Q) = 1$
$V(P) = 0$	$V(P \rightarrow Q) = 1$	$V(P \rightarrow Q) = 1$
$V(P) = 1$	$V(P \rightarrow Q) = 0$	$V(P \rightarrow Q) = 1$

2a possibilitat: Es coneixen $V(P)$ i $V(P \rightarrow Q)$ per obtenir $V(Q)$.

Aquesta segona possibilitat ens dóna la següent taula de veritat:

	$V(P \rightarrow Q) = 0$	$V(P \rightarrow Q) = 1$
$V(P) = 0$	Impossible	$V(Q) = \{0, 1\}$
$V(P) = 1$	$V(Q) = 0$	$V(Q) = 1$

3a possibilitat: Es coneixen $V(Q)$ i $V(P \rightarrow Q)$ per obtenir $V(P)$.

Aquesta segona possibilitat ens dóna la següent taula de veritat:

	$V(P \rightarrow Q) = 0$	$V(P \rightarrow Q) = 1$
$V(Q) = 0$	$V(P) = 1$	$V(P) = 0$
$V(Q) = 1$	Impossible	$V(P) = \{0, 1\}$

8.3. Expressió matemàtica de les inferències

Les inferències es construeixen a partir d'operadors no lineals \wedge , \vee , $-$, és a dir, mínim, màxim, i complementari, que representen respectivament la conjunció (i), la disjunció (o) i la negació (no).

Conjunció, $P \wedge Q$

Dues proposicions poden combinar-se mitjançant la "i" per conformar una proposició composta que serà la conjunció de les proposicions originals. Ho simbolitzem $P \wedge Q$ i es llegeix "P i Q".

El valor de veritat de la proposició composta $P \wedge Q$ satisfà la següent propietat: Si P es vertader i Q es vertader, llavors $P \wedge Q$ és vertader; d'una altra manera $P \wedge Q$ és fals. És a dir, que la conjunció de dues proposicions serà vertadera només en el cas de que cada una d'elles sigui vertadera.

Definim la valuació de l'operació $P \wedge Q$ com:

$$V(P \wedge Q) = \min\{V(P), V(Q)\} \quad (8.1)$$

En forma de taula de veritat:

$V(P)$	$V(Q)$	$V(P \wedge Q)$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Disjunció, $P \vee Q$

Dues proposicions poden combinar-se mitjançant la “o” per conformar una proposició composta que serà la disjunció de les proposicions originals. Ho simbolitzem $P \vee Q$ i es llegeix “ P i/o Q ”.

El valor de veritat de la proposició composta $P \vee Q$ satisfà la següent propietat: Si P és vertader o Q és vertader, o si P i Q són vertaders, llavors $P \vee Q$ és vertader; d’una altra manera $P \vee Q$ és fals. Llavors, la disjunció de dues proposicions és falsa només en el cas de que les dues proposicions siguin falses.

Definim la valuació de l’operació $P \vee Q$ com:

$$V(P \vee Q) = \max\{V(P), V(Q)\} \quad (8.2)$$

En forma de taula de veritat:

$V(P)$	$V(Q)$	$V(P \vee Q)$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Negació \bar{P}

Donada qualsevol proposició P , podem construir una altra proposició anomenada negació de P , entenent “És fals que ...” precedint a P , o inserint la paraula “no” sempre i quan fos possible. Ho simbolitzem \bar{P} , que és la negació de P i que es llegeix “no P ”.

El valor de veritat de la negació d'una proposició compleix la següent propietat: Si P és vertader, llavors \bar{P} és fals; si P és fals, llavors \bar{P} és vertader. Llavors, el valor de veritat de la negació en qualsevol proposició és sempre l'oposat del valor de veritat de la proposició original.

Definim la valuació de l'operació $P \vee Q$ com:

$$V(\bar{P}) = 1 - V(P) \quad (8.3)$$

En forma de taula de veritat:

$V(P)$	$V(\bar{P})$
0	1
1	0

Altres connectives lògiques que ens interessa examinar són les que segueixen:

Condicional $P \rightarrow Q$

El condicional en lògica pot ser interpretat como una implicació. La proposició formada per "Si P llavors Q " es un condicional. La seva primera part, la que segueix la paraula "si" és l'antecedent; mentre que la seva segona part, la que segueix la paraula "llavors" és el conseqüent. La connectiva ens diu que l'antecedent no pot ser vertader i el conseqüent fals, és a dir, que si passa l'antecedent no pot deixar de passar el conseqüent; que només fa falta que es compleixi l'antecedent perquè es doni el conseqüent. Pero no vol dir que hagin de donar-se els dos. Pot ser perfectament que es doni el conseqüent sense que es doni l'antecedent, sense que per això el condicional deixi de ser vertader.

Per a definir el condicional direm que la proposició P implica la proposició Q , i ho representarem per $P \rightarrow Q$, a la proposició $\bar{P} \vee Q$ que serà falsa només quan la P és vertadera i la Q és falsa.

Definim la valuació d'aquesta connectiva $V(P \rightarrow Q)$ com:

$$V(P \rightarrow Q) = \max\{1 - V(P), V(Q)\} \quad (8.4)$$

En forma de taula de veritat

$V(P)$	$V(Q)$	$V(P \rightarrow Q)$
0	0	1
0	1	1
1	0	0
1	1	1

Bicondicional $P \leftrightarrow Q$

A vegades ens interessa donar la idea d'un condicional que actui en ambdues direccions, és a dir, que exigeixi que si passa l'antecedent passi el conseqüent, però també que si passa el conseqüent passi l'antecedent. És per això que tenim en el nostre llenguatge una altra connectiva: " P si i només si Q ". Equival a dos proposicions, unides per una conjunció, ambdòs condicionals d'una sola direcció.

Donades dues proposicions P i Q , definim el bicondicional, i el representem per $P \leftrightarrow Q$, com la proposició $(P \rightarrow Q) \wedge (Q \rightarrow P)$ que serà vertadera si P o Q són ambdues vertaderes o ambdues falses.

Definim la valuació d'aquesta connectiva $V(P \leftrightarrow Q)$ com:

$$V(P \leftrightarrow Q) = \min\{\max\{1-V(P), V(Q)\}, \max\{V(P), 1-V(Q)\}\} \quad (8.5)$$

L'expressió 8.5 també es pot posar de la següent forma:

$$V(P \leftrightarrow Q) = \max\{\min\{1-V(P), 1-V(Q)\}, \min\{V(P), V(Q)\}\} \quad (8.6)$$

En forma de taula de veritat

$V(P)$	$V(Q)$	$V(P \leftrightarrow Q)$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Contradicció

És aquella proposició composta que sempre és falsa per tots els valors de veritat de les seves variables. Un dels tipus de contradicció més utilitzat és la proposició $P \wedge \bar{P}$ definida per:

$$V(P \wedge \bar{P}) = \min\{P, 1-V(P)\} \quad (8.7)$$

que, en el cas de la lògica binària tindrà sempre el valor 0.

Tautologia

És aquella proposició composta que és certa per tots els valors de veritat de les seves variables.

En les tautologies per tots els valors de veritat dels components el valor de veritat de la proposició és sempre 1.

Les tautologies són molt importants en lògica matemàtica ja que es consideren lleis en les quals ens podem recolzar per realitzar demostracions.

Per exemple, serà una tautologia la proposició $P \vee \bar{P}$ definida per

$$V(P \vee \bar{P}) = \max\{P, 1 - V(P)\} \quad (8.8)$$

que en el cas de la lògica binària, tindrà sempre el valor 1.

8.4. Normes d'inferència

8.4.1. "Modus Ponens" o encadenament cap endavant o inversió cap a la dreta.

Coneixem $V(P \rightarrow Q)$ i $V(P)$

Desconeixem $V(Q)$

En aquest cas partirem dels valors de $P \rightarrow Q$ i de P per trobar el valor de la proposició Q .

$$[(V(P \rightarrow Q) \wedge V(P))] \Rightarrow V(Q) \quad (8.9)$$

8.4.2. "Modus Tollens" o encadenament cap enrere o inversió cap a l'esquerra.

Coneixem $V(P \rightarrow Q)$ i $V(Q)$

Desconeixem $V(P)$

En aquest cas partirem dels valors de $P \rightarrow Q$ i de Q per trobar el valor de la proposició P .

$$[(V(P \rightarrow Q) \wedge V(Q))] \Rightarrow V(P) \quad (8.10)$$

Es tracta de dos dels casos més clàssics entre les normes d'inferències de la lògica de les inferències binàries.

8.5. Inferència en lògiques multivalents

Quan estem en lògica multivalent existeix un número infinit de valors de veritat per establir inferències i és decisiu saber escollir la més adequada per a cada problema de raonament que es vulgui resoldre.

Les condicions que s'han de complir en un operador perquè proporcioni una inferència són les següents:

1a. $V(P) * V(Q) \in [0,1]$ (8.11)

2a. Pels valors 0 i 1 s'obtenen les propietats binàries

$$0*0=1, 0*1=1, 1*0=0, 1*1=1 \quad (8.12)$$

3a. Es compleix la propietat de monotonia no creixent de dreta a esquerra i monotonia decreixent de baix a dalt en una taula que representi la inferència $V(P \rightarrow Q)$.

$$\forall V(P), V(Q), V(P'), V(Q') \in [0,1] \quad (8.13)$$

$$V(P) < V(P') \Rightarrow V(P) * V(Q) \geq V(P') * V(Q)$$

$$V(Q) < V(Q') \Rightarrow V(P) * V(Q) \leq V(P) * V(Q')$$

Una de les característiques més importants de les inferències borroses és que a diferència de la lògica binària, si una proposició implica una altra, és a dir, $P \rightarrow Q$, el seu valor lògic no té perquè ser necessàriament igual a 1, sinó que pot oscil·lar entre $[0,1]$. De la mateixa manera, $V(P)$ i $V(Q)$ prenen el seus valors en l'interval $[0,1]$.

Les dues inferències multivalents més conegudes i utilitzades són les següents:

Inferència de Lee

$$\overline{V(P)}(\vee)V(Q) = V(P \rightarrow Q) \quad (8.14)$$

Inferència de Lukaciewicz

$$1(\wedge)(\overline{V(P)} + V(Q)) = V(P \rightarrow Q) \quad (8.15)$$

Aquests dos tipus d'inferències donen resultats diferents. Lee proporciona resultats més optimistes. En incertesa, normalment i per prudència, ens situarem en la posició més pessimista, que és la que dona la inferència de Lukaciewicz.

També destaquem la *inferència de Goguen*, en la qual $V(P)$ i $V(Q)$ poden ser valuacions o valors de probabilitats:

$$V(P \rightarrow Q) = 1(\wedge) \frac{V(Q)}{V(\overline{P})} \quad (8.16)$$

En el quadre 8.1. mostrem la inferència de Lee quan s'utilitza una lògica multivalent d'onze valors de veritat, és a dir, mesurats en una escala endecanària.

Quadre 8.1

		V(Q)											
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	
V(P)	$\overline{V(P)}(\vee) V(Q)$	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1
	0.2	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1
	0.3	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	1
	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	1
	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	1
	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	1
	0.7	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	1
	0.8	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	1
	0.9	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	1
	1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	1

En el quadre 8.1 observem, per exemple que quan $V(P)=0.2$ i $V(Q)=0.4$, s'obté $V(P \rightarrow Q)=0.8$ ja que $\overline{0.2}(\vee)0.4 = 0.8(\vee)0.4 = 0.8$. Normalment, però, el problema que es planteja no és aquest, sinó que sol afectar a un valor $V(P \rightarrow Q)$ i es realitza un encadenament cap endavant i s'escull $V(P)$ per trobar $V(Q)$. Per tant, en aquest cas, les premisses són $V(P \rightarrow Q)$ i $V(P)$ i la conclusió és $V(Q)$. Mostrem en el quadre 8.2. una inversió cap a la dreta a partir del quadre 8.1.:

Quadre 8.2

		$\overline{V(P)} \vee V(Q)$										
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
V(P)	0	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	[0,1]
	0.1	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	[0,0.9]	1
	0.2	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	[0,0.8]	0.9	1
	0.3	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	[0,0.7]	0.8	0.9	1
	0.4	∅	∅	∅	∅	∅	∅	[0,0.6]	0.7	0.8	0.9	1
	0.5	∅	∅	∅	∅	∅	[0,0.5]	0.6	0.7	0.8	0.9	1
	0.6	∅	∅	∅	∅	[0,0.4]	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
	0.7	∅	∅	∅	[0,0.3]	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
	0.8	∅	∅	[0,0.2]	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
	0.9	∅	[0,0.1]	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	

En el quadre 8.2 tenim que si prenem $V(P)=0.7$ i $V(P \rightarrow Q)=0.8$, s'obté $V(Q)=0.8$. Però si prenem $V(P)=0.2$ i $V(P \rightarrow Q)=0.3$, resultarà que en la fila 0.2 no hi ha cap casella amb $V(P \rightarrow Q)=0.3$. Per tant, això ens mostra que és impossible que coexisteixin $V(P)=0.2$ i $V(P \rightarrow Q)=0.3$. Ara bé, si prenem $V(P)=0.8$ i $V(P \rightarrow Q)=0.2$, s'observa que en la fila vuitena de la taula 8.1 existeixen tres columnes amb valor 0.2, i per tant, $V(Q) = [0,0.2]$, llavors, $V(Q)$ és un interval de confiança. Així doncs, d'aquesta taula del quadre 8.1 deduïm que:

$$\text{Si } V(P \rightarrow Q) = \overline{V(P)} \quad V(Q) = [0, V(P \rightarrow Q)] = [0, \overline{V(P)}]$$

$$\text{Si } V(P \rightarrow Q) > \overline{V(P)} \quad V(Q) = V(P \rightarrow Q) \quad (8.17)$$

$$\text{Si } V(P \rightarrow Q) < \overline{V(P)} \quad \text{La solució és impossible}$$

Desenvolupem en el quadre 8.3 per la mateixa inferència de Lee, l'encadenament cap enrera, en la qual partim de $V(Q)$ i de $V(P \rightarrow Q)$ per poder trobar el valor de veritat de $V(P)$.

Quadre 8.3

		$\overline{V(P)}(\vee)V(Q)$										
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
V(Q)	0	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
	0.1	∅	[0.9,1]	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
	0.2	∅	∅	[0.8,1]	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
	0.3	∅	∅	∅	[0.7,1]	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
	0.4	∅	∅	∅	∅	[0.6,1]	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
	0.5	∅	∅	∅	∅	∅	[0.5,1]	0.4	0.3	0.2	0.1	0
	0.6	∅	∅	∅	∅	∅	∅	[0.4,1]	0.3	0.2	0.1	0
	0.7	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	[0.3,1]	0.2	0.1	0
	0.8	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	[0.2,1]	0.1	0
	0.9	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	[0.1,1]	0
	1	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	[0,1]

A partir de les dades del quadre 8.3, deduïm que per la inferència de Lee i essent la inversió cap a l'esquerra que:

$$\text{Si } V(P \rightarrow Q) = V(Q) \quad V(P) = \left[\overline{V(P \rightarrow Q)}, 1 \right] = \left[\overline{V(Q)}, 1 \right]$$

$$\text{Si } V(P \rightarrow Q) > V(Q) \quad V(P) = \overline{V(P \rightarrow Q)} \quad (8.18)$$

Si $V(P \rightarrow Q) < V(Q)$ La solució és impossible.

S'ha de tenir en compte que quan operem amb intervals, el resultat ha de proporcionar l'interval més ample amb la finalitat de que contingui totes les possibles solucions.

De la mateixa manera que hem efectuat amb la inferència de Lee també desenvoluparem la inferència de Lukaciewicz (quadre 8.4):

Quadre 8.4

$1 \wedge (\overline{V(P)} + V(Q))$		V(Q)											
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	
V(P)	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.1	0.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.2	0.8	0.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.3	0.7	0.8	0.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1	1	1	1	1	1
	0.6	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1	1	1	1	1
	0.7	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1	1	1	1
	0.8	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	1	1	1	1
	0.9	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.9	1	1	1
	1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.8	0.9	1	1

En el quadre 8.4 observem que quan $V(P)=0.4$ i $V(Q)=0.1$ s'obté 0.7 ja que $1(\wedge)[\overline{0.4} + 0.1] = 1(\wedge)[0.6 + 0.1] = 1(\wedge)0.7 = 0.7$. Normalment, però, el problema que es planteja sol afectar a un valor $V(P \rightarrow Q)$ i es realitza un encadenament cap endavant o un encadenament cap endarrera.

Mostrem en el quadre 8.5 un encadenament cap endavant o inversió cap a la dreta en la inferència de Lukaciewicz.

Quadre 8.5

$$1 \wedge (\overline{V(P)} + V(Q))$$

V(Q)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
0	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	0
0.1	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	0	[0.1,1]
0.2	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	0	0.1	[0.2,1]
0.3	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	0	0.1	0.2	[0.3,1]
0.4	∅	∅	∅	∅	∅	∅	0	0.1	0.2	0.3	[0.4,1]
0.5	∅	∅	∅	∅	∅	0	0.1	0.2	0.3	0.4	[0.5,1]
0.6	∅	∅	∅	∅	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	[0.6,1]
0.7	∅	∅	∅	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	[0.7,1]
0.8	∅	∅	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	[0.8,1]
0.9	∅	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	[0.9,1]
1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	[1,1]

I deduïm que:

$$\text{Si } V(P \rightarrow Q) = 1 \quad V(Q) = [V(P), 1]$$

$$\text{Si } \overline{V(P)} \leq V(P \rightarrow Q) < 1 \quad V(Q) = V(P \rightarrow Q) - \overline{V(P)} \quad (8.19)$$

Si $V(P \rightarrow Q) < \overline{V(P)}$ La solució és impossible.

Mostrem en el quadre 8.6 un encadenament cap endarrera o inversió cap a l'esquerra en la inferència de Lukaciewicz.

Quadre 8.6

$$1 \wedge (\overline{V(P)} + V(Q))$$

V(P)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
0	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	[0,0]
0.1	∅	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	[0,0.1]
0.2	∅	∅	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	[0,0.2]
0.3	∅	∅	∅	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	[0,0.3]
0.4	∅	∅	∅	∅	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	[0,0.4]
0.5	∅	∅	∅	∅	∅	1	0.9	0.8	0.7	0.6	[0,0.5]
0.6	∅	∅	∅	∅	∅	∅	1	0.9	0.8	0.7	[0,0.6]
0.7	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	1	0.9	0.8	[0,0.7]
0.8	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	1	0.9	[0,0.8]
0.9	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	1	[0,0.9]
1	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	[0,1]

A partir de les dades del quadre 8.6 podem dir que:

Si $V(P \rightarrow Q) = 1$ $V(P) = [0, V(Q)]$

Si $V(Q) \leq V(P \rightarrow Q) < 1$ $V(P) = \overline{V(P \rightarrow Q)} + V(Q)$ (8.20)

Si $V(P \rightarrow Q) < V(Q)$ La solució és impossible.

8.6. T-Normes i T-Conormes

A nivell més general, algunes inferències sorgeixen a partir dels operadors anomenats T-normes i T-conormes, els quals són operadors duals per variables que prenen els seus valors en l'interval [0,1].

Una aplicació simbolitzada per $T(x,y)$ i essent $x,y \in [0,1]$ s'anomenarà norma triangular o T-norma si el seu rang és dins l'interval [0,1] i verifica els següents axiomes:

1) T és monòtona creixent:

$$\forall x, y, x', y' \in [0,1] / x \leq x' \wedge y \leq y' \Rightarrow T(x, y) \leq T(x', y') \quad (8.21)$$

2) T és commutativa o simètrica:

$$\forall x, y \in [0,1] \quad T(x, y) = T(y, x) \quad (8.22)$$

3) T és associativa:

$$\forall x, y, z \in [0,1] \quad T[x, T(y, z)] = T[T(x, y), z] \quad (8.23)$$

4) T té element unitat (1):

$$\forall x \in [0,1] \quad T(x, 1) = T(1, x) = x \quad (8.24)$$

De la definició anterior deduïm dues propietats que es demostren a partir dels axiomes

$$\forall x \in [0,1] \quad T(x, x) \leq x \quad (8.25)$$

$$\forall x \in [0,1] \quad T(x, 0) = 0, \text{ i com a cas particular tenim } T(0, 0) = 0 \quad (8.26)$$

Una aplicació simbolitzada per $S(x, y)$ i essent $x, x', y, y' \in [0,1]$ s'anomenarà conorma triangular o T-conorma si verifica els següents axiomes:

1) S és monòtona creixent:

$$\forall x, y, x', y' \in [0,1] / x \leq x' \wedge y \leq y' \Rightarrow S(x, y) \leq S(x', y') \quad (8.27)$$

2) S és commutativa o simètrica:

$$\forall x, y \in [0,1] \quad S(x, y) = S(y, x) \quad (8.28)$$

3) S és associativa:

$$\forall x, y, z \in [0,1] \quad S[x, S(y, z)] = S[S(x, y), z] \quad (8.29)$$

4) T té element unitat (0):

$$\forall x \in [0,1] \quad S(x,0) = S(0,x) = x \quad (8.30)$$

Observem que aquest quart axioma és el que distingeix les T-conormes de les T-normes.

De la definició anterior deduïm dues propietats que es demostren a partir dels axiomes

$$\forall x \in [0,1] \quad S(x,x) \leq x \quad (8.31)$$

$$\forall x \in [0,1] \quad S(x,1) = 1, \text{ i com a cas particular tenim } S(1,1) = 1 \quad (8.32)$$

A partir d'una T-norma es pot generar un operador per a la conjunció, i a partir d'una T-conorma un operador per a la disjunció que permetran per tant establir inferències a través d'aquests operadors.

La T-norma i la T-conorma que nosaltres usem habitualment i que hem descrit en les taules anteriors corresponen respectivament als operadors

$$T(x,y) = x \wedge y = \min\{x,y\} \text{ i } S(x,y) = x \vee y = \max\{x,y\}$$

Però cal tenir en compte que usant unes altres T-normes i T-conormes generarien unes taules diferents per a les inferències descrites anteriorment.

CAPÍTOL 9

MODELS DE PREVISIÓ A TRAVÉS DE LES XARXES NEURONALS

9.1. Introducció: Les xarxes neuronals

Les xarxes neuronals són una branca important de la intel·ligència artificial, la qual fa que els ordinadors simulin la intel·ligència humana. En elles el coneixement s'incorpora mitjançant l'aprenentatge a partir d'exemples basant-se en el reconeixement de patrons i ajustant els paràmetres de les neurones a través d'un algorisme d'aprenentatge.

Es tracta de models matemàtics multivariants que utilitzen procediments iteratius amb la finalitat de minimitzar les funcions d'error. En les xarxes neuronals diferenciem la forma, que són els models neuronals, i la manera que tenen d'aprendre, els algorismes neuronals.

Els models neuronals s'assemblen a altres models matemàtics i els anomenem neurones artificials. Cada neurona realitza una funció matemàtica. Les neurones s'agrupen en capes i formen una xarxa neuronal. Aquesta es crea i s'entrena amb l'objectiu que dugui a terme una tasca concreta. Els models neuronals es diferencien entre sí en la funció que incorpora la neurona, la seva organització i la forma de les connexions. Els models neuronals utilitzen varis algorismes d'aprenentatge per trobar els valors dels paràmetres del model, els pesos sinàptics.

En principi, una xarxa neuronal no frueix de cap tipus de coneixement emmagatzemat. Llavors, per fer que la xarxa executi una tasca cal entrenar-la, és a dir, cal que aprengui. Hi ha dos tipus d'aprenentatge, l'aprenentatge supervisat i l'aprenentatge no supervisat. El primer és similar al mètode d'ensenyament tradicional, és a dir, un alumne aprèn a partir de les correccions dels errors que l'hi indica el seu professor. Per tant, si la xarxa utilitza aquest tipus d'aprenentatge l'hi haurem de proporcionar parelles de patrons entrada-sortida perquè la xarxa neuronal aprengui a associar-los. En canvi, en el segon tipus es tracta d'un autoaprenentatge. Per tant, en aquest segon cas, tan sols es facilitarà a la xarxa les dades d'entrada perquè extregui les característiques essencials per possibilitar l'agrupament de les mateixes.

9.2. Equivalència entre una xarxa neuronal i la teoria de grafs

Les xarxes neuronals constitueixen, en realitat, una de les múltiples aplicacions de la teoria de grafs, associada a certs coneixements de neurobiologia, així com de diversos àmbits de la lògica matemàtica binària o multivalent¹⁶.

Es pot proporcionar una correspondència simplificada entre el sistema nerviós i un graf:

- Neurona i el seu àxon : vèrtex d'un graf.
- Dendrites d'entrada i de sortida o receptors d'impulsos elèctrics: arcs que incideixen cap a l'interior del vèrtex.
- Dendrites de sortida: arcs que incideixen cap a l'exterior del vèrtex (camins de sortida).

¹⁶ KAUFMANN,A., GIL ALUJA,J. (1995): *Grafos neuronales para la economía y la gestión de empresas*. Ed. Pirámide. Madrid.

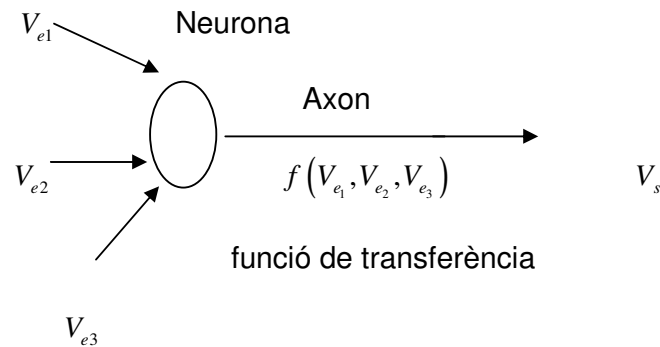
9.3. Activitats en una xarxa neuronal: Desenvolupament de les xarxes artificials.

En aquest tercer apartat volem descriure el que pot succeir en els grafs representatius de neurones artificials:

Entra informació i aquesta es processa a través d'una modelització matemàtica que ens ajuda a provar la validesa del model i ens proporcionarà un únic potencial de sortida que procedeix del procés de desagregació .

Els *inputs* seran els potencials d'entrada (valuacions d'experts). Haurem d'establir les hipòtesis sobre els potencials d'entrada que proporcionaran un *output*, que serà el potencial de sortida.

Figura 9.1



Les funcions d'activació més usals són les següents:

a) Els potencials d'entrada són funció del temps i adopten forma d'escala

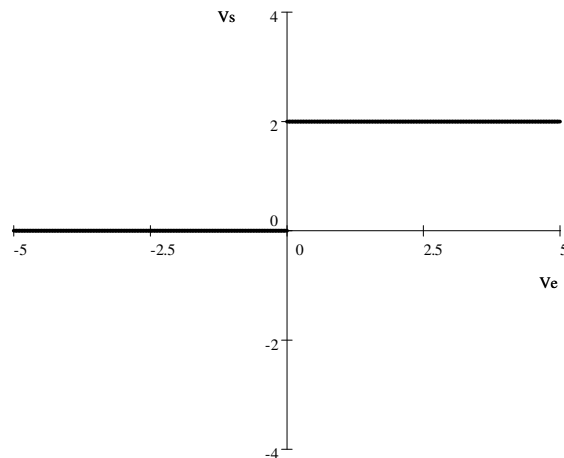
$$V_S = 0 \quad \text{si} \quad f(V_{e_1}, \dots, V_{e_m}) < 0$$

(9.1)

$$V_S = V_i \quad \text{si} \quad f(V_{e_1}, \dots, V_{e_m}) \geq 0$$

observem, doncs, que passen de $V_S = 0$ a $V_S = V_i$ en el valor 0 de la funció de transferència f . A la figura 9.2 hem fet la representació gràfica de la funció d'activació prenent $V_i = 2$.

Figura 9.2



b) Els potencials d'entrada prenen la forma d'escala que passa sobtadament de $-V_i$ a V_i . El potencial pot ser positiu o negatiu (figura 9.3).

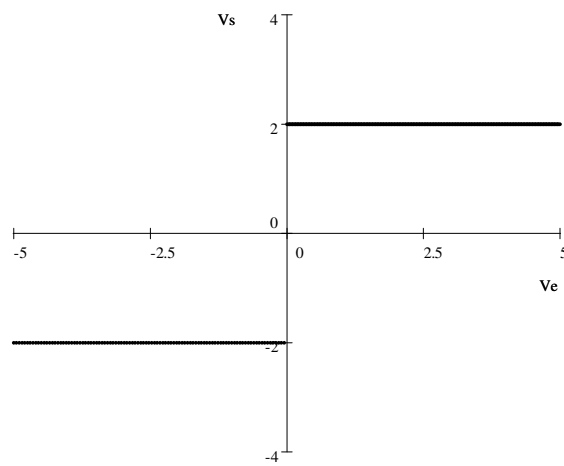
$$V_s = -V_i \quad \text{si} \quad f(V_{e_1}, \dots, V_{e_m}) < 0$$

$$(9.2)$$

$$V_s = V_i \quad \text{si} \quad f(V_{e_1}, \dots, V_{e_m}) \geq 0$$

S'observa que passa de $-V_i$ a $+V_i$ en el valor 0 de la funció de transferència f . A la figura 9.3 hem fet la representació gràfica d'aquesta funció d'activació prenent $V_i = 2$.

Figura 9.3

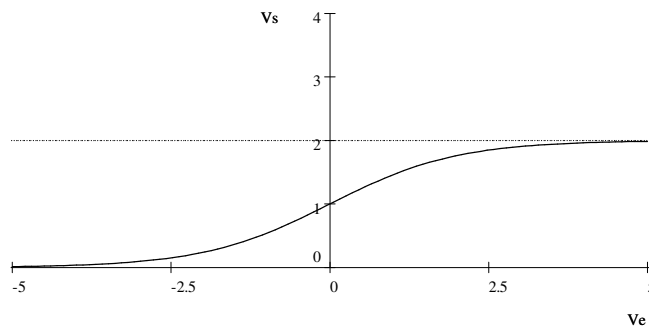


- c) La funció d'activació escala del cas a) s'eixampla i pren la forma de la funció sigmoïdal, que té com a fórmula general

$$V_s = \frac{V_i}{1 + e^{-kt}} \quad (9.3)$$

essent k una constant que coincideix amb el pendent de la sigmoide en el punt $(0, \frac{1}{2}V_i)$, i "t" és el valor que dependrà de la funció de transferència f . A la figura 9.4 hem fet la representació gràfica de la funció d'activació sigmoïdal per els valors $k=1$ i $V_i = 2$.

Figura 9.4

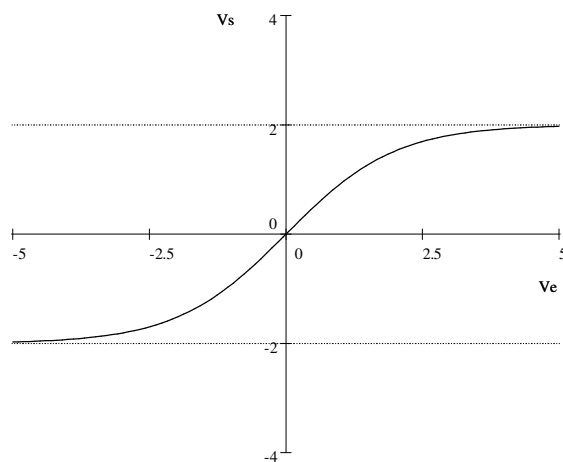


- d) La funció sigmoide del cas c) s'eixampla i es converteix en una funció sigmoide entre $-V_i$ i $+V_i$. La seva funció és

$$V_s = V_i \frac{1 - e^{-kt}}{1 + e^{-kt}} \quad (9.4)$$

essent "t" el valor $f(V_{e_1}, V_{e_2}, \dots, V_{e_n})$ que depèn dels senyals d'entrada. A la figura 9.5 hem fet la representació gràfica de la funció d'activació pels valors $k=1$ i $V_i = 2$.

Figura 9.5



9.4. Funcionament de les xarxes neuronals

Per estudiar el funcionament de les xarxes neuronals, suposarem que els potencials d'entrada són funcions en escala del tipus que s'ha presentat en el primer cas. Cada neurona rep a través de les dendrites d'entrada que formen la sinapsi, m potencials $V_{e1}, V_{e2}, \dots, V_{em}$, que traspassen el senyal a través d'una funció d'escala. El paper de l'axon consisteix en la construcció d'un valor crític θ (enlloc del valor 0) que actua de llindar i que no deixarà passar a la sortida cap valor de potencial si la funció de transferència no supera aquest valor del llindar.

$$V_s = 0 \quad \text{si} \quad f(V_{e1}, \dots, V_{em}) \leq \theta \quad (9.5)$$

$$V_s = V_i \quad \text{si} \quad f(V_{e1}, \dots, V_{em}) > \theta$$

Tot seguit anem a estudiar la funció de transferència $f(V_{e1}, \dots, V_{em})$:

- *Hipòtesi de mínim:*

Anem a suposar que la funció $f(V_{e1}, \dots, V_{em})$ és la següent:

$$f(V_{e1}, \dots, V_{em}) = V_{e1} \wedge V_{e2} \wedge V_{e3} \wedge \dots \wedge V_{em} = \bigwedge_{j=1}^m V_{ej} \quad (9.6)$$

Es determina un valor crític que es simbolitza amb θ .

Quan estem en hipòtesi de mínim, l'expressió (9.5) és:

$$V_s = 0 \quad \text{si} \quad \bigwedge_{j=1}^m V_{ej} < \theta \quad (9.7)$$

$$V_s = V_i \quad \text{si} \quad \bigwedge_{j=1}^m V_{ej} \geq \theta$$

- *Hipòtesi de màxim:*

Anem a suposar que la funció $f(V_{e_1}, \dots, V_{e_m})$ és la següent:

$$f(V_{e_1}, \dots, V_{e_m}) = V_{e_1} \vee V_{e_2} \vee V_{e_3} \vee \dots \vee V_{e_m} = \bigvee_{j=1}^m V_{e_j} \quad (9.8)$$

Es determina un valor crític θ .

Quan estem en hipòtesi de màxim, l'expressió (9.5) és:

$$V_s = 0 \quad \text{si} \quad \bigvee_{j=1}^m V_{e_j} < \theta$$
$$V_s = V_i \quad \text{si} \quad \bigvee_{j=1}^m V_{e_j} \geq \theta$$

(9.9)

En el cas que els potencials només prenguin els valors 0 o 1, observem que tan sols fa falta que el potencial d'una dendrita d'entrada sigui igual a zero, en el supòsit de mínims, perquè la sortida sigui zero. I en el supòsit de màxims, només cal que una dendrita d'entrada tingui un potencial igual a 1 perquè la sortida sigui igual a 1.

- *Ponderació dels potencials d'entrada*

Suposem que al nivell de la sinapsis, cada dendrita d'entrada e_j es troba sotmesa a una ponderació w_j tal que:

$$0 \leq w_j \leq 1 \quad (9.10)$$

i que les V_{e_j} d'aquesta manera ponderades siguin simplement adicionades, per la qual cosa, la funció del potencial d'entrada $f(V_{e_1}, \dots, V_{e_m})$ prendrà la següent forma:

$$f(V_{e_1}, \dots, V_{e_m}) = w_1 V_{e_1} + w_2 V_{e_2} + \dots + w_m V_{e_m} = \sum_{j=1}^n w_j V_{e_j} \quad (9.11)$$

θ actua com un filtre, establint un llindar que produeix una sortida diferent de zero en funció de si el valor de (9.11) supera o no el llindar.

$$V_s = 0 \quad \text{si} \quad \sum_{j=1}^n w_j V_{e_j} < \theta \quad (9.12)$$

$$V_s = f(V_{e_1}, \dots, V_{e_m}) \quad \text{si} \quad \sum_{j=1}^n w_j V_{e_j} \geq \theta$$

En el camp binari $\{0,1\}$, el valor de sortida és només 0 o 1 depenent de si la funció de transferència traspasa o no el valor del llindar.

$$V_s = 0 \quad \text{si} \quad \sum_{j=1}^n w_j V_{e_j} < \theta \quad (9.13)$$

$$V_s = 1 \quad \text{si} \quad \sum_{j=1}^n w_j V_{e_j} \geq \theta$$

En l'expressió (9.13) observem que les dendrites, tant si són d'entrada com si són de sortida, posseeixen un potencial 0 o bé 1.

Tot i que a (9.11) hem considerat qualsevol tipus de ponderació, en general sol utilitzar-se la ponderació convexa, en la qual, la suma de tots els pesos ha de donar la unitat, és a dir, que:

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1 \quad (9.14)$$

on, generalment $V_{ej} \in \{0,1\}$ i lògicament $w_j \in [0,1]$ i com sempre amb un valor crític que estableix el llindar de transferència $0 \leq \theta \leq 1$.

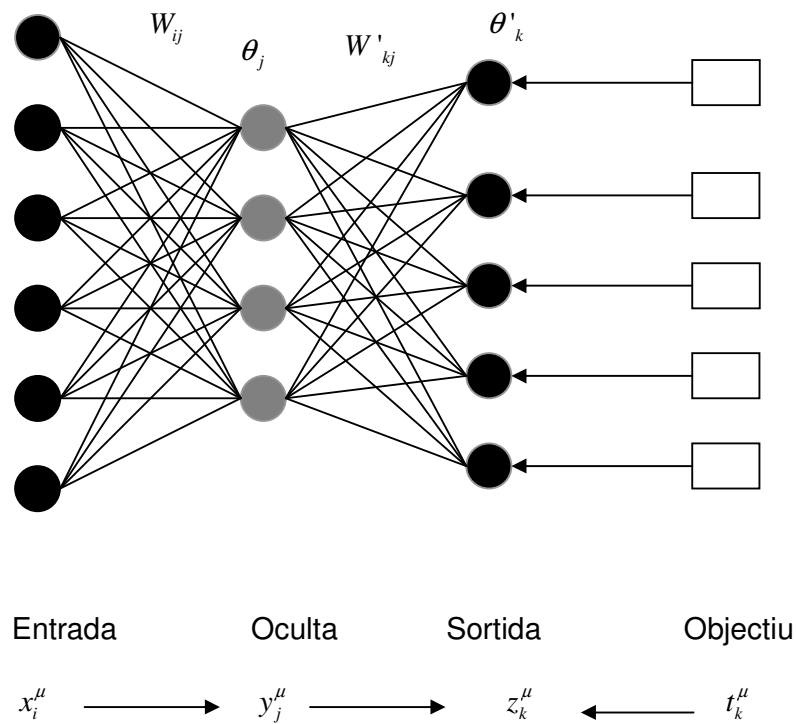
9.6. El perceptró multicapa

En aquest apartat 9.6. ens proposem realitzar la descripció d'una xarxa perceptró multicapa entrenada mitjançant la regla d'aprenentatge *backpropagation* (retropropagació de l'error) a partir de les explicacions dels professors Martín del Brío i Sanz de la Universitat de Saragossa¹⁷ i que utilitzarem en el capítol 13, amb el plantejament d'un model de previsió de preus a partir de l'ús d'aquest tipus de xarxa neuronal.

El perceptró multicapa és un dels tipus més comuns de xarxes. Es basa en una altra xarxa més senzilla, el perceptró simple, però es diferencia en que el número de capes ocultes pot ser més gran o igual a una. Es tracta d'una xarxa unidireccional, és a dir, que les connexions entre neurones són sempre cap endavant, o sigui, les connexions van des de les neurones d'una determinada capa fins les neurones de la següent capa. La seva representació gràfica és la que segueix:

¹⁷ MARTÍN del BRÍO, B., SANZ, A. (2001): *Redes Neuronales y Sistemas Borrosos*. Ed. Ra-Ma. 2ª edició. Madrid.

Figura 9.6



Essent ,

$$z_k^\mu = \sum w'_{kj} y_j^\mu - \theta'_k = \sum_j w'_{kj} f \left(\sum_i w_{ji} x_i^\mu - \theta_j \right) - \theta'_k \quad (9.15)$$

Les neurones de la capa oculta utilitzen com a norma de propagació la suma ponderada de les entrades amb els pesos sinàptics w_{ij} i sobre aquesta suma ponderada s'aplica una funció sigmoide de transferència.

Utilitzarem una regla d'aprenentatge de retropropagació de l'error. És a dir, donat un parell (x_k, d_k) , corresponent a l'entrada k de les dades d'entrenament i sortida desitjada associada es calcula l'error quadràtic mitjà:

$$E(w_{ij}, \theta_j, w'_{kj}, \theta'_k) = \frac{1}{2} \sum_p \sum_k \left[d_k^p - f \left(\sum_j w'_{kj} y_j^p - \theta'_k \right) \right]^2 \quad (9.16)$$

En l'expressió (9.16) observem que es tracta de la suma dels errors parcials provocats per cada patró a partir de la diferència entre la sortida desitjada d_p i la sortida que dona la xarxa davant del vector d'entrada x_k . Si resulta que aquestes sortides són molt diferents de les desitjades, l'error quadràtic mitjà serà gran. f és la funció d'activació de les neurones de la capa de sortida i la sortida que proporcionen les neurones de l'última capa oculta.

Minimitzarem aquesta funció per mitjà del gradient descendent, primer respecte els pesos de la capa de sortida,

$$\delta w'_{kj} = -\varepsilon \frac{\partial E}{\partial w'_{kj}} \quad (9.17)$$

i després respecte els pesos de la capa oculta,

$$\delta w'_{ji} = -\varepsilon \frac{\partial E}{\partial w'_{ji}} \quad (9.18)$$

Derivem i obtenim,

$$\delta w'_{kj} = \varepsilon \sum_{\mu} \Delta_k^{\mu} y_j^{\mu} \quad , \text{ essent } \Delta_k^{\mu} = \left[t_k^{\mu} - f(v_k^{\mu}) \right] \frac{\partial f(v_k^{\mu})}{\partial v_k^{\mu}} \quad (9.19)$$

$$\delta w'_{ji} = \varepsilon \sum_{\mu} \Delta_j^{\mu} x_i^{\mu} \quad , \text{ essent } \Delta_j^{\mu} = \left(\sum_k \Delta_k^{\mu} w'_{kj} \right) \frac{\partial f(v_j^{\mu})}{\partial v_j^{\mu}} \quad (9.20)$$

Observem que el concepte de propagació cap enrera dels errors està implícit, això és així perquè primer calculem l'expressió Δ_k^{μ} que anomenen senyal d'error per ser proporcional a l'error de sortida actual de la xarxa amb el que calculem l'actualització $\delta w'_{kj}$ dels pesos de la capa de sortida. Tot seguit es

propaguen cap enrera els errors Δ_k^μ per mitjà de la sinapsis, proporcionant així els senyals d'error Δ_j^μ que corresponen a les sinapsis de la capa oculta. Amb aquestes es calcula l'actualització δw_{ji} de les sinapsis ocultes. Aquest algorisme pot ampliar-se sense problemes a arquitectures de xarxes neuronals amb més d'una capa oculta seguint el mateix esquema.

Llavors, el procediment que s'ha dut a terme és el següent: En primer lloc s'estableixen els pesos i els llindars inicials de cada neurona. En segon lloc i per cada patró μ del conjunt d'aprenentatge s'obté la resposta de la xarxa per aquest patró. Aquesta resposta s'ha aconseguit propagant l'entrada cap endavant, ja que aquest tipus de xarxa és *feedforward*, és a dir, que les sortides d'una capa serveixen com a entrada a les neurones de la següent capa, processant-les d'acord amb la regla de propagació i la funció d'activació corresponents. Tot seguit es calculen els senyals d'error associats a Δ_k^μ i Δ_j^μ i es valora l'increment parcial dels pesos i llindars que depenen dels errors calculats anteriorment. En tercer lloc s'ha calculat l'increment total actual per tots els patrons, dels pesos i dels llindars. En quart lloc s'actualitzen els pesos i els llindars i en cinquè lloc i per últim es calcula l'error actual que si no és satisfactori s'haurà de tornar a començar el procediment en l'inici de la fase d'entrenament.

Per acabar amb aquest apartat direm que la regla d'aprenentatge per mitjà de la retropropagació de l'error és un mètode de gran generalitat. El seu gran avantatge és que es pot aplicar a multitud de problemes diferents, proporcionant normalment solucions satisfactòries. Tot i així, aquest mètode també presenta inconvenients, el primer, la seva lentitud de convergència, i el segon, és que pot caure en un sobreaprenentatge, fenomen directament relacionat amb la capacitat de generalització de la xarxa. Llavors, aquest sobreajust s'ha d'evitar parant l'entrenament quan comença a empitjorar l'error.

Per altra banda, hem de tenir present que aquest algorisme no garanteix el mínim global de la funció d'error, sinó tan sols, un mínim local, per la qual cosa el procés d'aprenentatge pot quedar estancat en un d'aquests mínims locals.

PART III

NOVES TÈCNIQUES OPERATIVES DE GESTIÓ PER A L'EMPRESA PROMOTORA CONSTRUCTORA

PART III

NOVES TÈCNIQUES OPERATIVES DE GESTIÓ PER A L'EMPRESA PROMOTORA CONSTRUCTORA

En aquesta tercera part fem ús de les diverses eines presentades en la metodologia de la part II, amb la perspectiva d'introduir noves tècniques en la gestió de les empreses promotores constructores, analitzant àmbits diversos d'aplicació.

CAPÍTOL 10

ANÀLISI D'ALGUNS CRITERIS DE VALORACIÓ IMMOBILIÀRIA EN SITUACIÓ D'INCERTESA

10.1. Introducció

Entenem per valoració l'acció i efecte de valorar, és a dir, reconèixer, estimar o apreciar el valor. El concepte de valor es pot interpretar com a valor social en funció de la utilitat que ofereixi a la societat i, per tant, a l'home, o bé es pot interpretar com a valor de canvi, és a dir, la quantitat de diner que s'està disposat a oferir o a demandar per a l'intercanvi d'un bé.

En el món mercantil, és fonamental l'estimació del valor el qual vindrà influït per les forces de l'oferta i la demanda, que determinaran un punt d'equilibri i donaran lloc al preu de mercat, preu que s'anirà reajustant a mesura que es produeixin variacions en les apreciacions i estimacions personals de la posició compradora o de la posició venedora del valor d'un bé. Observem, doncs, que la subjectivitat és una component important en tot aquest procés.

El preu de mercat d'un bé és la quantitat de diner que s'ha de donar o pot obtenir-se en el mercat actiu sota les condicions immediates i existents en una determinada data. El preu de mercat no s'ha de confondre amb el valor de mercat que és el preu que raonablement podria esperar rebre un venedor per la venda d'un bé en la data de valoració, mitjançant una comercialització adequada, i suposant que existeix com a mínim un comprador potencial correctament informat de les característiques del bé i que ambdós, comprador i venedor, actuen lliurement i que cap d'ells té un interès especulatiu en l'operació.

Dins l'àmbit econòmic s'insereix el sector de la promoció construcció, que, com hem vist desenvolupa el procés complet de la realització d'una obra. Una especialitat, entre d'altres, dins d'aquest sector és la valoració immobiliària, que és en el que ens centrarem a continuació.

Actualment, els promotors constructors es troben amb la necessitat de preveure quin serà el cost de l'obra a realitzar, no ja abans de la redacció del projecte sinó en el moment del possible naixement de la futura obra.

La primera activitat que ha de dur a terme el promotor constructor és la de captar solars. Cal, però, que prèviament realitzi una adequada valoració del sòl a partir d'investigar l'entorn del mateix, ja que el sòl no posseeix gran valor per si mateix, sinó que és la seva qualificació, les possibilitats d'explotació que es permetin en ell, el que decidirà de manera determinant el seu valor de mercat, sense oblidar la relació oferta demanda com a factor indiscutible. A més, ha d'existir un estudi sobre la viabilitat d'aquesta inversió, de manera que la segona activitat que ha de dur a terme el promotor constructor és fer una estimació del cost de l'obra a realitzar o bé de l'obra a rehabilitar. Moltes d'aquestes estimacions venen recolzades per la utilització de dades conegudes a partir de converses entre professionals del sector i, altres vegades, a partir de les tarifes de costos mínims dels Col.legis Oficials d'Arquitectes o dades publicades per revistes especialitzades. Així, doncs, totes aquestes estimacions de les diverses valoracions a realitzar poden presentar desviacions molt importants, ja que no s'han considerat variables com la complexitat del procés productiu, la distribució de recursos, la seva procedència i el termini assignat per a la seva finalització.

La valoració immobiliària consistirà en determinar el valor d'un bé immobiliari a partir de l'opinió de la qualitat, naturalesa, valor o utilitat d'interessos específics d'un immoble particular. Els béns immobles són definits en l'article 334 del Codi Civil, com:

“Són béns immobles:

1. Les terres, els edificis, camins i construccions de tot gènere adherides al sòl.
2. Els arbres i plantes i els fruits pendents, mentre estiguin units a la terra o formin part integrant d'un immoble.
3. Tot el que estigui unit a un immoble d'una manera fixa, de sort que no pugui separar-se d'ell sense malmetre la matèria o deteriorament de l'objecte.
4. Les estàtues, relleus, pintures o altres objectes d'us o de decoració, col·locats en edificis o heretades pel propietari de l'immoble de tal manera que manifesti el propòsit d'unir-los d'una manera permanent en la seva possessió.
5. Les màquines, vasos, instruments o utensilis destinats pel propietari de la finca a la indústria o explotació que es realitzi d'un edifici o heretat, i que directament concorrin a satisfer les necessitats de l'explotació mateixa.
6. Els viviers d'animals, colomars o niu d'abelles, estancs de peixos o criadors anàlegs quan el propietari els hagi col·locat o els conservi amb el propòsit de mantenir-los units a la finca, i formant part d'ella d'una manera permanent.
7. Els abonaments destinats al cultiu d'una heretat, que estiguin en les terres on hagin d'utilitzar-se.
8. Les mines i canteres , mentre la seva matèria romangui unida al jaciment i a les aigües vives o estancades.
9. Els dics i construccions que, fins i tot quan siguin flotants, estiguin destinats pel seu objecte i condicions a romandre en un punt fix d'un riu, llac o costa.
10. Les concessions administratives d'obres públiques i les servituds i demés drets reals sobre béns immobles.”¹⁸

¹⁸ Article 34 del Codi Civil

però els béns objecte de valoració més habituals són el sòl, l'edificació i els immobles susceptibles d'explotació econòmica.

Una de les característiques més destacades del problema de la valoració ve donada pel fet que difícilment es pot obtenir una estandarització en la fixació del preu ja que cada operació de compra venda d'immobles és diferent. Això es deu a motius tan diversos com la singularitat de cada terreny i de la zona en el qual es troba ubicat, així com en el marc temporal en el que es realitza, ja que moments diferents en el temps poden donar lloc a valoracions diferents degut a la conjuntura econòmica, a la depreciació de la construcció, a l'apreciació del sòl, als planejaments urbanístics o bé perquè s'hagin modificat les característiques personals de l'agent econòmic oferent.

Amb tot el que s'ha comentat s'observa que en la valoració immobiliària sempre hi ha present un grau més o menys important de subjectivitat, ja que en tota decisió d'inversió s'hi ha de considerar la situació personal de l'ésser humà que actua de subjecte decisor, el qual buscarà la combinació òptima de les tres variables bàsiques inherents en tota inversió : seguretat, rendibilitat i liquiditat.

El problema d'estimar els costos de construcció ha preocupat des de fa molt temps als promotors constructors, per la qual cosa creiem necessari desenvolupar línies d'investigació que eliminin o, com a mínim, redueixin la subjectivitat en la determinació de la valoració. És per això que nosaltres estudiarem la possibilitat de trobar nous mecanismes de valoració d'immobles que tinguin present l'existència de la subjectivitat i la incertesa de l'entorn per la qual cosa ens serà imprescindible la utilització de les tècniques *fuzzy* fonamentades pels professors Kaufmann i Gil Aluja, i que hem presentat a la Part II d'aquesta tesi.

10.2. Mètodes de valoració.

Les normes de valoració de béns immobles estaven regulades per l'Ordre Ministerial del 30 de novembre de 1994. Aquesta Ordre tenia per objecte establir els criteris, mètodes, procediments i instruccions tècniques en les que s'havia d'ajustar el càlcul del valor de taxació de béns immobles. Aquesta ordre va quedar derogada per un altre text, l'Ordre ECO/805/2003, de 27 de març, sobre valoració de béns immobles i de determinats drets per certes finalitats financeres (BOE 085 de 09/04/2003 Sec.1 Pàg.13677 a 13678). Aquesta última Ordre consta de 88 articles, cinc disposicions addicionals, una disposició transitòria, una disposició derogatòria i tres disposicions finals. Els articles s'estructuren en quatre títols i aquests en capítols i seccions. El segon d'aquests títols, i en concret en el seu capítol I, recull els mètodes de valoració que són quatre:

1. El mètode del cost.
2. El mètode de comparació.
3. El mètode d'actualització de rendes.
4. El mètode residual.

Anem a veure cada un d'aquests quatre mètodes seguint el que ens diu l'Ordre ECO/805/2003, de 27 de març:

10.2.1. Mètode del cost.

Permet calcular el cost de reposició brut o net de tota classe d'edificis i elements d'edificis en projecte, en construcció, rehabilitats o acabats.

10.2.1.1. Cost de reposició brut.

Per calcular el valor de reposició brut es sumaran les següents inversions:

- a) El valor del terreny en el que es troba l'edifici o el de l'edifici a rehabilitar.

Aquest valor el trobarem utilitzant el mètode de comparació o el mètode residual d'acord amb el que preveu aquesta Ordre.

- b) El cost de l'edificació o de les obres a rehabilitar.

Aquest cost serà el cost de construcció resultant de la suma dels costos d'execució material de l'obra, les seves despeses generals i el benefici industrial del constructor. No s'inclouran en aquest cost el dels elements no essencials de l'edificació que siguin fàcilment desmuntables ni, excepte per els béns immobles lligats a una explotació econòmica, els costos dels acabats i instal·lacions polivalents.

En el cas d'edificis de caràcter històric o artístic s'haurà de tenir en compte, a més, el valor particular dels elements de l'edificació que li confereix aquest caràcter.

- c) Les despeses necessàries per realitzar la reposició.

Aquestes despeses seran les mitjanes del mercat segons les característiques de l'immoble i, es calcularan amb els preus existents en la data de valoració. Entre aquestes despeses necessàries, s'inclouran les següents: Els impostos no recuperables i aranzels necessaris per a la formalització de la declaració d'obra nova de l'immoble, els honoraris tècnics per projectes i direcció de les obres o altres necessaris, els costos de llicències i taxes de la construcció, l'import de les primes d'assegurances obligatòries de l'edificació i dels honoraris de la inspecció tècnica per calcular aquestes primes, les despeses d'administració del promotor i els deguts a altres estudis necessaris. No es consideraran com a despeses necessàries el benefici del promotor, ni qualsevol tipus de despesa financera o de comercialització.

La determinació del valor de reposició brut dels immobles en construcció o en rehabilitació, es farà en funció de la situació de l'obra executada en la data de valoració, sense incloure mobiliari. Finalment, en la determinació del valor de reposició brut d'immobles en projecte, en construcció o en rehabilitació, per la hipòtesi d'edifici acabat, els preus de les unitats d'obres existents en el moment de la taxació podran corregir-se, quan sigui el cas, amb l'evolució del mercat fins la data d'actualització. La modificació del valor del sòl no podrà realitzar-se fins que l'obra estigui acabada i exigirà l'actualització de la taxació.

10.2.1.2. Cost de reposició net.

La determinació del cost de reposició net es realitzarà deduïnt del cost de reposició brut, la depreciació física i funcional de l'edifici acabat.

Els procediments per calcular la depreciació física de l'edificació són els següents:

- a.** Atenent a la vida útil total i residual estimades pel taxador. Aquest haurà de justificar adequadament el procediment utilitzat en aquesta estimació. En el cas de que atribuís diferents vides útils a les diferents instal·lacions o elements de la construcció de l'edifici, hauria de desglossar i justificar cada un d'ells.

- b.** Aplicant al cost de reposició brut, exclòs el valor de mercat del terreny, la tècnica d'amortització lineal segons l'antiguitat de l'immoble i la seva vida útil total que serà l'estimada pel taxador i que haurà de ser com a màxim de cent anys per edificis d'ús residencial, de setanta-cinc anys per edificis d'oficines, de cinquanta anys per edificis comercials i de trenta-cinc anys per edificis d'ús industrial i immobles lligats a una explotació econòmica. En el cas d'edificis no destinats a un ús determinat, la vida útil màxima s'obindrà de la ponderació dels terminis

màxims que s'han esmentat en funció de la superfície destinada a cada un dels usos.

- c. Sumant els costos i despeses necessàries per transformar l'edifici actual en un de nou de característiques similars. Aquest tercer procediment s'utilitzarà per estimar la depreciació física quan la tècnica de l'amortització lineal no sigui adequada per l'excessiva antiguitat de l'edificació, del seu estat de conservació o per d'altres causes. La depreciació funcional es calcularà deduint del cost de reposició brut, exclòs el valor de mercat del terreny, el valor dels costos i despeses necessàries per adaptar l'edifici als usos als quals es destina, o per corregir errors de disseny o perquè sigui obsolet

Els elements d'un edifici seguiran el règim de depreciació corresponent a l'edifici en el que es trobin.

10.2.2. Mètode de comparació.

Aquest mètode es basa en la comparació del bé taxat amb d'altres similars dels que coneixem el seu preu de venda recent. La seva base és principalment estadística i en la seva utilització cal que es prengui molta atenció per poder evitar possibles comparacions entre immobles que resultin ser diferents tot i que no ho semblin.

El mètode de comparació es basa en el principi de substitució, que consisteix en suposar que el valor d'un immoble és equivalent al d'altres actius de característiques similars. A partir d'aquest mètode ens és possible determinar el valor de mercat de tot tipus d'immobles.

A partir d'aquest mètode podrem determinar dos valors tècnics que són:

- Valor per comparació. Aquest valor permetrà determinar el valor de mercat d'un determinat bé.

- Valor per comparació ajustat. Aquest valor permetrà determinar el valor hipotecari d'un determinat bé.

Els requisits necessaris per poder dur a terme el mètode de comparació són els que segueixen:

- a. L'existència d'un mercat representatiu dels immobles comparables.

- b. Disposar de les dades suficients sobre transaccions o ofertes que permetin, en la zona objecte d'estudi, identificar paràmetres adequats per realitzar la homogeneïtzació de comparables.

- c. Disposar d'informació suficient sobre com a mínim sis transaccions o ofertes de comparables que reflecteixin adequadament la situació actual d'aquest mercat.

10.2.2.1. Càlcul del valor pel Mètode de Comparació.

Per calcular el valor pel mètode de comparació es seguiran les següents passes:

- a.** Establir les qualitats i característiques pròpies de l'immoble taxat que influeixen en el seu valor.

En el cas d'edificis de caràcter històric o artístic, per establir aquestes qualitats o característiques, s'haurà de tenir en compte, a més, el valor particular dels elements de l'edificació que li confereix aquest caràcter.

- b.** Analitzar el segment del mercat immobiliari relatiu als immobles comparables, basant-se en informacions concretes sobre transaccions reals i ofertes fermes per obtenir preus actuals de compra venda al comptat d'aquests immobles.
- c.** Seleccionar de la informació recollida una mostra representativa dels preus dels immobles, comparables amb el que s'està valorant, i homogeneïtzar els preus unitaris dels elements de la mostra amb l'immoble objecte de taxació.
- d.** Es realitzarà la homogeneïtzació de comparables amb els criteris, coeficients i/o ponderacions que resultin adequats per l'immoble objecte de valoració.
- e.** Assignar el valor de l'immoble, net de despeses de comercialització, en funció dels preus homogeneïtzats, prèvia deducció de les servituds i limitacions del domini com poden ser l'ús per transitar, accedir a la via pública, o a l'aigua per part del veïnatge i que recaiguin sobre l'immoble i que no s'hagin pres en consideració en les passes precedents.

A més de les passes citades en els cinc apartats anteriors per a la determinació del valor per comparació, s'haurà de tenir present, quan calgui, les següents normes especials:

- a.** En el cas d'edificis en projecte, construcció o rehabilitació, quan es determini el valor per comparació per a la hipòtesi d'edifici acabat, s'utilitzaran els preus existents en el mercat en la data de la taxació per a la venda d'immobles similars acabats. Aquest valor es podrà corregir d'acord amb la tendència del mercat pel termini previst d'acabament de l'obra.

- b. En el cas de valoració de finques rústiques, al realitzar el mètode de comparació, l'homogeneització prevista en el mateix es basarà en els valors unitaris per hectàrea existents en el mercat per les diferents classes de terra, tipus de cultiu i/o ús.

Així doncs, hem vist que per poder dur a terme aquest mètode de valoració cal seguir unes determinades fases. La primera fase consisteix en acotar l'oferta de béns comparables tenint en compte la localització (urbà, rústic), l'ús (industrial, comercial, residencial), tipologia de l'edificació (pisos, cases, oficines,...), la qualitat (alta, mitja, baixa) així com l'antiguitat o l'estat de manteniment en el cas que l'immoble objecte de valoració sigui de naturalesa urbana. Si es tracta d'un immoble de naturalesa rústica s'haurà de tenir present, a més de la localització, altres característiques com l'orografia, la climatologia, el tipus de sòl, el tipus de cultiu i els rendiments esperats. Una vegada tenim ben definida l'oferta de béns comparables, la segona fase consisteix en realitzar una anàlisi detallada de mercat a partir de la realització d'un adequat mostreig entre la població total d'immobles objecte d'estudi triant una variable significativa.

Per poder establir les oportunes comparacions, realitzarem un procés d'homogeneització emprant les eines de l'estadística descriptiva.

Si tenim una variable estadística de la que disposem de "n" observacions x_1, x_2, \dots, x_n ; es defineixen els següents paràmetres estadístics:

- Per a l'estimació de la mitjana poblacional d'una variable x , a partir de les dades obtingudes $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ d'una mostra de mida n , utilitzem l'estadístic:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (10.1)$$

que és un estimador no esbiaixat de la mitjana poblacional, la qual cosa significa que si calculem l'estadístic \bar{x} en cada una de totes les mostres possibles de mida n , obtindrem que l'esperança d'aquests valors és exactament la mitjana poblacional.

- Per fer l'estimació de la desviació típica utilitzem l'estadístic:

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x}^2} \quad (10.2)$$

que és la desviació típica de les dades de la mostra. s_x no té la propietat de ser un estimador no esbiaixat de la desviació típica, i és per aquesta raó que normalment s'utilitza l'estadístic:

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (10.3)$$

per fer la desviació de l'estimació, ja que aquest últim estadístic sí que és un estimador no esbiaixat de la desviació.

De tota manera, si la mida de la mostra és gran, (a la pràctica si $n > 30$ és suficient), la diferència entre s_x i S_x és molt petita, per la qual cosa és indistint l'estadístic utilitzat per fer l'estimació de la desviació típica poblacional. En realitat, s_x és un estimador asimptòticament no esbiaixat de la desviació i, per tant, si disposem de mostres grans, és també un bon estimador de la desviació típica.

- Per últim, per a la determinació del grau de validesa i del grau de fiabilitat del test elaborat, calculem el coeficient de correlació lineal de Pearson entre dues variables x i y a partir de la fórmula:

$$\rho = \frac{\text{covariança}(x; y)}{\text{desviació}(x) \cdot \text{desviació}(y)} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (10.4)$$

que s'estima a partir del coeficient de correlació mostral:

$$r = \frac{s_{xy}}{s_x \cdot s_y} \quad (10.5)$$

on s_{xy} és la covariança mostral entre x i y que es calcula a partir de la fórmula:

$$s_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - \bar{x} \cdot \bar{y} \quad (10.6)$$

El coeficient de correlació té un valor que està entre -1 i +1. Quant més s'acosta a 1 més perfecta és la correlació, essent el valor del coeficient de correlació positiu o negatiu depenent de si la correlació és directa o inversa respectivament. En canvi, si la correlació poblacional entre les variables és zero, significa que no existeix correlació entre elles.

Per determinar si el coeficient de correlació poblacional ρ és significativament diferent de zero a partir del coeficient de correlació mostral r , s'utilitza l'estadístic:

$$T = \sqrt{n-2} \cdot \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \quad (10.7)$$

(essent n el número de parelles observades)

que, sota la suposició que la hipòtesi nul·la:

$$H_0 : \rho = 0$$

és certa, segueix la distribució t de Student amb n-2 graus de llibertat. Llavors, si el valor de T no queda dins la regió d'acceptació per un nivell de significació predeterminat, conclourem que el nivell de correlació entre les variables és significatiu, és a dir, que és diferent de zero.

Aquests paràmetres els usarem per determinar l'equació de la recta de regressió lineal que relaciona el valor de mercat (y) amb una variable que es considera que pot ser significativa de l'immoble a valorar (x).

Si el coeficient de correlació és significativament diferent de zero, tindrà sentit usar la recta de regressió lineal:

$$y = a.x + b \quad (10.8)$$

on

$$a = \frac{\text{cov}(x, y)}{s_x^2} \quad (10.9) \quad \text{i} \quad b = \bar{y} - \frac{\text{cov}(x, y)}{s_x^2} \cdot \bar{x} \quad (10.10)$$

que podrà ser un instrument vàlid per donar una aproximació del valor de mercat conegut el valor de la variable observable x .

Per exemple, si x és la superfície, llavors \bar{x} és el valor mitjà de la mostra que ens servirà de referència per comparar-lo amb l'immoble a valorar.

La tercera fase consisteix en analitzar les possibles desviacions que poguessin sorgir tenint en compte factors externs com l'entorn o l'hàbitat i per factors interns com la qualitat, antiguitat, etc., així com la observació de les desviacions a partir dels valors resultants de l'aplicació d'una altra metodologia com la capitalització.

Finalment, i recolzant-nos en les dades obtingudes a partir de les tres fases anteriors, s'haurà de prendre la decisió sobre quin és el valor de mercat de l'immoble objecte d'estudi.

10.2.2.2. Ajust del valor per comparació

El valor per comparació obtingut d'acord en l'apartat 10.2.2.1. serà ajustat per l'entitat taxadora quan existeixi una probabilitat alta de que el valor de taxació de l'immoble pateixi minusvàlues en termes nominals abans de transcorregut un any des de la data de taxació que duri com a mínim tres anys. Aquesta estimació s'haurà de recolzar i justificar amb dades sòlides disponibles sobre la situació de la conjuntura del mercat local.

En aquest cas, l'entitat taxadora aplicarà la reducció que consideri oportuna al valor per comparació. Però si les dades de que es disposa sobre el comportament del mercat no permeten, segons l'entitat taxadora, estimar la reducció indicada, s'aplicarà un percentatge de reducció del 10% en tot cas, i del 15% si s'aprecia una gran volatilitat en els preus considerats per determinar el valor per comparació.

10.2.3. Mètode d'actualització de rendes

El mètode d'actualització de rendes és aplicable, sempre i quan es compleixen els requisits que veurem en l'apartat 10.2.3.1., a la valoració de tot tipus d'immobles susceptibles de produir rendes. A partir d'aquest mètode podrem calcular un valor tècnic que és l'anomenat valor per actualització. Aquest valor ens permetrà determinar el valor de mercat d'un determinat immoble.

10.2.3.1. Requisits per a la utilització del mètode d'actualització.

Per a la utilització del mètode d'actualització de rendes a efectes del que preveu l'Ordre ECO/805/2003, de 27 de març, caldrà que es compleixi com a mínim un dels següents requisits:

- a.** L'existència d'un mercat de lloguers representatiu dels comparables.

Per això caldrà disposar, com a mínim, de sis dades de rendes de lloguer sobre comparables que reflecteixin de manera adequada la situació actual d'aquest mercat i disposar de dades suficients sobre transaccions de lloguer o d'ofertes que permetin identificar els paràmetres adequats per a la realització de rendes en comparables.

- b.** L'existència d'un contracte d'arrendament sobre l'immoble objecte de valoració.

- c.** Que l'immoble valorat estigui produint o pugui produir ingressos com a immoble lligat a una activitat econòmica i que, a més, existeixen suficients dades comptables de l'explotació o informació adequada sobre ratis estructurals mitjans de la branca de l'activitat corresponent

10.2.3.2. Procediment de càlcul del valor per actualització

Per dur a terme aquesta metodologia d'actualització de rendes caldrà seguir una sèrie de fases abans no podem determinar el valor de l'immoble. Són les següents:

- a. Estimar els fluxos de caixa.
- b. Estimar el valor residual.
- c. Escollir el tipus d'actualització.
- d. Aplicar la fórmula de càlcul.

Anem tot seguit a estudiar cada una d'aquestes quatre fases:

10.2.3.3. Estimació dels fluxos de caixa.

En aquesta primera fase es realitza una estimació dels fluxos de caixa en funció del règim de l'immoble objecte de valoració. En aquesta estimació s'utilitzaran les hipòtesis més probables per a la determinació de les seves quanties així com de les dates en què es realitzaran els cobraments i pagaments. Aquests fluxos de caixa es calcularan en unitats monetàries de l'any al que es refereixi el valor de taxació, sense tenir en compte, per tant, l'efecte inflacionista.

Aquests fluxos de caixa poden ser immobiliaris o operatius:

Fluxos de caixa immobiliaris: Cobraments i pagaments futurs imputables a l'immoble objecte de valoració.

Fluxos de caixa operatius: Són aquells que provenen de l'explotació que utilitzi l'immoble objecte de valoració. Aquests fluxos es calcularan sumant al benefici de l'explotació de l'exercici, després d'impostos, les dotacions de les amortitzacions realitzades en el mateix i, restant d'aquesta suma les inversions efectuades en aquest exercici en immobilitzat i, si és el cas, les variacions del fons de maniobra.

Si l'immoble objecte de valoració es troba en el mercat de lloguers amb independència de que estigui llogat, buit o explotat directament pel propietari i compleixi el primer requisit que hem esmentat en l'apartat 10.2.3.1., els fluxos de caixa immobiliaris futurs d'aquest immoble s'estimaran, durant la seva vida útil, tenint en compte tots els factors que puguin afectar la seva quantia i a la seva obtenció efectiva. Entre aquests factors, i continuant amb el seguiment del que ens diu l'Ordre ECO/805/2003, de 27 de març destaca:

- Els cobraments que normalment s'obtinguin en immobles comparables.
- L'ocupació actual i la probabilitat d'ocupació futura de l'immoble.
- Les disposicions legals o clàusules contractuals (renda, revisions, termini, etc.) que afectin exclusivament als fluxos de caixa de l'immoble. S'exclouran aquelles disposicions o clàusules que afectin a fluxos atribuïbles a elements vinculats a l'immoble però aliens a ell (mobiliari, utensilis, etc.)
- La morositat actual o previsible dels cobraments.
- L'evolució previsible del mercat.

Durant el període de vigència dels contractes d'arrendament, les quanties dels cobraments integrants dels fluxos de caixa immobiliaris seran les derivades de les clàusules contractuals. Però si aquestes quanties fossin superiors a les dels altres immobles comparables, només podrien utilitzar-se si es considera i es justifica que no és previsible la modificació d'aquestes quanties.

En el càlcul dels pagaments s'inclourà qualsevol tipus de despesa necessària actual o previsible, fins i tot recuperable, que hagi de suportar la propietat, ja sigui imputable directament a l'immoble (manteniment, impostos, etc.), ja sigui conseqüència del seu destí o necessari pel seu lloguer (administració dels lloguers, comercialització, etc.) En els pagaments recuperables, es tindrà en compte el termini previsible en que siguin efectivament recuperats.

En el cas particular de que l'immoble objecte de valoració estigui llogat en la data de taxació, els fluxos de caixa immobiliaris s'estimaran mentre estigui vigent el contracte d'arrendament. Aquesta estimació haurà de tenir en compte les clàusules contractuals del mateix.

Si els fluxos de caixa provenen d'una explotació econòmica de la qual l'immoble n'està lligat, l'estimació d'aquestes fluxos de caixa operatius es realitzaran a partir dels ingressos i despeses mitjanes del sector de l'activitat en què s'integra aquesta explotació, corregits en el cas que la localització o les característiques particulars de l'immoble influeixin clarament en l'obtenció d'ingressos superiors o inferiors a la mitjana, i també perquè les perspectives econòmiques del sector modifiquin les expectatives d'obtenir els ingressos nets previstos. Els fluxos de caixa de l'explotació s'estimaran durant el període de temps en que previsiblement continuï la mateixa i es prendran els que són imputables a l'immoble. Per últim direm que l'Ordre ECO/805/2003, de 27 de març, també diu que quan no es coneixen les quanties dels ingressos i despeses mitjanes del sector, s'utilitzaran les pròpies de l'explotació sempre i quan es disposi de les dades, com a mínim, dels darrers dos anys. I en el cas de que es tractés d'una explotació en projecte, es tindrien en compte les quanties provisionals aportades pels titulars de la futura explotació, sempre que siguin completes i assoleixin com a mínim tres exercicis.

10.2.3.4. Estimació del valor residual.

Estimar el valor residual d'un immoble és estimar el valor de mercat de l'immoble al final de la seva vida útil.

Si l'immoble es troba en el mercat de lloguers, el seu valor residual serà el valor del terreny en el que està edificat. Per dur a terme aquesta estimació, es calcularà el valor del terreny en la data de taxació d'acord amb els mètodes previstos en l'Ordre ECO/805/2003 de 27 de març. Aquest valor podrà ser ajustat amb la plusvàlua o minusvàlua que resulti de la seva ubicació i ús, així com de l'evolució esperada del mercat.

Si l'immoble del qual volem estimar el seu valor residual està llogat en la data de taxació, llavors, el seu valor residual serà el valor previsible de l'immoble al final del contracte. Per dur a terme aquesta valoració, calcularem el valor de

l'immoble lliure d'inquilins en la data de taxació aplicant el mètode de valoració corresponent i s'ajustarà el valor del sòl d'acord amb la plusvàlua o minusvàlua que resulti de la seva ubicació i ús, així com de l'evolució esperada del mercat, i tot seguit se li restarà la depreciació física i funcional de l'edificació, calculada d'acord amb el mètode del cost.

I per últim, en el cas en que els fluxos de caixa de l'immoble del qual volem estimar el seu valor residual, provinguin de l'explotació econòmica de la qual n'està lligat, es prendrà els seu valor de reposició net. Aquest valor de reposició net serà calculat en el moment en què volem calcular el seu valor residual, és a dir, el valor de l'immoble al final del període de temps en què previsiblement continuï l'explotació. Per dur a terme aquesta estimació es calcularà el valor del sòl en la data de taxació d'acord amb el mètodes que presenta aquesta Ordre ECO/805/2003 i s'ajustarà amb la plusvàlua o minusvàlua que resulti de la seva ubicació i ús, així com de l'evolució esperada del mercat. La depreciació de les edificacions es correspondrà amb el període citat.

10.2.3.5. Escollir el tipus d'actualització.

S'escollirà un tipus d'interès nominal adequat al risc del projecte d'inversió i que estigui en funció del seu volum i grau de liquiditat, a la tipologia (industrial, comercial, etc.) de l'immoble, de les seves característiques i ubicació física, al tipus de contracte (existent o previst) i al risc que es pugui preveure en la obtenció de rendes. Aquest tipus no podrà ser inferior a la rendibilitat mitjana anual del tipus mig del Deute de l'Estat amb venciment superior a dos anys. Per determinar aquesta rendibilitat mitjana es prendrà el tipus mig durant un període continuat no inferior a tres mesos ni superior a un any comptats abans de la data de taxació. Aquest tipus haurà d'haver estat publicat per un organisme públic o per un mercat organitzat.

Passarem aquest tipus de nominal a real corregint-lo de l'efecte inflacionista a partir de l'aplicació d'un índex de preus que reflecteixi de manera adequada la

inflació esperada durant el període pel que es preveu l'existència de fluxos de caixa.

L'entitat taxadora justificarà degudament el tipus d'interès escollit, destacant el diferencial positiu aplicat respecte a la rendibilitat mitjana i , en especial, la inflació esperada i demés mitjans de correcció utilitzats per obtenir el tipus real.

10.2.3.6. Fórmula de càlcul del valor per actualització.

Determinarem el valor de l'immoble a partir de la diferència entre el valor actual (VA) dels fluxos de caixa i del valor residual esperats pel tipus d'actualització escollit en l'apartat 10.2.3.5. Els períodes transcorreguts així com el tipus d'actualització han d'expressar-se en les unitats corresponents a la durada de cada un dels períodes de temps considerats.

Determinats tots aquests fluxos de cobraments i pagaments, i fixat el tipus de capitalització I fix per a tots els períodes, podem determinar el VA a partir de la següent fórmula:

$$VA = \sum_{j=1}^n \frac{C_j - P_j}{(1+I)^j} + \frac{VR}{(1+I)^n} = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+I)^j} + \frac{VR}{(1+I)^n} \quad (10.11)$$

Essent,

VA = Valor actual.

C_j = Import dels ingressos imputables a l'immoble en el període j .

P_j = Import dels pagaments previstos en el moment j .

$FC_j = C_j - P_j$ = Flux de caixa net en el període j

I = Tipus d'actualització escollit corresponent a la durada de cada un dels períodes considerats

n = Número de períodes des de la taxació fins al final del període d'estimació dels ingressos esperats.

VR = Valor residual.

El flux de rendiment en el període j és:

$$FC_j = C_j - P_j \quad (10.12)$$

En el cas particular en que suposem que els fluxos de caixa són constants, $FC_1 = FC_2 = \dots = FC_n = FC$, tindrem:

$$VA = \sum_{j=1}^n \frac{FC}{(1+I)^j} + \frac{VR}{(1+I)^n} \quad (10.13)$$

Aquesta fórmula és equivalent a l'actualització d'una renda constant de quantia FC en cada període. Per aquest motiu podem escriure l'expressió a partir de la utilització de la fórmula del valor actual d'una renda constant, amb el que tindrem:

$$VA = FC \cdot a_{n|I} + \frac{VR}{(1+I)^n} \quad (10.14)$$

on:

$$a_{n|I} = \frac{1 - (1+I)^{-n}}{I} \quad (10.15)$$

que és el valor actual d'una renda unitària, vençuda, immediata i temporal de n termes, al tipus d'actualització I .

En el cas que vulguem considerar que el tipus d'actualització és diferent en els diversos anys de vida útil, i aquest tipus d'actualització l'expressem a través dels números índex i_1, i_2, \dots, i_n , tenim aleshores la següent expressió pel valor actual:

(10.16)

$$VA = \frac{FC_1}{(1+I_1)} + \frac{FC_2}{(1+I_1) \cdot (1+I_2)} + \dots + \frac{FC_n}{(1+I_1) \cdot (1+I_2) \dots (1+I_n)} + \frac{VR}{(1+I_1) \cdot (1+I_2) \dots (1+I_n)}$$

o el que és el mateix:

$$VA = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{\prod_{k=1}^j (1+I_k)} + \frac{VR}{\prod_{k=1}^n (1+I_k)} \quad (10.17)$$

Si desitgem incloure en el criteri l'efecte de la inflació, podem suposar que aquesta influeix en el sentit que fa augmentar els fluxos de caixa estimats en un tant per u acumulatiu anual que simbolitzarem per q , amb el que venim a estimar que q és la taxa anual d'inflació. En aquest cas, el valor actual vindrà donat per l'expressió:

(10.18)

$$VA = \frac{FC_1 \cdot (1+q)}{(1+I)} + \frac{FC_2 \cdot (1+q)^2}{(1+I)^2} + \dots + \frac{FC_n \cdot (1+q)^n}{(1+I)^n} + \frac{VR \cdot (1+q)^n}{(1+I)^n} = \sum_{i=1}^n \frac{FC_j \cdot (1+q)^j}{(1+I)^j} + \frac{VR(1+q)^n}{(1+I)^n}$$

Si considerem que el nivell d'inflació és moderat, podem considerar que el tipus d'actualització I és superior a q i, per tant:

$$\frac{1+I}{1+q} = 1+\mu \quad (10.19)$$

amb el que podem expressar el valor actual en la forma:

$$VA = \frac{FC_1}{1+\mu} + \frac{FC_2}{(1+\mu)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+\mu)^n} + \frac{VR}{(1+\mu)^n} = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+\mu)^j} + \frac{VR}{(1+\mu)^n} \quad (10.20)$$

és a dir, en situacions inflacionistes per sota del tipus d'actualització, s'obté el valor actual considerant μ com el tipus d'actualització en lloc de I , essent μ el valor:

$$\mu = \frac{I-q}{1+q} \quad (10.21)$$

Si, com hem assenyalat, considerem que q és un valor molt petit, podem donar com a vàlida l'aproximació $\mu \approx I-q$, que és més realista per descomptar la taxa anual d'inflació, prendre com a valor del tipus d'actualització el resultat de la diferència entre el tipus d'interès del mercat de capitals i la taxa d'inflació que provoca un creixement anual dels rendiments.

D'altra banda, si desitgem incloure l'efecte de l'element impositiu en el model haurem d'extreure, tal i com han fet els professors Kaufmann i Gil Aluja¹⁹, en els rendiments de l'any j la quantitat:

$$T_j = t_j \cdot FC_j \quad (10.22)$$

on T_j representa la quantitat corresponent a l'impost de l'any j i t_j el tipus impositiu de l'esmentat any. Fent la diferència entre FC_j i T_j s'obtenen els nous fluxos de caixa.

¹⁹ KAUFMANN, A., GIL ALUJA, J. (1993): *Técnicas especiales para la gestión de expertos*. Ed. Milladoiro. Vigo.

Anomenem *tipus impositiu* (t) al percentatge del flux de caixa havent-hi descomptat la part corresponent a les amortitzacions que s'han hagut de satisfer com a conseqüència del pagament dels impostos a la Hisenda pública. Generalment, no hi ha massa inconvenient en suposar conegut a través d'un número cert el tipus impositiu, ja que es tracta d'una magnitud que sol romandre estable en períodes més o menys llargs de temps.

Hem observat, doncs, que l'efecte de la inflació i la del tipus impositiu, poden ser tingudes en consideració si s'inclouen en l'estimació del tipus d'actualització i dels fluxos de capitals, respectivament.

10.2.4. Mètode residual.

El mètode residual té com a objectiu calcular el valor de mercat dels terrenys o dels edificis que s'han de rehabilitar. Aquest mètode adopta el punt de vista d'un promotor que es planteja la compra d'un terreny per desenvolupar-hi una promoció. Per tant, ha d'analitzar el procés complet de la promoció que optimitzi l'ús de l'immoble valorat.

El mètode residual es basa en el principi del valor residual i del major i millor ús. El principi del valor residual estableix que el valor que podem atribuir a cada un dels factors de producció d'un immoble sorgeix de la diferència entre el valor total d'aquest actiu i el valor atribuïble a la resta de factors. El principi de major i millor ús es compleix quan es dota l'immoble de l'ús més plausible i financerament aconsellable tenint en compte les possibilitats legals i físiques.

L'aplicació d'aquest mètode ens ha de permetre determinar el valor de mercat d'un terreny edificable o d'un immoble a rehabilitar com el preu més plausible que, en el moment de la seva taxació, pagaria per ell un promotor immobiliari de tipus mig que el comprés i aprofités el seu major i millor ús.

Existeixen factors qualitatiu i quantitatiu que provocaran que dos sòls situats en diferents zones tinguin valoracions diferents, ja que degut a la seva distinta ubicació frueixen de diferents característiques. Una de les més decisives és la potencialitat d'aprofitament del terreny, és a dir, la capacitat de desenvolupar-hi productes immobiliaris. Aquestes potencialitats dependran de les qualificacions establertes en els plans urbanístics, els quals catalogaran i tipificaran els possibles usos, tipologies i possibilitats d'edificació. Cada administració local, per mitjà de les seves ordenances urbanístiques proporciona la reglamentació adequada en cada cas.

Així doncs, i com ja hem dit al principi d'aquest apartat 10.2.4., aplicarem habitualment el mètode residual per fer una valoració del sòl partint d'un valor de mercat inicial de l'immoble, al qual li anirem deduint tots aquells costos relatius a la construcció en el sentit més ampli obtenint el valor del sòl com a valor residual d'aquestes diferències.

Així, si partim de l'expressió:

$$VM = k(V_s + V_c) \quad (10.23)$$

on considerem que:

VM = valor de mercat de l'immoble.

k = constant de proporcionalitat que depèn de la tipologia de la construcció, qualitat i zona.

V_s = valor del sòl.

V_c = valor de la construcció.

De l'expressió (10.23), determinarem el valor del sòl

$$V_s = \frac{VM}{k} - V_c \quad (10.24)$$

Evidentment, a partir de l'expressió (10.23) no només permet determinar el valor del sòl sinó també permetria determinar el valor de la construcció si el que es conegués fos VM i V_s , o bé el valor de mercat de l'immoble si els que es conegués fos V_s i V_c .

Mitjançant aquest mètode es calcularà un valor tècnic, que anomenem valor residual, que ens permetrà determinar el valor de mercat d'un determinat immoble.

10.2.4.1. Requisits per a la utilització del mètode residual.

Seguint l'Ordre ECO/805/2003, de 27 de març, per a la utilització del mètode residual, és necessari que es compleixin els següents requisits:

- a.** Existència d'informació adequada per determinar la promoció immobiliària més plausible a desenvolupar segons el règim urbanístic aplicable o, si és el cas, de terrenys amb edificis acabats, per comprovar si compleixen amb la normativa urbanística.
- b.** Existència de suficient informació sobre costos de construcció, despeses de promoció, financeres i de comercialització, que permetin estimar els costos i despeses normals per a un promotor de tipus mig i per a una promoció de característiques similars a la que es desenvoluparà.
- c.** Existència d'informació de mercat que permeti calcular els preus de venda més plausibles dels elements que s'inclouen en la promoció o en l'edifici en les dates previstes per a la seva comercialització.
- d.** Existència de suficient informació sobre els rendiments de promocions similars.

10.2.4.2. Procediments de càlcul del mètode residual.

El valor pel mètode residual es calcularà seguint un dels procediments següents:

a. Anàlisi d'inversions amb valors esperats (Procediment de càlcul dinàmic)

Aquest procediment de càlcul dinàmic s'aplicarà en terrenys urbans o urbanitzables, estiguin o no edificats, així com en edificis en projecte, construcció o rehabilitació, fins i tot en el cas de que les obres es trobin paralitzades.

Per poder aplicar el mètode residual pel procediment dinàmic caldrà que, a més de complir-se els requisits citats en l'apartat 10.2.4.1., es disposi d'informació sobre els terminis de construcció o rehabilitació i de comercialització de l'immoble i, si és el cas, de gestió urbanística i d'execució de la urbanització.

b. Anàlisi d'inversions amb valors actuals (Procediment de càlcul estàtic)

El procediment de càlcul estàtic només serà aplicable a solars i immobles en rehabilitació en els quals es pugui començar l'edificació o rehabilitació en un termini no superior a un any, així com als solar edificats.

10.2.4.3. Procediment de càlcul dinàmic.

Quan calculem el valor residual d'un immoble seguint el procediment dinàmic, haurem de seguir les següents passes:

a. Estimació dels fluxos de caixa.

L' estimació dels fluxos de caixa es realitzaran a partir de:

- L'estimació dels cobraments i, si és el cas, dels lliuraments de crèdits que s'estimi que s'obtindrà per la venda de l'immoble a promoure.

Aquesta estimació s'obtindrà a partir dels valors de venda previstos en les dates de comercialització en la hipòtesi d'edifici acabat que es calcularan a través dels mètodes de comparació i/o d'actualització de rendes en la data de taxació, i a l'evolució esperada dels preus de mercat.

- L'estimació dels pagaments que es suposa que realitzarà per els diversos costos i despeses durant la construcció o rehabilitació, fins i tot per els crèdits concedits.

Aquesta estimació s'obtindrà a partir de l'estimació dels costos de construcció, les despeses necessàries de promoció, financeres i de comercialització normals per un promotor de tipus mig i per una promoció de característiques similars a la seleccionada. En el cas d'immobles en rehabilitació i en aquells terrenys que comptin amb un projecte d'obra nova, tindrem en compte els costos de construcció pressupostats en el corresponent projecte.

Aquests cobraments i pagaments s'aplicaran en les dates previstes per a la comercialització i construcció de l'immoble. Per determinar aquestes dates i terminis previstos, s'haurà de tenir present, a més dels sistemes de pagaments a proveïdors, les hipòtesis més plausibles, en funció de les qualitats i característiques de l'immoble projectat, i quan es tracti de

terrenys, segons el grau del planejament, de la gestió urbanística i de la urbanització.

Per determinar l'immoble a promoure sobre l'objecte a valorar es tindrà en compte el principi del major i millor ús. Però, quan es conegui el destí decidit per la propietat de l'immoble i no s'oposi a la normativa urbanística s'atendrà al mateix. De totes maneres, quan es tracti de solars edificats d'acord amb el règim urbanístic aplicable, a menys que existeixi la possibilitat de materialitzar el principi de major i millor ús, s'atendrà a l'edificació existent.

b. Fixar un tipus d'actualització.

Com a tipus d'actualització s'utilitza habitualment el representatiu de la taxa de rendibilitat mitja anual sobre fons propis que obtindria un promotor mig en una promoció de les característiques de l'analitzada, que podem calcular segons la fórmula següent:

$$I = \text{taxa lliure de risc} + \text{prima de risc} \quad (10.25)$$

on:

- La taxa lliure de risc serà el tipus d'actualització establert en l'apartat 10.2.3.5., és a dir, el tipus d'actualització en el mètode d'actualització, prenent-lo nominal o real en funció de que l'estimació dels fluxos de caixa sigui constant o nominal.
- La prima de risc es determinarà per l'entitat taxadora, a partir de la informació sobre promocions immobiliàries de que disposi, per mitjà de l'avaluació del risc de la promoció en funció del tipus d'actiu immobiliari a construir, la seva ubicació, liquidés i termini d'execució, així com el volum de la inversió necessària.

Quan en la determinació dels fluxos de caixa es tingui en compte el finançament aliè, la prima de risc s'haurà d'incrementar en funció del percentatge d'aquest finançament que s'atribueixi al projecte i dels tipus d'interès habituals del mercat hipotecari. Aquest increment, però, haurà d'estar justificat.

c. Aplicació de la fórmula de càlcul.

El valor residual de l'immoble objecte de valoració serà la diferència entre el valor actual dels cobraments que s'han obtingut per la venda de l'immoble acabat i el valor actual dels pagaments realitzats per els diversos costos i despeses, per el tipus d'actualització fixat, utilitzant la fórmula següent:

$$V_s = \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{(1+I)^j} - \sum_{k=1}^m \frac{P_k}{(1+I)^k} \quad (10.26)$$

Essent,

V_s = Valor del terreny o immoble a rehabilitar.

C_j = Import dels ingressos previstos en el moment j .

P_k = Import dels pagaments previstos en el moment k .

I = Tipus d'actualització escollit corresponent a la durada de cada un dels període considerats.

10.2.4.4. Procediment de càlcul estàtic.

Quan calculem el valor residual d'un immoble seguint el procediment estàtic, haurem de seguir les següents passes:

- a.** Estimació dels costos de construcció, de les despeses necessàries de promoció, financeres i de comercialització normals per un promotor de tipus mig i per una promoció de característiques similars a l'analitzada. En el cas d'immobles en rehabilitació i en aquells terrenys que comptin amb projecte d'obra nova, es tindrà en compte els costos de construcció pressupostats en el corresponent projecte.
- b.** Estimació del valor de venda de l'immoble a promoure per la hipòtesi d'edifici acabat en referència a la data de taxació. Aquest valor de venda s'obindrà en base a un dels tres mètodes anteriors (és a dir, pel mètode del cost, pel mètode de comparació o bé pel mètode d'actualització de rendes).
- c.** Fixació del marge de benefici del promotor per part de l'entitat taxadora. Aquest marge de benefici es fixarà en funció al que es considera comú en les promocions de característiques similars i ubicació, així com les despeses financeres i de comercialització més freqüents.
- d.** Aplicació de la fórmula de càlcul.

El valor de càlcul de l'immoble objecte de valoració serà el que resultarà de l'aplicació de la fórmula següent:

$$V_s = VM(1-b) - \sum P_i \quad (10.27)$$

Essent,

V_s = Valor del terreny o immoble a rehabilitar.

VM = Valor de l'immoble e la hipòtesi d'edifici acabat.

b = Marge de benefici del promotor en tant per u.

P_i = Cada un dels pagaments necessaris considerats.

10.3. Propostes de valoració en context d'incertesa.

El que hem exposat en els apartats anteriors ens ha mostrat alguns dels mètodes clàssics existents de valoració immobiliària. Els diversos processos exposats permeten afirmar que la finalitat dels mateixos és aconseguir la conciliació entre el valor dels immobles, entès com un element objectiu derivat bàsicament en factors de producció i localització espacial, amb el preu, que com veiem al capdavant és una mesura subjectiva, ja que es troba sotmesa a la voluntat de les persones i que representaria el valor de la utilitat. A més, com ja s'ha comentat en la introducció d'aquest capítol, és molt difícil obtenir una estandarització en la fixació del preu ja que cada operació de compra venda d'immobles és diferent, i perquè moments diferents en el temps poden donar lloc a valoracions diferents. Llavors, cal que l'empresari promotor constructor abans de l'adquisició d'un immoble, sigui capaç de realitzar una bona valoració immobiliària tenint en compte, entre d'altres factors, el grau d'incertesa inherent en el procés, per la qual cosa creiem que li pot ser molt útil la utilització d'algunes de les eines que ens proporciona la matemàtica per al tractament de la incertesa en les tècniques de valoració immobiliària, i que hem exposat a la Part II d'aquesta tesi.

10.3.1. Aplicació del mètode del cost sota incertesa.

Com ja s'ha comentat en l'apartat 10.2.1., el mètode del cost permet determinar el cost de reposició de tota classe d'edificis i elements d'edificis en projecte, en construcció, rehabilitats o acabats.

Entenem que el cost de reposició és el cost de reproduir o reconstruir un immoble de característiques físiques i qualitats semblants en relació a l'immoble que es vol valorar.

Ja hem vist que el cost de reposició consisteix en determinar el cost de construir un edifici de característiques físiques i qualitats similars en relació a l'immoble objecte de valoració. Així, el mètode del cost consisteix en sumar al cost de reposició el valor del cost del solar per obtenir el valor de l'immoble.

D'aquesta manera escriurem:

$$V_I = V_s + CRB \quad (10.28)$$

o bé:

$$V_I = V_s + CRN \quad (10.29)$$

On:

V_I = valor de l'immoble.

V_s = valor del sòl.

CRB = cost de reposició brut.

CRN = cost de reposició net.

Com hem vist en l'apartat 10.2.1., el concepte de cost de reposició ens porta a diferenciar el cost de reposició brut (CRB) del cost de reposició net (CRN).

Tal com hem indicat anteriorment, la diferència existent entre el CRB i el CRN es deu a la consideració de l'aplicació de la depreciació deguda a l'envelliment de l'immoble al CRB per obtenir el CRN. És a dir, que una vegada tenim calculat el CRB, ajustarem aquest valor en funció de la seva antiguitat obtenint així el seu CRN.

Així doncs, cal aplicar un coeficient de depreciació al CRB que tingui en compte les característiques actuals de l'immoble que es vol valorar, i per tant inclogui la depreciació, entesa com la variació del seu estat que, degut al transcurs del temps, hagi causat una disminució física. També cal tenir en compte la depreciació funcional per si hagués existit pèrdua de valor per un possible canvi d'ús, així com la depreciació econòmica deguda a modificacions en l'oferta i la demanda.

Per al càlcul de la depreciació física normalment s'utilitza el mètode lineal en funció de la seva vida útil. Aquesta vida útil és l'estimada pel taxador que, segons el tipus d'immoble, l'Ordre ECO/805/2003, de 27 de març fixa uns límits màxims. Per exemple, en el cas de les vivendes se'ls ha fixat una vida útil màxima de cent anys, que si fos la vida útil considerada, se'ls aplicarà una depreciació de l'1% anual.

Exemple:

Ús: vivenda.

Vida útil: 100 anys,

Antiguitat: 30 anys.

Depreciació: 30%=0.30

Coeficient de depreciació (d) : $1-0.30=0.70$

CRB: 150 u.m./m²

CRN $150 \times 0.70 = 105$ u.m./m²

Per tant, segons aquestes dades i emprant el mètode de reposició net tenim:

$$V_I = V_s + CRN = V_s + CRB \times d \quad (10.30)$$

Com s'observa, per a la determinació de la depreciació funcional i econòmica hem de confiar en el nostre instint i experiència, termes completament subjectius i és aquí on creiem que es manifesta, en aquest mètode, la necessitat de les tècniques *fuzzy* ja que tot procediment que porti inherent la subjectivitat està carregat d'incertesa i per tant cal aplicar una metodologia que la redueixi.

La depreciació funcional és la deducció que es realitza sobre el CRB d'un immoble per la seva defectuosa adaptació a la funció a la qual es destina. L'esmentada Ordre ECO/805/2003, de 27 de març, diu que aquest tipus de depreciació es calcularà deduint del CRB de l'immoble, exclòs el valor de mercat del terreny, el valor dels costos i despeses necessàries per adaptar l'edifici als usos als quals es destina, o per corregir errors de disseny o perquè sigui obsolet. L'ús d'aquest coeficient de depreciació ha de restringir-se als usos que es manifestin inadequats en relació amb la seva utilització idònia.

Nosaltres proposem determinar la depreciació funcional, emprant l'anomenat coeficient d'adequació que ens permetrà conèixer el grau en que s'adequa un tipus d'edificació per una determinada zona en funció de les seves característiques.

Per visualitzar a través d'un exemple l'ús del coeficient d'adequació considerem el supòsit següent:

Suposem set característiques que són necessàries perquè, per exemple, un futur projecte de centre comercial funcioni adequadament. Notarem aquest conjunt de característiques per $\Omega = \{A, B, C, D, E, F, G\}$. Suposarem que el subconjunt borrós \underline{T} indica les exigències d'entorn per aquest tipus de centre i que ha estat valorat per experts com:

	A	B	C	D	E	F	G
$\tilde{T} =$	0.8	0.8	.8	0.7	0.3	0.9	0

Anem a suposar que l'opinió de tres experts respecte a la qualificació de l'immoble sobre les set qualitats respon als següents subconjunts borrosos, \tilde{E}_1, \tilde{E}_2 i \tilde{E}_3 , en la que s'ha demanat als experts que valoressin el grau d'acompliment de cada característica seguint una escala endecanària, on el valor 0 indica totalment inadequat i el valor 1 totalment adequat.:

	A	B	C	D	E	F	G
$\tilde{E}_1 =$	0.2	0.4	0.3	0.3	0.4	0.2	0.3

	A	B	C	D	E	F	G
$\tilde{E}_2 =$	0.3	0.5	0.4	0.3	0.6	0.4	0.5

	A	B	C	D	E	F	G
$\tilde{E}_3 =$	0.6	0.6	0.6	0.2	0.4	0.4	0.2

Considerarem el següent criteri de determinació d'un coeficient d'adequació a les característiques analitzades:

Per una característica determinada x ($x \in \Omega$), definim el nivell d'adequació segons l'expert E_i a la característica x , i ho representarem per k ($E_i \rightarrow x$) al valor:

$$k(E_i \rightarrow x) = \begin{cases} 1 & \text{si } \mu_{E_i}(x) \geq \mu_{\underline{T}}(x) \\ 1 - [\mu_{\underline{T}}(x) - \mu_{E_i}(x)] & \text{si } \mu_{E_i}(x) < \mu_{\underline{T}}(x) \end{cases} \quad (10.31)$$

Segons aquesta definició podem expressar aquest nivell d'adequació de forma unificada com segueix:

$$k(E_i \rightarrow x) = 1 \wedge (1 - \mu_{\underline{T}}(x) + \mu_{E_i}(x)) \quad (10.32)$$

A partir del càlcul dels nivells d'adequació segons l'expert E_i a cada característica; podem definir el coeficient d'adequació del conjunt borrós \underline{E}_i al conjunt borrós \underline{T} , i que representarem per $k(E_i, \underline{T})$ al valor:

$$k(E_i, \underline{T}) = \frac{\sum_{k \in \Omega} k(E_i \rightarrow x)}{\text{cardinal} \Omega} \quad (10.33)$$

Seguint els valors del nostre exemple particular, tenim:

$$k(\underline{E}_1, \underline{T}) = \frac{0.4 + 0.6 + 0.5 + 0.6 + 1 + 0.3 + 1}{7} = 0.62$$

$$k(\underline{E}_2, \underline{T}) = \frac{0.5 + 0.7 + 0.6 + 0.6 + 1 + 0.5 + 1}{7} = 0.7$$

$$k(\underline{E}_3, \underline{T}) = \frac{0.8 + 0.8 + 0.8 + 0.5 + 1 + 0.5 + 1}{7} = 0.77$$

Tot seguit, definirem el coeficient d'adequació k com la mitjana aritmètica dels coeficients d'adequació dels diversos experts, és a dir:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n k(E_i, T)}{n} \quad (10.34)$$

on n representa el número d'experts consultats.

Aquest coeficient constitueix una agregació de l'opinió dels diversos experts. Evidentment podríem considerar una ponderació diferent per als diversos experts i calcular k a partir d'una mitjana ponderada dels diversos coeficients d'adequació.

Seguint el nostre exemple tenim:

$$k = \frac{k(E_1, T) + k(E_2, T) + k(E_3, T)}{3} = \frac{0'62 + 0'7 + 0'77}{3} = 0'7$$

Cal tenir en compte que es poden donar moltes alternatives diferents a la definició dels anteriors coeficients d'adequació. El nostre interès, amb aquest exemple, consisteix en mostrar una forma d'incorporar la incertesa i la subjectivitat en la determinació d'un coeficient que serveixi per determinar el cost de reposició net tenint en compte aquest factor d'adequació subjectiu.

D'aquesta manera, amb el nostre exemple, observem que, efectivament, el centre comercial ha sofert una depreciació funcional que tindrem en consideració, i que pot ser deguda a que quan es va construir, el seu entorn ofería unes característiques recollides en el subconjunt borrós T , les quals transcorreguts uns anys han anat variant fent que les característiques de l'entorn d'un centre comercial que el feien en principi rendible passin de ser totalment adequades a ser no tan adequades.

D'aquesta manera, per calcular el valor de l'immoble V_I , a més de tenir en compte el coeficient de depreciació d , incorporarem el coeficient d'adequació k segons l'expressió que segueix:

$$V_I = V_s + CRB \times d \times k \quad (10.35)$$

Així com hem valorat la depreciació econòmica podríem considerar situacions d'apreciació econòmica per adequar els resultats obtinguts a la realitat del mercat immobiliari, avaluant per exemple casos de sobrepreu en els productes immobiliaris deguts a raons contrastades d'alta demanda en el mercat, inexistència d'un altre producte similar, per l'alta qualitat en les característiques constructives, o també per avaluar un baix preu per manca de mercat o caiguda en desús.

10.3.2. Aplicació del mètode de comparació sota incertesa.

Com hem vist a l'apartat 10.2.2., la valoració d'immobles utilitzant el mètode de comparació ens permet trobar el valor de mercat d'un bé immoble a partir d'unes dades contrastables que permeten comparar el bé taxat amb d'altres dades conegudes. L'Ordre ECO/805/2003, de 27 de març, per a l'aplicació d'aquesta metodologia ens planteja una sèrie d'exigències com ara establir una segmentació de mercat, disposar d'informació de transaccions reals o d'ofertes de comparables, per tal de determinar el seu valor de mercat. Per realitzar el procés de comparació caldrà seleccionar mostres representatives dels preus dels immobles comparables, etc.

Aquesta norma pressuposa l'aplicació de la idea de probabilitat del valor de mercat dels immobles. S'imposa, en aquest cas, l'adopció dels mètodes estadístics com a eines per a la determinació del valor de mercat. Aquest procés haurà de contemplar dues fases: la primera, la recollida de dades reals i contrastables que possibilitin la reducció de la subjectivitat del taxador, i la segona, el tractament d'aquesta base de dades amb l'objectiu de determinar el valor de mercat entès aquest com el valor mig de l'interval de valors amb major grau de probabilitat.

A partir de les idees exposades, habitualment es proposa la utilització de tècniques d'anàlisi de regressió del preu de l'interval respecte d'alguna variable observable X . Existeixen dues modalitats d'aplicació, la regressió simple i la regressió múltiple. La primera modalitat és aplicable quan en les característiques dels immobles existeix una variable significativa que configura el valor, mentre que la modalitat de regressió múltiple serà més convenient quan hi ha més d'una variable rellevant en la determinació del valor de mercat de l'immoble. Generalment, sembla clar que poden donar un valor més ajustat a la realitat els models de regressió múltiple, tot i que, lògicament, presentaran un grau més alt de complexitat.

En el cas de la regressió lineal simple, l'estadística clàssica realitza l'ajustament de les dades a la recta pel mètode dels mínims quadrats. Així, si X representa la variable que considerem significativa per la configuració del preu, i Y representa el preu de l'immoble, tindrem que la recta de regressió $\hat{Y} = a + b.X$ servirà per donar una estimació de Y coneguda la X . Per cada valor x_i observat de la variable X tindrem dos valors per a la variable Y : el valor observat en la mostra Y_i , i el valor obtingut a l'ajustar \hat{Y}_i (valor ajustat), per la qual cosa, per cada punt, es comet un error o residu que ve donat per $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$. Llavors, perquè la recta s'ajusti el màxim possible al núvol de punts, aquests errors hauran de ser mínims. Davant la impossibilitat de tractar individualment aquests errors i pel fet que existeixen errors positius i errors negatius es calcula la recta d'ajustament fent que sigui mínima la suma dels quadrats dels errors.

Per tant, els coeficients a i b de la recta de regressió es determinen a través del fet de minimitzar $\sum_{i=1}^n e_i^2$, obtenint els coeficients que hem especificat a l'apartat 10.2.2. A més, tal i com hem dit en l'esmentat apartat, l'ajustament tindrà una certa utilitat si el coeficient de correlació lineal és significativament diferent de zero. Quan més a prop de 1 estigui el valor absolut del coeficient de correlació lineal, millor serà l'ajustament de les dades donat per la recta de regressió.

Si bé els mètodes de comparació basats en les esmentades tècniques estadístiques de la regressió són molt utilitzats, hem de pensar que en la valoració immobiliària l'estimació humana resta sotmesa a factors subjectius. Per aquest motiu creiem que en aquest procés pot ser adequat l'ús de les tècniques de la matemàtica *fuzzy*.

Així, en el context del model de regressió lineal, la borrositat haurà d'incorporar les imprecisions de les estimacions humanes i les generades pel model, a diferència del model convencional on les desviacions corresponen, com hem vist, als errors aleatoris observats. A més, en el model borrós, les variables explicatives i, conseqüentment, la variable dependent (el preu) podran tenir un caràcter borrós i per tant caldrà tractar-les en funció de la seva naturalesa.

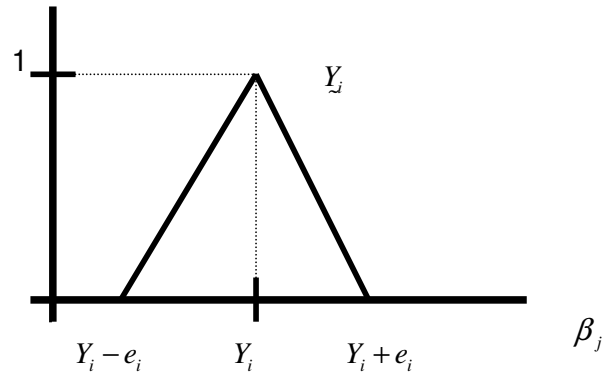
Una possible forma d'abordar el problema, en context d'incertesa consistirà en plantejar un model de regressió múltiple *fuzzy*, on suposarem que hi ha k variables independents x_1, x_2, \dots, x_k que influencien el valor del preu i una sèrie de paràmetres borrosos $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$, de manera que:

$$\tilde{Y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k \quad (10.36)$$

on \tilde{Y} seria l'estimació borrosa del preu.

Suposem que requerim l'opinió de n experts que, a través de l'observació de les k variables donen una resposta borrosa de Y , en forma de NBT simètric. És a dir, l'expert "i", observa els valors $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}$ de les variables respectives x_1, x_2, \dots, x_k (que suposem positives) i estima el valor $\tilde{Y}_i = (Y_i - e_i, Y_i, Y_i + e_i)$ de la figura 10.1.

Figura 10.1



Així, després de les observacions dels n experts disposarem de la següent taula de dades:

Observació	Valors de les variables observables	Resposta borrosa
1	$x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1k}$	\tilde{Y}_1
2	$x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2k}$	\tilde{Y}_2
3	$x_{31}, x_{32}, \dots, x_{3k}$	\tilde{Y}_3
...	...	
n	$x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nk}$	\tilde{Y}_n

Per determinar els coeficients borrosos β_j ($j=0,1,2,\dots,k$) que donin lloc al model de regressió múltiple borrosos expressat en (10.36), procedirem seguint la metodologia exposada per Tanaka²⁰.

²⁰ ROMERO, J.C; AGUILAR, A. : "Reconocimiento de un Patrón de Estimación Humana Aplicando el Modelo de Regresión Lineal Borrosa". Computación y Sistemas. Vol.3.Nº2, pp.105-114. Mexico.

Considerem en primer lloc que cada coeficient borrós β_j s'expressa a través d'un NBT simètric, amb terme central β_j com a valor de màxima pressumpció, i amb una desviació del centre σ_j ; és a dir, notarem

$$\beta_j = (\beta_j - \sigma_j, \beta_j, \beta_j + \sigma_j) \quad (j = 0, 1, 2, \dots, k) \quad (10.37)$$

Segons Tanaka, la determinació d'aquests coeficients es pot realitzar a partir de la resolució del següent model de programació lineal:

$$\text{Minimització de } z = \sum_{j=0}^k \sigma_j$$

subjecte a les condicions:

$$\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_k x_{ik} - (1-h) \sum_{j=0}^k \sigma_j x_{ij} \geq Y_i - (1-h) e_i$$

$$\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_k x_{ik} + (1-h) \sum_{j=0}^k \sigma_j x_{ij} \leq Y_i - (1-h) e_i$$

on $x_{i0} = 1$ i $0 < h < 1$ $i = 1, 2, \dots, n$.

D'aquesta forma podem plantejar en l'àmbit borrós un model alternatiu al model clàssic de regressió lineal.

Malgrat la possibilitat d'aplicació d'aquest model, i degut a la complexitat en la seva resolució quan el número de variables observables és massa gran, el plantejament que realitzem posteriorment en el capítol 13 consisteix en la utilització d'un model basat en les xarxes neuronals com a mètode alternatiu als mètodes estadístics clàssics per a la determinació del preu d'un immoble.

10.3.3. Aplicació del mètode d'actualització de rendes sota incertesa.

En aquest apartat analitzarem els mètodes d'actualització quan considerem com a valors incerts algunes de les variables que intervenen en els mateixos.

Sabem que el mètode d'actualització es pot aplicar a qualsevol tipus d'immoble susceptible de produir rendes sempre i quan es compleixen els requisits comentats en l'apartat 10.2.3.1. Com hem explicat anteriorment, el seu procediment consisteix en determinar el valor actual de totes les rendes netes futures imputables a l'immoble. És lògic suposar que en la majoria dels casos no podem conèixer amb certesa el volum d'ingressos i de despeses que generarà l'explotació de l'immoble objecte d'estudi. A més, és també un supòsit més realista considerar el tipus d'actualització com una variable incerta ja que a la realitat no és possible representar el tipus d'interès dels propers anys a través d'un únic valor cert. Pel que fa a la vida del projecte, tot i que resulta més realista considerar que aquest és també un valor incert que pot representar-se a través d'un número discret, nosaltres considerarem que és una variable coneguda que ve representada per un valor cert "n". Aquest fet facilita molt els càlculs posteriors i no és excessivament restrictiu ja que en els projectes immobiliaris la vida del projecte és un valor gran i sabem que quan més gran sigui, menor és l'impacte en el càlcul del valor actual net.

El que serà necessari realitzar és una estimació dels fluxos de caixa futurs, (diferència entre cobraments i pagaments), imputables a l'immoble fins el final de la seva vida útil. Per flux de caixa entendrem que és el disponible que té l'empresa tant sigui en caixa, com en comptes corrents. És important que l'empresari promotor constructor reconegui que el seu entorn és incert i que, per tant, ha d'utilitzar instruments vàlids per establir previsions pel futur. Un primer pas que podem utilitzar per dur a terme l'estimació dels fluxos de caixa consisteix en l'ús dels intervals de confiança, en els quals s'expressaran els valors dels cobraments i pagaments que pugui generar l'explotació de l'immoble. Aquesta és una primera forma de tractar la incertesa, ja que tot i

que l'empresari no sigui capaç de conèixer el valor exacte, sí podrà estimar entre quin mínim i quin màxim poden situar-se. Tot i així, creiem més convenient per un millor tractament de l'opinió de varis experts, obtenir de cada un d'ells l'opinió sobre la perspectiva futura dels moviments dels fluxos de caixa demanant que ens proporcionï tres xifres, a_1, a_2, a_3 , essent a_1 el menor valor possible, a_2 el de màxim grau de presumpció i a_3 el major valor possible tant pel que fa als ingressos com a les despeses. Aquesta opinió que ens dóna l'expert la traslladem al càlcul *fuzzy* transformant les seves opinions en números borrosos triangulars, és a dir, l'estimació mínima de l'expert es converteix en l'extrem inferior del número borros triangular, l'estimació màxima serà l'extrem superior, mentre que aquell valor que té major grau de confiança és la xifra de màxima presumpció d'un número borros triangular.

Així, una vegada l'expert ens ha expressat l'estimació sobre els cobraments $\underline{C} = (c_{k1}, c_{k2}, c_{k3})$ i els pagaments $\underline{P} = (p_{k1}, p_{k2}, p_{k3})$ procedents de l'explotació de l'immoble en el període k realitzades al comptat, podem calcular el flux de rendiments nets segons l'expert dels comptes de tresoreria de l'empresa promotora constructora realitzant la diferència entre ambdós NBT's, obtenint:

$$F\underline{C} = \underline{C} - \underline{P} = (c_{k1}, c_{k2}, c_{k3})(-)(p_{k1}, p_{k2}, p_{k3}) = (c_{k1} - p_{k3}, c_{k2} - c_{k2}, c_{k3} - p_{k1}) = (fc_{k1}, fc_{k2}, fc_{k3}) \quad (10.38)$$

Anem ara a formalitzar tot aquest procés de manera que ens sigui possible reduir el grau d'incertesa a partir de l'opinió de n experts, que suposarem que ens proporcionen les seves valuacions en relació als futurs cobraments i pagaments que conformen els futurs fluxos de caixa, per mitjà de números borrosos triangulars, tal i com hem vist.

Si designem per $\underline{C}_{ki} = (c_{ki1}, c_{ki2}, c_{ki3})$ la valuació de cobraments que realitza l'expert i per al període k ($i=1,2,\dots,n$), i per $\underline{P}_{ki} = (p_{ki1}, p_{ki2}, p_{ki3})$ la de

pagaments del mateix expert, tindrem que la diferència entre aquests números borrosos triangulars queda representada per $FC_{\sim ki}$,

$$FC_{\sim ki} = (c_{ki1}, c_{ki2}, c_{ki3})(-)(p_{ki1}, p_{ki2}, p_{ki3}) = (c_{ki1} - p_{ki3}, c_{ki2} - p_{ki2}, c_{ki3} - p_{ki1}) = (fc_{ki1}, fc_{ki2}, fc_{ki3}) \quad (10.39)$$

Amb la finalitat d'obtenir una bona representació de l'opinió de tots els experts, procedirem a l'obtenció del corresponent número borrós mig dels n números borrosos triangulars:

$$FC_{\square} = \frac{1}{n} \cdot \left(\sum_{i=1}^n fc_{ki1}, \sum_{i=1}^n fc_{ki2}, \sum_{i=1}^n fc_{ki3} \right) = (fc_{k1}, fc_{k2}, fc_{k3}) \quad (10.40)$$

Aquest serà el número borrós triangular que utilitzarem com a representació de la magnitud incerta dels fluxos de caixa.

Tot i així, hem d'analitzar detingudament el resultat obtingut i comparar-lo amb l'opinió de cada expert. D'aquesta comparació pot ser que descobrim algunes opinions que s'allunyen de la que hem considerat representativa de l'agregat, per la qual cosa, hem d'intentar l'apropament d'aquestes opinions. Amb aquesta intenció s'informarà a cada expert de la distància existent entre la seva opinió i l'opinió agregada de tots els experts, perquè es repensi o no l'opinió que inicialment ha manifestat.

Quan existeixen un o varis experts que difereixen molt en les seves opinions respecte del grup, és necessari realitzar un acurat estudi de les causes que motiven aquesta disparitat, les quals poden ser degudes a raons que faran que es desestimi l'opinió d'alguns experts.

Una vegada realitzat aquest procés d'estimació dels futurs fluxos de caixa realitzarem un procés similar per a l'estimació dels futurs tipus d'interès que considerem també incerts, per la qual cosa seguirem la mateixa tècnica

emprada anteriorment, és a dir, necessitarem de l'opinió de diversos experts en la matèria i sol·licitarem a cada expert que ens proporcioni tres xifres per fer una estimació del tipus d'interès en cada període.

Si suposem que per a cada període, l'expert i ens proporciona el NBT $I_i = (I_{i1}, I_{i2}, I_{i3})$, de manera similar al que hem exposat per als fluxos de caixa prendrem el número borrós mig per expressar el tipus d'interès incert en cada període:

$$\tilde{I} = \underset{\square}{I} = \frac{1}{n} \cdot \left(\sum_{i=1}^n I_{i1}, \sum_{i=1}^n I_{i2}, \sum_{i=1}^n I_{i3} \right) = (I_1, I_2, I_3) \quad (10.41)$$

Per obtenir una representació de l'opinió dels n experts, procedirem al càlcul del corresponent número borrós mig que representi el tipus d'actualització per un període determinat.

$$\underset{\square}{I} = \frac{1}{n} (\cdot) \sum_{i=1}^n (i_{1i}, i_{2i}, i_{3i}) = \frac{1}{n} (\cdot) \left[\sum_{i=1}^n i_{1i}, \sum_{i=1}^n i_{2i}, \sum_{i=1}^n i_{3i} \right] \quad (10.42)$$

També, en aquest cas i una vegada tenim els resultats, caldrà realitzar una anàlisi de les possibles diferències entre les opinions dels diferents experts respecte la mitjana.

Pel que fa la durada del projecte immobiliari, tal com hem justificat, suposarem que és conegut i definit en el projecte realitzat pel grup d'enginyers i arquitectes que treballen per l'empresari promotor constructor, de manera que a partir de la vida útil de l'immoble, també hi haurà definit un pla d'amortització. Al deduir del valor de l'immoble el total amortitzat fins al final de la seva vida útil s'obtindrà el valor residual $\underset{\square}{VR}$.

Al tenir estimats els futurs fluxos de caixa, els futurs tipus, així com la durada del projecte i el valor residual, estem en condicions de poder determinar el valor actual net que resulta de l'explotació de l'immoble objecte d'estudi.

Amb aquestes dades incertes calcularem el valor incert \underline{VA} a partir de l'ampliació a l'àmbit de la incertesa de l'equació (10.13) obtenint:

$$\underline{VA} = \sum_{j=1}^n \frac{\underline{FC}_j}{(1+\underline{I})^j} + \frac{\underline{VR}}{(1+\underline{I})^n} \quad (10.43)$$

Tot i que, disposant de les funcions de pertinença dels números borrosos $\underline{FC}_1, \underline{FC}_2, \dots, \underline{FC}_n$, i \underline{VR} podrem obtenir l'expressió de la funció de pertinença del \underline{VA} , per als nostres objectius és més operatiu obtenir el número borrós \underline{VA} a través dels seus α -talls, la qual cosa s'aconsegueix aplicant l'aritmètica dels intervals, o bé tenint en compte que, en aquest cas, la funció que permet obtenir el valor actual és creixent respecte els fluxos de caixa anuals i decreixent respecte el tipus d'actualització, amb el que, els α -talls del valor actual venen donats per l'expressió:

$$VA_\alpha = [\underline{VA}(\alpha), \overline{VA}(\alpha)]$$

essent,

$$\underline{VA}(\alpha) = \frac{\underline{FC}_1(\alpha)}{1+\underline{I}(\alpha)} + \frac{\underline{FC}_2(\alpha)}{(1+\underline{I}(\alpha))^2} + \dots + \frac{\underline{FC}_n(\alpha)}{(1+\underline{I}(\alpha))^n} + \frac{\underline{VR}(\alpha)}{(1+\underline{I}(\alpha))^n} \quad (10.44)$$

$$\overline{VA}(\alpha) = \frac{\overline{FC}_1(\alpha)}{1+\overline{I}(\alpha)} + \frac{\overline{FC}_2(\alpha)}{(1+\overline{I}(\alpha))^2} + \dots + \frac{\overline{FC}_n(\alpha)}{(1+\overline{I}(\alpha))^n} + \frac{\overline{VR}(\alpha)}{(1+\overline{I}(\alpha))^n} \quad (10.45)$$

Tinguem en compte, a més, que en virtut de les hipòtesis d'incertesa amb les que s'ha plantejat el criteri, hem suposat que el tipus d'actualització és incert però d'una quantia similar al llarg del temps, amb el que el representem a través d'un únic número borrós que serà el mateix al llarg de la vida del projecte. En el cas que desitgem considerar el tipus d'actualització amb estructures diferents en els diversos períodes de temps, que representarem respectivament per $\underline{I}_1, \underline{I}_2, \dots, \underline{I}_n$, tindrem aleshores que l'expressió borrosa del \overline{VA} vindrà donada per:

$$\overline{VA} = \frac{FC_1}{1 + \underline{I}_1} + \frac{FC_2}{(1 + \underline{I}_1) \cdot (1 + \underline{I}_2)} + \dots + \frac{FC_n}{(1 + \underline{I}_1) \cdot (1 + \underline{I}_2) \cdot \dots \cdot (1 + \underline{I}_n)} + \frac{VR}{(1 + \underline{I}_1) \cdot (1 + \underline{I}_2) \cdot \dots \cdot (1 + \underline{I}_n)}$$

(10.46)

i es procedirà de manera similar en la determinació de l'expressió de la funció de pertinença i en el càlcul dels α -talls.

10.3.4. Aplicació dels mètodes residuals sota incertesa

Com ja hem indicat en l'apartat 10.2.4., el mètode residual dinàmic i el mètode residual estàtic s'utilitzen quan no és possible aplicar el mètode de comparació i es basen en els principis del valor residual i del major i millor ús.

A més, recordem que la seva aplicació té per finalitat la determinació del valor de mercat d'un terreny edificable o d'un immoble a rehabilitar com el preu més possible que, en el moment de la seva taxació, estaria disposat a pagar per aquest terreny o immoble un promotor de tipus mig que aprofités el seu major i millor ús.

La seva aplicació requereix seguir les següents passes:

a.- Determinar la promoció immobiliària més adequada a desenvolupar sobre l'immoble a valorar, segons el principi de major i millor ús, és a dir, dotant a l'immoble de l'ús més probable i financerament aconsellable tenint en compte les possibilitats legals i físiques.

Suposem a mode d'exemple, un immoble sobre el qual es realitzarà la promoció i que es troba en una determinada zona. Mitjançant la consulta a experts es va determinar un perfil d'immoble ideal en referència a 6 característiques diferents {a,b,c,d,e,f} i que ve definit pel subconjunt borrós \underline{M} , que indica l'immoble ideal per aquest tipus de zona:

x	a	b	c	d	e	f
$\mu_{\underline{M}(x)}$	0.7	1	0.4	0.9	1	0.5

Suposem que es tenen cinc possibles projectes que pot dur a terme un promotor constructor i que la seva valuació per part dels experts hagi donat:

X	a	b	c	d	e	f
\underline{H}_1	0.8	1	0.3	0	0.7	1

X	a	b	c	d	e	f
\underline{H}_2	0.2	0.8	1	0.7	0.6	0.3

X	a	b	c	d	e	f
\underline{H}_3	0.5	0.5	0.9	0.3	1	1

X	a	b	c	d	e	f
\underline{H}_4	1	0.9	0.5	0.6	0.8	0.4

X	a	b	c	d	e	f
\underline{H}_5	0.4	0.5	0.3	1	0.3	0.2

Una vegada recollides les valuacions, calcularem la distància relativa de Hamming de cada projecte respecte al projecte ideal. És a dir,

$$\delta(H_i, \underline{M}) = \frac{1}{n} \sum |\mu_{\underline{H}_i}(x) - \mu_{\underline{M}}(x)|$$

Essent n el número de característiques tingudes en compte per avaluar cada projecte, en el nostre exemple, 6.

$$\delta(\underline{H}_1, \underline{M}) = \frac{1}{6} (|0.8 - 0.7| + |1 - 1| + |0.3 - 0.4| + |0 - 0.9| + |0.7 - 1| + |1 - 0.5|) = 0.31$$

$$\delta(\underline{H}_2, \underline{M}) = 0.35$$

$$\delta(\underline{H}_3, \underline{M}) = 0.38$$

$$\delta(\underline{H}_4, \underline{M}) = 0.18$$

$$\delta(\underline{H}_5, \underline{M}) = 0.33$$

En aquestes condicions, considerem que el projecte que s'acosta més a l'ideal és aquell que presenta una distància relativa més petita respecte l'ideal, en el nostre exemple, el projecte 4, i, a més, podem ordenar els 5 projectes per ordre de preferència:

$$H_4 > H_1 > H_5 > H_2 > H_3$$

b.- Estimar les dates i terminis de la construcció o rehabilitació. Per realitzar aquesta estimació necessitarem novament de l'opinió d'experts, constructors, arquitectes o enginyers, que recollirem en forma de números borrosos triangulars i una vegada recopilades totes aquestes opinions trobarem la representativa a partir del càlcul del NBT mitjà.

$$\bar{T}^m = \frac{1}{n} (\cdot) \sum_{i=1}^n (t_{1i}, t_{2i}, t_{3i}) = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n t_{1i}, \sum_{i=1}^n t_{2i}, \sum_{i=1}^n t_{3i} \right] \quad (10.47)$$

c.- Estimar els costos de construcció, les despeses necessàries de promoció, financeres i de comercialització. En aquest cas també aplicarem la tècnica anterior tot i que seria aconsellable que, tractant-se de despeses, el promotor constructor tingués clar quines seran. És a dir, abans de començar el projecte, els pressupostos de despeses haurien d'estar definits i tancats.

$$\bar{P}^m = \frac{1}{n} (\cdot) \sum_{i=1}^n (p_{1i}, p_{2i}, p_{3i}) = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n p_{1i}, \sum_{i=1}^n p_{2i}, \sum_{i=1}^n p_{3i} \right] \quad (10.48)$$

d.- Realitzar l'estimació del valor de mercat que tindrà l'immoble quan s'hagi finalitzat la seva construcció. Partirem del valor de mercat en la data de taxació obtingut per l'aplicació d'algun dels tres mètodes anteriors.

Per poder estimar l'evolució estimada dels preus de mercat també ho farem a través de l'opinió de diferents experts i transformarem aquestes opinions en NBT que agregarem en una sola a partir del NBT mig:

$$\bar{Q}^m = \frac{1}{n} (\cdot) \sum_{i=1}^n (q_{1i}, q_{2i}, q_{3i}) = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n q_{1i}, \sum_{i=1}^n q_{2i}, \sum_{i=1}^n q_{3i} \right] \quad (10.49)$$

e.- Determinar els fluxos de caixa previsibles durant la promoció en funció de les dades i estimacions anteriors. En el pas c ja hem estimat els costos de construcció, les despeses de promoció, financeres i de comercialització per la qual cosa, per determinar els fluxos de caixa previsibles ens caldrà estimar les entrades de caixa que ho farem de la mateixa manera com hem fet per les sortides de caixa. És a dir:

$$\bar{C}^m = \frac{1}{n} (\cdot) \sum_{i=1}^n (c_{1i}, c_{2i}, c_{3i}) = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n c_{1i}, \sum_{i=1}^n c_{2i}, \sum_{i=1}^n c_{3i} \right] \quad (10.50)$$

Així doncs, podrem obtenir l'estimació dels fluxos de caixa a partir de la diferència entre les entrades i sortides de diner. De totes maneres, seria molt més adient que el promotor constructor tingui clar a l'inici del projecte quines seran les seves entrades de recursos per poder gaudir d'una bona previsió de tresoreria i poder evitar saldos negatius de tresoreria que provoquen una gran càrrega d'interessos i una molt mala imatge o bé saldos massa positius ja que aquests tenen un alt cost d'oportunitat. Llavors, per dur un correcte control de tresoreria caldria que el promotor constructor tingués definit el pla de despeses a partir de pressupostos tancats amb els seus proveïdors i saber del cert amb quines entrades de recursos pot comptar a partir de lletres firmades per clients que han comprat l'immoble sobre plànol així com de préstecs amb carència parcial que ofereixen els bancs als promotors constructors i que van cedint a través de les taxacions.

f.- Fixar un tipus d'actualització que serà la que resulti de la suma d'una taxa lliure de risc, L , més una prima de risc, R . L'Ordre ECO/805/2003 ens diu que la taxa de risc serà el tipus d'actualització emprat en el mètode d'actualització i que la prima de risc es determinarà a partir de la informació sobre promocions immobiliàries, per mitjà de l'avaluació del risc de la promoció, en funció del tipus d'actiu immobiliari a construir, la seva ubicació, liquidés i termini d'execució, així com el volum de la inversió necessària.

Per estimar la prima de risc tornarem a necessitar de la participació de diversos experts i obtindrem d'ells la seva opinió que expressarem en NBT i prendrem com a opinió representativa el NBT mig.

$$\bar{R} = \frac{1}{n} (\cdot) \sum_{i=1}^n (r_1, r_2, r_3) = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n r_1, \sum_{i=1}^n r_2, \sum_{i=1}^n r_3 \right] \quad (10.51)$$

i en aquestes condicions,

$$I_m = L + (\bar{R} \vee R) \quad (10.52)$$

g.- Calcularem el valor de mercat, V_s , a partir de la diferència entre el valor actual dels ingressos obtinguts per la venda de l'immoble acabat, C_j^m , i el valor actual dels pagaments realitzats pels diversos costos i despeses, P_k^m , pel tipus d'actualització fixat, I_m . Abans, però expressarem els NBT en α talls. L'expressió queda com segueix:

$$V_s = \sum \frac{C_j^m}{(1+I_m)^{t_j}} - \sum \frac{P_k^m}{(1+I_m)^{t_k}} \quad (10.53)$$

essent t_j el número de períodes de temps previstos des del moment de la valoració fins que es produeixi cada un dels ingressos, i t_k el número de períodes de temps previstos des del moment de la valoració fins que es produeixi cada una de les despeses.

CAPITOL 11

LES CADENES D'INFERÈNCIES EN L'ANÀLISI DE DECISIONS D'INVERSIÓ EN L'ÀMBIT DE LES EMPRESSES PROMOTORES CONSTRUCTORES

11.1. Introducció

És important que en la gestió de les empreses promotores constructors es realitzin estimacions sobre causes, i relacions de causa efecte, per ajudar a la consecució de la bona marxa empresarial i a l'encert en la presa de decisions, la qual cosa farà disminuir la incertesa del futur a partir de les opinions proporcionades pels experts mitjançant nivells de veritat sobre proposicions donades.

L'empresa promotora constructora, a l'hora de realitzar un estudi econòmic financer en l'anàlisi de decisions d'inversió i la seva viabilitat, haurà de fixar, *a priori*, uns objectius a assolir a l'acabament d'un projecte immobiliari. És a dir, que abans de dur a terme una obra s'haurà de fixar quin serà el cost total de la inversió i quina rendibilitat es vol obtenir. Aquestes dues últimes variables depenen del cost del solar i del pressupost de costos així com de l'estimació dels preus de venda. A més de determinar les condicions de pagament del solar i les condicions de pagament de l'obra, s'haurà de realitzar una estimació del ritme de les vendes a fi d'estimar els fluxos de fons durant la vida del projecte.

Presentarem un cas pràctic basant-nos en la construcció d'un graf d'inferències valuat a partir de l'opinió d'experts del sector objecte d'estudi que, juntament

amb les lògiques multivalents de Lukaciewicz i de Lee, ens permetrà obtenir la valuació de les possibilitats d'aconseguir les finalitats proposades, que són en aquest cas: el cost de la inversió que s'està disposat a pagar i el nivell de rendiments que es vol assolir. Amb aquesta estimació sobre causes i relacions de causa efecte podrem saber, *a priori*, si el projecte d'inversió immobiliari que s'està estudiant és viable o no.

Suposem el cas d'una empresa promotora constructora que ha de realitzar un estudi econòmic financer per analitzar un projecte d'inversió immobiliari amb la finalitat de valorar la seva viabilitat.

L'empresari promotor constructor construeix un estoc d'habitatges, per la qual cosa el risc empresarial i les incerteses de la variable ingressos són elevades. L'empresari, per aconseguir els seus objectius, precisa elaborar una cadena d'estats financers a partir de les dades subministrades pel projecte que li permetin assumir el risc empresarial i obtenir el seu marge de beneficis. L'optimització dels costos, mantenint les qualitats i especificatius tècnics dels materials, es converteix en norma d'actuació.

Per realitzar aquest estudi cal tenir en compte els elements d'ingressos i despeses que intervenen en el projecte immobiliari amb l'objectiu de poder estimar el compte de resultats previsional. Per una banda tenim els ingressos que tindran els seus orígens en les vendes d'habitatges i dels aparcaments, així com de locals si s'escau. Per l'altra banda, considerem les despeses com són la compra del solar, les despeses d'administració de l'obra, les intervencions tècniques, les escomeses, les despeses de construcció, de comercialització i d'administració de l'empresa. Per poder afrontar totes aquestes despeses, l'empresa ha de disposar de suficients recursos financers en el moment adequat i a un cost convenient. L'origen d'aquests recursos financers es coneixen genèricament amb el nom de fonts de finançament.

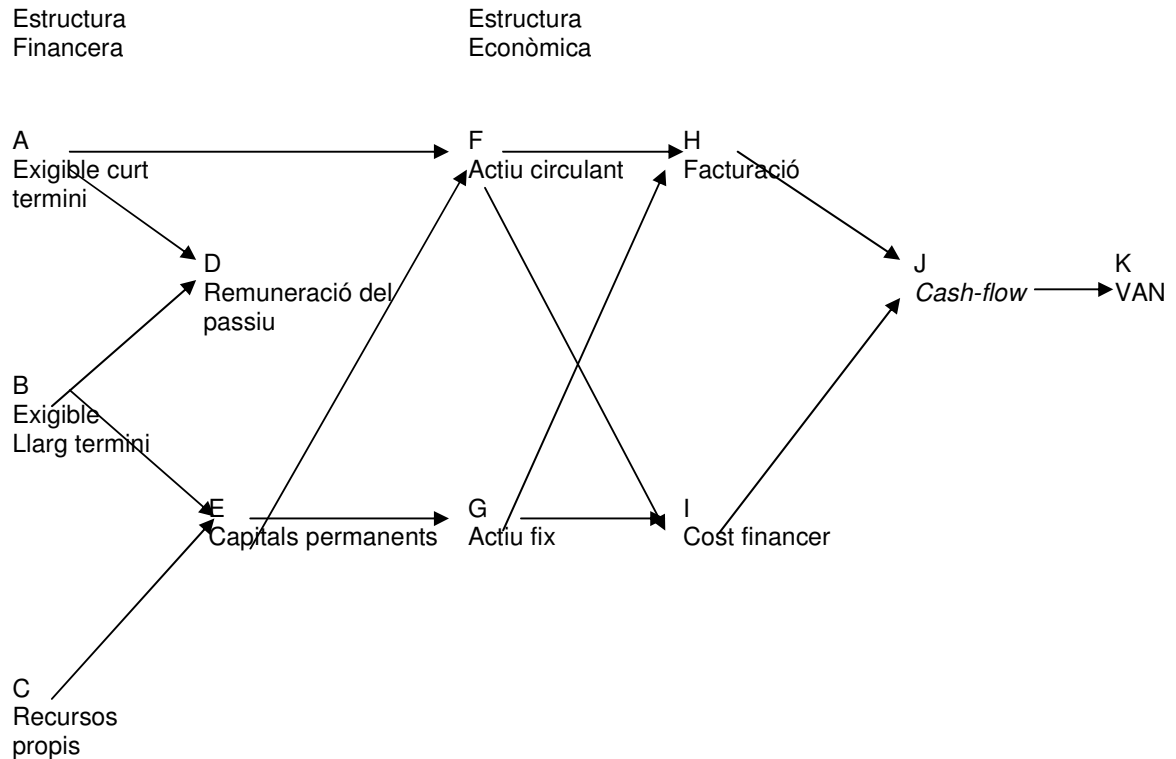
L'empresari promotor constructor d'habitatges es finança majoritàriament amb el que s'anomena "préstecs a la construcció" atorgats per les entitats financeres, que financen un elevat percentatge del projecte, i obtenen recursos a mesura que avança l'obra. Una vegada determinat el nominal del préstec i establert el tipus d'interès, es calcula la quota d'amortització per mitjà del sistema francès. Normalment, però, i durant un determinat període de temps només es paguen els interessos meritats per la quantitat disposada.

Observem, doncs, que existeix un cost financer implícit en l'edificació que s'ha d'absorbir amb el marge comercial. La cancel·lació de l'hipoteca es produirà en els terminis i venciments pactats. Per tant, és de gran importància la relació recursos propis sobre recursos aliens si es produeix un desfasament en les vendes per la capacitat de retorn del crèdit per part del promotor. A més, l'empresari promotor constructor ha de realitzar una anàlisi de previsió de fluxos de caixa per poder analitzar possibles desviacions a partir de la previsió de la periodificació de pagaments i cobraments.

11.2. Els objectius del projecte immobiliari en les cadenes d'inferències

Amb la finalitat de posar de manifest una cadena d'inferències destinades a l'acompliment d'un objectiu final, partirem d'una determinada estructura financera que ens porti a l'obtenció d'uns fluxos de caixa que ens permetin descobrir si podem fer front als pagaments i a l'obtenció de beneficis i, per tant, descobrir si és o no viable el projecte immobiliari objecte d'estudi.

11. Les cadenes d'inferències en l'anàlisi de decisions d'inversió en l'àmbit de les empreses promotores constructores



L'estructura financera d'aquest projecte es compon de recursos propis i exigible. Els recursos propis són formats pel capital subscrit pels socis de l'empresa, així com per les reserves derivades de la reinversió de part del benefici obtingut en d'altres projectes immobiliaris anteriors. Podem incloure també els ingressos a distribuir. Els recursos propis es caracteritzen per la inexistència d'un pla d'amortització financera i per la inexistència d'una remuneració del capital contractualment fixada. Això fa que aquesta dependrà del resultat del projecte i de la política de repartiment dels resultats que acostumi a tenir l'empresa. L'exigible el subdividim en exigible a curt termini i en exigible a llarg termini. L'exigible a curt termini es compon per tots els deutes de venciment inferior a dotze mesos (proveïdors, creditors), mentre que l'exigible a llarg termini es compon pels deutes de venciment superior a dotze mesos. Es tracta, doncs, del finançament aliè, és a dir, dels recursos aportats per terceres persones alienes a l'empresa. Es caracteritza bàsicament per

l'existència d'un pla d'amortització fixat prèviament i per l'existència d'una remuneració del capital contractualment fixada, és a dir, interessos.

L'empresari promotor constructor haurà de reflexionar sobre el cost financer i decidir el percentatge que li convé de recursos propis i aliens. L'empresari mesurarà l'aportació de recursos propis en funció del cost d'oportunitat d'inversió en altres projectes, i haurà de valorar la influència directa que tenen els recursos aliens en l'estructura financera, és a dir, del risc financer i l'efecte d'amplificació de la rendibilitat.

Així doncs, considerem un projecte immobiliari que posseeix una determinada estructura financera formada per : A = Exigible a curt termini 30% ; B = Exigible a llarg termini 50% ; C = Recursos propis 20%.

Observem que en les empreses promotores constructores, la seva capacitat per a obtenir recursos financers a llarg termini obliga a una discriminació del curt termini, essent el llarg molt superior al curt.

Aquesta estructura financera és la que hi ha i per tant són realitzacions aconseguides, per la qual cosa les valuacions són les següents: $v(A) = 1$, $v(B) = 1$ i $v(C) = 1$.

Amb aquest passiu es pretén aconseguir: D = Remuneració del passiu 4% i E = Capitals permanents 65%.

Amb l'estructura financera existent es complirà l'objectiu fixat pels capitals permanents, per la qual cosa $v(B \rightarrow E)=1$ i $v(C \rightarrow E)=1$. Per altra banda necessitem de l'ajut d'un expert en el sector de la promoció construcció perquè ens doni el seu parer a través de la seva opinió expressada en l'escala endecanària perquè ens indiqui les valuacions relatives a la consecució d'una remuneració del passiu en un percentatge del 4%, donat un exigible a curt termini del 30% del passiu i un exigible a llarg termini del 50%. L'expert assigna

les valuacions següents: $v(A \rightarrow D) = [0.6, 0.7]$; $v(B \rightarrow D) = [0.7, 0.8]$; $v(C \rightarrow E) = 1$; $v(B \rightarrow E) = 1$.

L'estructura financera, doncs, ens mostra l'origen dels fons que financen l'estructura econòmica. L'estructura econòmica la subdividim en dos grans blocs, l'actiu fix i l'actiu circulant. L'actiu fix està format per l'immobilitzat i per les despeses a distribuir en varis exercicis, és a dir, per tots els actius incorporats en l'activitat empresarial en els que la seva permanència és superior a l'any comptable. L'actiu circulant comprèn les existències, el realitzable i el disponible, és a dir, tots aquells béns i drets necessaris per la marxa de l'activitat normal de l'empresa.

Per tenir un bon equilibri financer, la gestió financera estableix que l'actiu fix ha de ser finançat en la seva totalitat dels capitals permanents, mentre que l'actiu circulant es nodreix de l'exigible a curt termini i dels capitals permanents. Les empreses promotores constructores presenten en l'actiu, per les seves elevades existències (solars), un actiu circulant superior a l'actiu fix i necessiten d'un important volum de recursos. En el projecte immobiliari objecte d'estudi queda establerta l'estructura financera de la següent manera: un 90% d'actiu circulant (F) i un 10% d'actiu fix (G). Llavors, es donaran unes inferències de valuació 1 ja que són consecucions extrems d'un balanç conegut. És a dir, $v(A \rightarrow F) = 1$; $v(E \rightarrow F) = 1$; $v(E \rightarrow G) = 1$.

A partir d'aquí es desitja obtenir un ritme de vendes que permeti un augment en la facturació major o igual al 10% (H) mantenint-se els costos ja pressupostats (I). Tant la xifra de facturació com els costos financers i de l'obra depenen bàsicament, de la mà d'obra, de la qualitat dels materials, etc., és a dir, de l'actiu fix i de l'actiu circulant. L'expert assigna les següents valuacions a les inferències: $v(F \rightarrow H) = [0.5, 0.6]$; $v(F \rightarrow I) = [0.4, 0.6]$; $v(G \rightarrow H) = [0.7, 0.8]$; $v(G \rightarrow I) = [0.6, 0.7]$.

En aquest estudi econòmic financer d'aquest projecte immobiliari és bàsic estimar el *cash-flow*, és a dir, els fluxes de tresoreria que són conseqüència de les entrades i sortides dels mitjans de pagament en els comptes de caixa i bancs. S'estableix com a objectiu aconseguir l'obtenció d'un *cash-flow* que superi com a mínim en un 15% la diferència entre el que es factura i els costos (J). L'expert opina que les inferències corresponents se'ls pot assignar les següents valuacions: $v(H \rightarrow J) = [0.6, 0.7]$; $v(I \rightarrow J) = [0.9, 1]$.

Una vegada tenim els fluxos i a partir de la seva actualització obtindrem el valor actual net (VAN). El VAN ens permetrà mesurar la rendibilitat del projecte en termes absoluts. El criteri del VAN incorpora el factor financer en forma de llei de valoració de capitalització composta, en el que la variable tipus d'interès ens permetrà homogeneïtzar els fluxos nets de caixa produïts en moments diferents del temps. Aquest tipus expressarà el cost d'oportunitat financer dels recursos invertits més un diferencial que dependrà del risc de l'operació. El risc de l'operació estarà en funció de la situació de la conjuntura econòmica i de la situació personal de l'empresari (grau d'aversion al risc) així com del producte immobiliari que s'està estudiant. Sabem que són interessants tots aquells projectes en els quals el seu VAN és positiu, és a dir, en els que el valor actual de les entrades de fons sigui superior al de les sortides. La diferència entre ambdues magnituds és l'increment de valor que l'empresa experimenta com a conseqüència de la inversió en aquest projecte. L'objectiu de l'empresari promotor constructor en el cas que estem estudiant és la obtenció d'un VAN superior en un 20% de la inversió (K). L'expert ens dóna la següent valuació: $v(J \rightarrow K) = [0.8, 0.9]$.

A partir d'aquestes informacions proposem seguir un procés que ens permeti estimar les possibilitats d'aconseguir l'objectiu final fixat.

11.3. Valuacions mitjançant l'inferència de Lukaciewicz

Amb la finalitat d'obtenir la valuació de les possibilitats d'aconseguir l'objectiu proposat en el vèrtex K, utilitzarem la inferència de Lukaciewicz, que té per expressió: $c = 1(\wedge)(\bar{a} + b)$, essent a, b i c intervals compresos en el segment $[0,1]$ i l'operador + significa suma ordinària.

Iniciarem el procés en el vèrtex D en el qual hi arriben dos arcs que procedeixen de A i de B. Calcularem primer $v_A(D)$ i tot seguit $v_B(D)$:

$$v(A \rightarrow D) = 1(\wedge)(\overline{v(A)} + v_A(D))$$

$$[0.6, 0.7] = 1(\wedge)(0 + v_A(D)) \Rightarrow v_A(D) = [0.6, 0.7]$$

$$v(B \rightarrow D) = 1(\wedge)(\overline{v(B)} + v_B(D))$$

$$[0.7, 0.8] = 1(\wedge)(0 + v_B(D)) \Rightarrow v_B(D) = [0.7, 0.8]$$

$$\text{Així doncs, } v(D) = v_A(D)(\wedge)v_B(D) = [0.6, 0.7](\wedge)[0.7, 0.8] = [0.6, 0.7]$$

Valuació del vèrtex E:

$$v(B \rightarrow E) = 1(\wedge)(\overline{v(B)} + v_B(E))$$

$$1 = 1(\wedge)(0 + v_B(E)) \Rightarrow v_B(E) = 1$$

$$v(C \rightarrow E) = 1(\wedge)(\overline{v(C)} + v_C(E))$$

$$1 = 1(\wedge)(0 + v_C(E)) \Rightarrow v_C(E) = 1$$

$$\text{Per tant, } v(E) = v_B(E)(\wedge)v_C(E) = 1(\wedge)1 = 1$$

Valuació del vèrtex F:

$$v(A \rightarrow F) = 1(\wedge)(\overline{v(A)} + v_A(F))$$

$$1 = 1(\wedge)(0 + v_A(F)) \Rightarrow v_A(F) = 1$$

$$v(E \rightarrow F) = 1(\wedge)(\overline{v(E)} + v_E(F))$$

$$1 = 1(\wedge)(0 + v_E(F)) \Rightarrow v_E(F) = 1$$

$$\text{Llavors, } v(F) = v_A(F)(\wedge)v_E(F) = 1(\wedge)1 = 1$$

Valuació del vèrtex G.: L'existència d'un sol arc dóna lloc a $v(G) = 1$

Valuació del vèrtex H:

$$v(F \rightarrow H) = 1(\wedge)(\overline{v(F)} + v_F(H))$$

$$[0.5, 0.6] = 1(\wedge)(0 + v_F(H)) \Rightarrow v_F(H) = [0.5, 0.6]$$

$$v(G \rightarrow H) = 1(\wedge)(\overline{v(G)} + v_G(H))$$

$$[0.7, 0.8] = 1(\wedge)(0 + v_G(H)) \Rightarrow v_G(H) = [0.7, 0.8]$$

$$\text{Per tant, } v(H) = v_F(H)(\wedge)v_G(H) = [0.5, 0.6](\wedge)[0.7, 0.8] = [0.5, 0.6]$$

Valuació del vèrtex I:

$$v(F \rightarrow I) = 1(\wedge)(\overline{v(F)} + v_F(I))$$

$$[0.4, 0.6] = 1(\wedge)(0 + v_F(I)) \Rightarrow v_F(I) = [0.4, 0.6]$$

$$v(G \rightarrow I) = 1(\wedge)(\overline{v(G)} + v_G(I))$$

$$[0.6, 0.7] = 1(\wedge)(0 + v_G(I)) \Rightarrow v_G(I) = [0.6, 0.7]$$

$$\text{Per tant, } v(I) = v_F(I)(\wedge)v_G(I) = [0.4, 0.6](\wedge)[0.6, 0.7] = [0.4, 0.6]$$

Valuació del vèrtex J:

$$v(H \rightarrow J) = 1(\wedge)(\overline{v(H)} + v_H(J))$$

$$[0.6, 0.7] = 1(\wedge)([0.4, 0.5] + v_H(J)) \Rightarrow v_F(J) = [0.2, 0.2]$$

$$v(I \rightarrow J) = 1(\wedge)(\overline{v(I)} + v_I(J))$$

$$[0.9, 1] = 1(\wedge)([0.4, 0.6] + v_I(J)) \Rightarrow v_I(J) = [0.5, b] \quad b \geq 0.4$$

$$\text{Per tant, } v(J) = v_H(J) \wedge v_I(J) = [0.2, 0.2] \wedge [0.5, b] = [0.2, 0.2]$$

Valuació del vèrtex K:

$$v(J \rightarrow K) = 1(\wedge)(\overline{v(J)} + v(K))$$

$$[0.8, 0.9] = 1(\wedge)([0.8, 0.8] + v(K)) \Rightarrow v(K) = [0, 0.1]$$

Interpretació del resultat:

Observem que les valuacions que s'obtenen a mesura que s'avança en la cadena d'inferències posen de manifest les dificultats que existeixen per aconseguir l'objectiu final, és a dir, aconseguir el nivell de rendibilitat fixat. L'exigència d'aconseguir un *cash-flow* per període superior en un 15% fa que l'objectiu final resulti gairebé sense cap possibilitat.

Davant una situació com aquesta es fa necessari buscar un nou plantejament dels objectius que es volen aconseguir, o bé desestimar aquest projecte i estudiar-ne d'altres. No hem d'oblidar, però, que les valuacions relatives a cada una de les inferències han estat realitzades per un expert per la qual cosa tenen un caràcter subjectiu. Llavors, podríem fer una revisió de les valuacions de cada una de les inferències que formen la cadena.

11.4. Valuacions mitjançant la inferència de Lee.

Amb la finalitat d'obtenir la valuació de les possibilitats d'aconseguir l'objectiu proposat en el vèrtex K, utilitzarem la inferència de Lee, que té per expressió: $c = \overline{a}(\vee)b$, essent a, b i c intervals compresos en el segment $[0,1]$.

Iniciarem el procés en el vèrtex D en el qual hi arriben dos arcs que procedeixen de A i de B. Calcularem primer $v_A(D)$ i tot seguit $v_B(D)$:

$$v(A \rightarrow D) = \overline{v(A)}(\vee)v_A(D)$$

$$[0.6,0.7] = 0(\vee)v_A(D) \Rightarrow v_A(D) = [0.6,0.7]$$

$$v(B \rightarrow D) = \overline{v(B)}(\vee)v_B(D)$$

$$[0.7,0.8] = 0(\vee)v_B(D) \Rightarrow v_B(D) = [0.7,0.8]$$

$$\text{Així doncs, } v(D) = v_A(D)(\wedge)v_B(D) = [0.6,0.7](\wedge)[0.7,0.8] = [0.6,0.7]$$

Valuació del vèrtex E:

$$v(B \rightarrow E) = \overline{v(B)}(\vee)v_B(E)$$

$$1 = 0(\vee)v_B(E) \Rightarrow v_B(E) = 1$$

$$v(C \rightarrow E) = \overline{v(C)}(\vee)v_C(E)$$

$$1 = 0(\vee)v_C(E) \Rightarrow v_C(E) = 1$$

$$\text{Per tant, } v(E) = v_B(E)(\wedge)v_C(E) = 1(\wedge)1 = 1$$

Valuació del vèrtex F:

$$v(A \rightarrow F) = \overline{v(A)}(\vee)v_A(F)$$

$$1 = 0(\vee)v_A(F) \Rightarrow v_A(F) = 1$$

$$v(E \rightarrow F) = \overline{v(E)}(\vee)v_E(F)$$

$$1 = 0(\vee)v_E(F) \Rightarrow v_E(F) = 1$$

$$\text{Llavors, } v(F) = v_A(F)(\wedge)v_E(F) = 1(\wedge)1 = 1$$

Valuació del vèrtex G.: L'existència d'un sol arc dóna lloc a $v(G) = 1$

Valuació del vèrtex H:

$$v(F \rightarrow H) = \overline{v(F)}(\vee)v_F(H)$$

$$[0.5, 0.6] = 0(\vee)v_F(H) \Rightarrow v_F(H) = [0.5, 0.6]$$

$$v(G \rightarrow H) = \overline{v(G)}(\vee)v_G(H)$$

$$[0.7, 0.8] = 0(\vee)v_G(H) \Rightarrow v_G(H) = [0.7, 0.8]$$

$$\text{Per tant, } v(H) = v_F(H)(\wedge)v_G(H) = [0.5, 0.6](\wedge)[0.7, 0.8] = [0.5, 0.6]$$

Valuació del vèrtex I:

$$v(F \rightarrow I) = \overline{v(F)}(\vee)v_F(I)$$

$$[0.4, 0.6] = 0(\vee)v_F(I) \Rightarrow v_F(I) = [0.4, 0.6]$$

$$v(G \rightarrow I) = \overline{v(G)}(\vee)v_G(I)$$

$$[0.6, 0.7] = 0(\vee)v_G(I) \Rightarrow v_G(I) = [0.6, 0.7]$$

$$\text{Per tant, } v(I) = v_F(I)(\wedge)v_G(I) = [0.4, 0.6](\wedge)[0.6, 0.7] = [0.4, 0.6]$$

Valuació del vèrtex J:

$$v(H \rightarrow J) = \overline{v(H)}(\vee)v_H(J)$$

$$[0.6, 0.7] = [0.4, 0.5](\vee)v_H(J) \Rightarrow v_H(J) = [0.6, 0.7]$$

$$v(I \rightarrow J) = \overline{v(I)}(\vee)v_I(J)$$

$$[0.9, 1] = [0.4, 0.6](\vee)v_I(J) \Rightarrow v_I(J) = [0.9, 1]$$

$$\text{Per tant, } v(J) = v_H(J)(\wedge)v_I(J) = [0.6, 0.7](\wedge)[0.9, 1] = [0.6, 0.7]$$

Valuació del vèrtex K:

$$v(J \rightarrow K) = \overline{v(J)}(\vee)v(K)$$

$$[0.8, 0.9] = [0.4, 0.3](\vee)v(K) \Rightarrow v(K) = [0.8, 0.9]$$

Interpretació del resultat:

Observem que les valuacions que s'obtenen a mesura que s'avança en la cadena d'inferències, posen de manifest les facilitats que existeixen per aconseguir l'objectiu final, és a dir, aconseguir el nivell de rendibilitat fixat. L'exigència d'aconseguir un *cash-flow* per període superior en un 15% fa que l'objectiu final resulti molt possible.

Observem però que aquest mateix projecte dona resultats molt diferents segons si fem les valuacions mitjançant l'inferència de Lukaciewicz o fem les valuacions a través de la inferència de Lee. Amb Lukaciewicz l'assoliment de l'objectiu proposat en el projecte immobiliari resultava gairebé impossible, mentre que amb Lee sembla fàcilment assolible. Per tant, caldria buscar altres mètodes intermedis, com ara la inferència de Goguen el qual no és tan pessimista com el de Lukaciewicz ni tant optimista com el de Lee.

Hem plantejat aquest cas en les dues situacions segons l'ús d'una o altra lògica multivalent per demostrar la disparitat en el resultat depenent de la lògica emprada. Com hem dit, la lògica de Lukaciewicz ens situa en una situació més pessimista que la lògica de Lee, que assenyalaria el nivell més optimista en la consecució de l'objectiu.

L'ideal en un cas de tanta disparitat com el que hem mostrat seria, tal com hem assenyalat, situar-nos en una posició intermèdia com la que obtindríem amb l'aplicació de la lògica multivalent de Goguen. L'objectiu en el desenvolupament d'aquest cas, usant lògiques multivalents extremes, és justament mostrar l'existència de les diverses situacions possibles quan l'entorn és incert. En aquests casos d'excessiva disparitat l'ús d'una o altra lògica per part del decisor estarà en funció del grau del risc que pugui assumir l'agent en el moment de prendre la decisió.

CAPITOL 12

ELABORACIÓ DEL PROCÉS PER A LA DETECCIÓ DE POSSIBLES EFECTES OBLIDATS EN LES EMPRESES PROMOTORES CONSTRUCTORES

En l'estudi portat a terme vam comptar amb quatre experts del sector de la promoció construcció. Aquest número segurament resulta massa petit perquè pugui donar un resultat que serveixi de base suficient per a l'obtenció de valuacions completament vàlides però ens servirà per complir els nostres objectius de posar de manifest l'aplicació de la metodologia dels efectes oblidats al camp de les empreses promotores-conSTRUCTORES.

A partir d'aquest primer estudi i dels resultats que se'n deriven podrem plantejar-nos un treball més ampli d'investigació en el que desitgem aprofundir en el futur. En aquest sentit, esperem que l'elaboració d'aquest treball ens permeti definir un camí adequat per abordar un posterior estudi d'investigació.

Vàrem sol·licitar a cada un dels quatre experts, independents entre si, que omplissin una matriu d'incidència qualitativa donant-los la llibertat de poder expressar les seves valuacions de cada incidència a partir d'interval de confiança en el que els seus extrems estiguessin compresos en el segment $[0,1]$ i que si expressaven la seva opinió amb un sol número entre el 0 i el 1, es consideraria un interval de confiança amb extrems coincidents.

A més se'ls va facilitar el llistat de la correspondència semàntica pels valors escollits que és la següent:

12. Elaboració del procés per a la detecció de possibles efectes oblidats en les empreses promotores constructores

- 0 : sense incidència
- 0.1 : pràcticament sense incidència
- 0.2 : quasi sense incidència
- 0.3 : molt dèbil incidència
- 0.4 : dèbil incidència
- 0.5 : incidència intermèdia
- 0.6 : incidència considerable
- 0.7 : força incidència
- 0.8 : forta incidència
- 0.9 : molt forta incidència
- 1 : incidència plena

Presentem a continuació les matrius d'incidència directa qualitativa resultants de cada un dels quatre experts:

Expert 1 $\underline{M}^{(1)}$

	Augmentar valor empresa	Consolidar prestigi en el mercat	Afavorir l'expansió	Augmentar les vendes	Obtenir qualitat producte	Augmentar beneficis	Assegurar permanència en el mercat	Millorar posició competitiva
Innovació	[.7,.8]	[.7,.9]	.5	[.4,.6]	[.7,.8]	.5	[.5,.7]	[.7,.9]
Aplicació de marketing immobiliari	[.6,.9]	[.7,.9]	[.7,.1]	[.6,.8]	[.5,.6]	[.4,.5]	[.4,.6]	[.6,.8]
Descens fecunditat	[0,.1]	0	0	[.3,.5]	0	[.3,.5]	0	0
Descens en el nombre de matrimonis.	[0,.1]	0	0	[.2,.5]	0	[.2,.5]	0	0
Envelliment de la població	[0,.2]	0	0	[.5,.6]	0	[.5,.6]	.1	0
Augment de les llars unipersonals	.2	0	[.3,.5]	[.7,.8]	.5	[.7,.8]	.2	0
Clima	.1	0	.1	[.1,.2]	[.2,.3]	[.2,.3]	[.1,.2]	[.1,.2]
Costos mà d'obra i materials construcció	[.5,.6]	[.5,.6]	[.7,.8]	.6	.6	[.8,1]	[.8,1]	[.8,1]
Variació en els tipus d'interès	[.3,.4]	[.2,.4]	[.5,.7]	[.5,.7]	0	[.5,.7]	[.3,.5]	0
Nivell de concentració de la població	.1	.1	[.3,.4]	[.5,.7]	[.2,.3]	[.4,.7]	[.4,.6]	.3
Cicle econòmic	[.4,.6]	[.4,.6]	[.7,.8]	[.7,.8]	[.1,.2]	[.7,.9]	[.7,.9]	.3
Rehabilitació d'habitatges de 2ª mà	[.1,.2]	[.1,.2]	.1	[.5,.7]	[.7,.7]	[.3,.5]	[.1,.2]	[.2,.3]
Encariment del sòl urbanitzable	[.3,.5]	[.2,.3]	[.1,.2]	.2	[.2,.3]	[.1,.2]	[.1,.2]	[.3,.4]

III. Noves tècniques operatives de gestió per a l'empresa promotora constructora

Expert 2 $\underline{M}^{(2)}$

	Augmentar valor empresa	Consolidar prestigi en el mercat	Afavorir l'expansió	Augmentar les vendes	Obtenir qualitat producte	Augmentar beneficis	Assegurar permanència en el mercat	Millorar posició competitiva
Innovació	[.8,1]	[.9,1]	[.8,1]	1	1	[.8,1]	1	[.9,1]
Aplicació de marketing immobiliari	[.9,1]	[.8,1]	1	[.9,1]	[.7,9]	1	[.8,1]	1
Descens fecunditat	[.4,5]	[.4,5]	[.7,9]	[.4,6]	[.4,6]	[.8,1]	[.4,6]	[.2,4]
Descens en el nombre de matrimonis.	.1	.1	[.9,1]	[.8,1]	[.8,1]	.5	.5	.5
Envelliment de la població	[.2,4]	[.1,3]	[.2,4]	[.2,3]	[.2,3]	[.1,2]	[.1,3]	[.1,3]
Augment de les llars unipersonals	[.3,7]	[.4,6]	[.4,5]	[.3,6]	[.4,6]	[.4,6]	[.3,6]	.5
Clima	[.2,4]	[.4,5]	[.4,6]	1	[.4,6]	[.7,8]	[.8,1]	[.4,6]
Costos mà d'obra i mat.construcció	[.7,8]	[.4,6]	[.4,6]	[.2,3]	.2	[.8,1]	1	[.7,9]
Variació en els tipus d'interès	[.7,8]	[.3,6]	[.2,4]	[.7,9]	.5	.5	[.4,6]	[.8,9]
Nivell de concentració de la població	[.8,1]	[.8,1]	1	1	[.5,7]	[.9,1]	[.9,1]	[.9,1]
Cicle econòmic	[.4,6]	[.4,6]	[.4,5]	[.3,5]	.5	[.4,5]	[.4,6]	[.4,5]
Rehabilitació d'habitatges de 2ª mà	[.3,6]	[.3,5]	[.5,6]	[.5,6]	[.4,5]	[.6,7]	[.4,6]	1
Encariment del sòl urbanitzable	[.7,9]	[.5,7]	[.2,4]	[.2,3]	[.2,4]	[.2,3]	[.4,6]	.5

Expert 3 $\underline{M}^{(3)}$

	Augmentar valor empresa	Consolidar prestigi en el mercat	Afavorir l'expansió	Augmentar les vendes	Obtenir qualitat producte	Augmentar beneficis	Assegurar permanència en el mercat	Millorar posició competitiva
Innovació	[.7,1]	[.7,1]	[.7,9]	[.6,8]	[.9,1]	[.5,6]	[.5,8]	[.7,8]
Aplicació de marketing immobiliari	[.5,7]	[.7,8]	[.8,1]	[.8,9]	[.5,6]	[.7,8]	[.7,8]	[.7,8]
Descens fecunditat	[0,1]	[0,2]	[0,1]	[.3,4]	[.2,3]	[.4,6]	[.2,3]	[0,1]
Descens en nombre de matrimonis.	[0,1]	[0,1]	[0,3]	[.3,5]	[.2,3]	[.1,4]	[.1,2]	[.1,2]
Envelliment de la població	[.1,3]	[.1,3]	[.1,3]	[.7,9]	[.2,3]	[.4,6]	[.5,7]	[.1,3]
Augment de les llars unipersonals	[.7,8]	[.2,4]	[.2,4]	[.5,8]	[.5,7]	[.7,1]	[.6,7]	[.4,5]
Clima	[0,3]	[0,1]	[.5,8]	[.3,6]	[0,1]	[.4,6]	[.1,2]	[.1,2]
Costos mà d'obra i mat. constr.	[.8,1]	[.7,8]	[.7,8]	[.4,6]	[.8,9]	[.9,1]	[.8,9]	[.9,1]
Variació en els tipus d'interès	[.7,9]	[.5,6]	[.7,8]	[.8,9]	[.6,7]	[.8,9]	[.6,7]	[.7,9]
Nivell concentració de la població	[.2,3]	[.1,2]	[0,2]	[.4,7]	[.5,6]	[.7,8]	[.6,7]	[.3,4]
Cicle econòmic	[.7,8]	[.7,8]	[.7,8]	[.7,8]	[.4,5]	[.6,8]	[.6,7]	[.6,7]
Rehabilitació d'habitatges de 2ª mà	[.1,3]	[.2,3]	[.6,7]	[.4,6]	[.5,7]	[.4,5]	[.4,7]	[.3,6]
Encariment del sòl urbanitzable	[.2,5]	[.2,6]	[0,2]	[.1,2]	[.3,5]	[.2,3]	0	0

12. Elaboració del procés per a la detecció de possibles efectes oblidats en les empreses promotores constructores

Expert 4 $\bar{M}^{(4)}$

	Augmentar valor empresa	Consolidar prestigi en el mercat	Afavorir l'expansió	Augmentar les vendes	Obtenir qualitat producte	Augmentar beneficis	Assegurar permanència en el mercat	Millorar posició competitiva
Innovació	1	[.8,.9]	[.7,.8]	[.7,.8]	.7	.5	[.8,1]	.9
Aplicació de marketing immobiliari	.5	[.8,1]	[.6,.8]	[.7,.9]	.5	[.5,.7]	.6	.7
Descens fecunditat	0	0	0	[0,.2]	0	0	0	0
Descens en el nombre de matrimonis.	0	0	0	0	0	0	0	0
Envelliment de la població	0	0	.5	.8	.6	.6	[.7,.9]	0
Augment de les llars unipersonals	.2	[.7,.8]	1	[.8,1]	.7	.7	.6	.1
Clima	0	0	[.1,.2]	[.6,.8]	.3	[.5,.7]	0	[0,.2]
Costos mà d'obra i materials construcció	[.1,.3]	[.6,.7]	[.2,.4]	[.7,.9]	[.6,.9]	.2	[0,.1]	.1
Variació en els tipus d'interès	[.4,.6]	0	[.5,.8]	[.6,.8]	[0,.2]	[.5,.8]	[.1,.3]	.4
Nivell de concentració de la població	[.2,.3]	.1	.8	[.8,1]	0	[.6,.7]	.7	.1
Cicle econòmic	[.4,.7]	[0,.2]	[.8,1]	[.8,.9]	.6	[.6,.8]	[.3,.5]	[.6,.8]
Rehabilitació d'habitatges de 2ª mà	.1	[.2,.4]	[.6,.8]	[.6,.9]	[.8,1]	[.6,.9]	[.5,.7]	.3
Encariment del sòl urbanitzable	[.2,.4]	.2	.1	0	.5	.3	.3	.2

A partir d'aquí podem construir la taula de freqüències dels extrems, per la qual cosa recollirem en cada casella del següent quadre les vegades que els experts han assignat una mateixa valuació a cada relació d'incidència, tant per l'extrem inferior com pel superior dels respectius intervals considerats de manera separada.

En cada relació d'incidència es pot observar si existeix o no unitat de criteri o si les opinions convergeixen en uns nivells molt propers o bé es dispersen en estimacions molt divergents.

III. Noves tècniques operatives de gestió per a l'empresa promotora constructora

	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆	b ₇	b ₈
a ₁								
.1								
.2								
.3								
.4				1				
.5			1 1			3 2 2		
.6				1 1	1	1		
.7	2	2	2	1	1 2		1	2
.8	1 1	1 1	1 1	2		1	1 1	1
.9		1 1	1		1			2 2
1	1 3	2	1 1	1 1	1 2	1 1	2	1
a ₂								
.1								
.2								
.3								
.4						1	1	
.5	2 1				3 1	1 1		
.6	1		1	1	2		1 2	1
.7	1 1	2	1	1	1	1 1	1	2 1
.8		2 1	1 1	1 1		1 1	1	2
.9	1 1	1		1 2	1			
1	1 1	2	1 3	1		1 1	1 1	1
a ₃								
.1								
.2								
.3								
.4	1	1		1 1	1	1	1	1
.5		1	1		1		1	
.6				1	1	1	1	
.7			1					
.8						1		
.9			1					
1						1		
a ₄								
.1								
.2								
.3								
.4								
.5				2		1 2	1 1	1 1
.6								
.7								
.8				1	1			
.9			1					
1			1	1	1			
a ₅								
.1								
.2								
.3								
.4								
.5			1 1	1		1	1	
.6				1 1	1 1	1 3		
.7				1			1 1	
.8				1 1				
.9				1			1	
1								

12. Elaboració del procés per a la detecció de possibles efectes oblidats en les empreses promotores constructores

	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆	b ₇	b ₈		
a ₆	0	1	1					1	1	
	.1							1	1	
	.2	2	1	1			1	1		
	.3	1		1	1		1			
	.4		1	1	1	1		1		
	.5			2	1	2	1	1	2	
	.6		1		1	1	2	2		
	.7	1	1	1	1	2	3	1	1	
	.8	1	1		1	2		1		
	.9									
	1		1	1	1		1			
a ₇	0	2	1	3	2	1	1	1	1	
	.1	1	1	1	2	1	1	2	2	
	.2	1			1	1	1	2	3	
	.3	1			1	2	1			
	.4	1	1	1		1	1	1		
	.5		1	1			1			
	.6			1	1	1	1	1	1	
	.7					1	1			
	.8			1	1		1	1		
	.9									
	1			1	1			1		
a ₈	0						1			
	.1	1					1	1	1	
	.2			1	1	1	1	1		
	.3	1			1					
	.4		1	1	1					
	.5	1	1							
	.6	1	1	2	1	1	2	1		
	.7	1	1	1	2				1	
	.8	1	1	1	2	1	2	2	1	
	.9				1	2	1	1	1	
	1	1				3	1	2	2	
a ₉	0	1	1			2	1		1	1
	.1						1			
	.2		1	1		1				
	.3	1	1				1	1		
	.4	1	1	1			1	1	1	
	.5		1		2	1	1	3	1	1
	.6	1	2		1	1		1	1	
	.7	2		1	1	1	1	1	1	1
	.8	1		2	1	1	1	1	1	
	.9	1			2		1			2
	1									
a ₁₀	0			1		1	1			
	.1	1	1	3	2				1	1
	.2	2		1	1	1				
	.3	2		1			1		2	1
	.4			1	1		1	1		1
	.5				1	2				
	.6					1	1	1	1	
	.7				2	1	1	2	1	2
	.8	1	1	1	1	1		1		
	.9						1	1	1	1
	1	1	1	1	1	2		1	1	1

	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆	b ₇	b ₈
a ₁₁	0	1						
	.1				1			
	.2		1			1		
	.3			1			1	1
	.4	3	2	1		1	1	1
	.5			1	1	2	1	1
	.6	2	2			1	1	2
	.7	1	1	1	2		1	1
	.8	1	1	1	2		2	1
	.9				1		1	
	1			1				
a ₁₂	0							
	.1	3	1	1			1	
	.2		1	2	1			1
	.3	1	1	1	1			2
	.4			1		1	2	
	.5		1	1	2	1	1	1
	.6	1		2	1	2		1
	.7			1	1	1	2	
	.8			1		1		
	.9				1		1	
	1					1		1
a ₁₃	0		1	1	1		1	1
	.1			2	1	1	1	1
	.2	2	3	1	1	2	2	1
	.3	1		1		1	3	1
	.4		1			1		1
	.5	2	1			1	2	1
	.6		1				1	
	.7	1		1				
	.8							
	.9	1						
	1							

Per poder continuar amb el procediment ens és imprescindible que els quatre mateixos experts ens proporcionin les seves opinions respecte unes noves incidències que són les que existeixen entre les causes de la matriu $\underline{M}^{(j)}$ amb elles mateixes i amb les altres. Per tant, se'ls va tornar a demanar que omplissin, cada un d'ells, una matriu Φ -borrosa $\underline{A}^{(j)}$ en la que a les seves files i a les seves columnes comprenen els mateixos conceptes.

La resposta a la nostra petició ha proporcionat quatre noves matrius, en les que es manifesta l'opinió de cada un dels quatre experts sobre la relació d'incidència en termes d'interval de confiança.

12. Elaboració del procés per a la detecció de possibles efectes oblidats en les empreses promotores constructores

Expert 1 A⁽¹⁾

	Innovació	Aplicació de marketing immobiliari	Descens fecunditat	Descens en el n° de matrimonis	Envelliment de la població	Augment llars unipersonals	Clima	Costos mà d'obra i materials construcció	Variació en els tipus d'interès	Nivell de concentració de la població	Cicle econòmic	Rehabilitació d'habitatges de 2ª mà	Encariment del sòl urbanitzable
Innovació	1	[.1,.3]	.1	0	.3	.2	.2	[.7,.8]	0	.2	.2	[.4,.5]	0
Aplicació de marketing immobiliari	[.1,.2]	1	0	0	0	[.1,.2]	0	.7	0	0	0	[.4,.5]	0
Descens fecunditat	0	0	1	[.7,.8]	.7	[.5,.6]	0	0	0	[.2,.3]	0	0	0
Descens en el nombre de matrimonis.	0	0	[.9,1]	1	[.4,.5]	[.7,.8]	0	0	0	[.1,.2]	0	0	0
Envelliment de la població	0	0	.4	[.3,.4]	1	[.7,.8]	0	.5	0	[.3,.4]	0	[.4,.8]	0
Augment de les llars unipersonals	[.3,.4]	0	0	.2	[.2,.3]	1	0	[.3,.5]	0	[.5,.6]	0	[.2,.3]	0
Clima	[.4,.7]	0	.2	0	[.4,.5]	0	1	[.5,.8]	0	.2	0	[.3,.4]	[.5,.6]
Costos mà d'obra i mat.construcció	[.3,.7]	0	0	0	0	0	0	1	[.8,.9]	[.1,.2]	[.3,.5]	[.3,.6]	[.2,.4]
Variació en els tipus d'interès	[.2,.3]	[.1,.2]	[.1,.2]	[.3,.4]	0	0	0	[.7,.8]	1	.1	[.8,.1]	[.8,.9]	[.8,.9]
Nivell de concentració de la població	[.2,.4]	[.2,.3]	.1	.3	.2	[.1,.2]	0	[.2,.5]	[0,.1]	1	[.2,.3]	[.7,.8]	[.1,.2]
Cicle econòmic	[.7,.7]	[0,.1]	[0,.1]	[.2,.5]	[.1,.2]	[.1,.2]	0	[.7,.8]	[.8,1]	[.1,.2]	1	[.6,.8]	[.6,.8]
Rehabilitació d'habitatges de 2ª mà	[.6,.7]	[0,.2]	0	0	0	[.1,.2]	0	[.5,.6]	[.7,.8]	[.7,.8]	.2	1	0
Encariment del sòl urbanitzable	[.1,.3]	[.1,.3]	0	0	0	[.2,.4]	0	[.1,.2]	[.3,.4]	[.2,.3]	[.7,.7]	[.7,.8]	1

Expert 2 A⁽²⁾

	Innovació	Aplicació de marketing immobiliari	Descens fecunditat	Descens en el nº de matrimonis	Envelliment de la població	Augment llars unipersonals	Clima	Costos mà d'obra i materials construcció	Variació en els tipus d'interès	Nivell de concentració de la població	Cicle econòmic	Rehabilitació d'habitatges de 2 ^a mà	Encariment del sòl urbanitzable
Innovació	1	[7.,9]	[5.,6]	[4.,6]	[8.,1]	[2.,4]	[4.,6]	[6.,8]	[4.,6]	[4.,6]	[2.,3]	[3.,5]	[6.,8]
Aplicació de marketing immobiliari	1	1	[2.,4]	[2.,4]	[2.,4]	[3.,4]	.5	[2.,5]	[3.,5]	[4.,5]	[2.,3]	[2.,4]	[1.,2]
Descens fecunditat	[2.,3]	[2.,3]	1	[2.,4]	[3.,4]	[4.,6]	[4.,6]	[2.,3]	[2.,3]	[4.,6]	[3.,5]	[4.,5]	[3.,4]
Descens en el nombre de matrimonis.	[4.,6]	[3.,6]	[2.,5]	1	1	[4.,6]	[4.,6]	[3.,6]	[5.,7]	[4.,7]	[3.,5]	.5	[3.,4]
Envelliment de la població	[4.,6]	1	[3.,6]	[2.,3]	1	[5.,7]	[3.,7]	[6.,7]	[2.,5]	1	[8.,9]	[9.,1]	[8.,9]
Augment de les llars unipersonals	[3.,4]	[8.,1]	.5	.5	[4.,5]	1	[3.,6]	[7.,8]	[4.,6]	1	[7.,8]	[5.,6]	[4.,6]
Clima	[2.,3]	[8.,9]	.5	.5	[2.,3]	[5.,6]	1	0	[2.,3]	[4.,6]	[3.,6]	[4.,5]	[4.,5]
Costos mà d'obra i mat.construcció	[4.,5]	1	[4.,6]	[6.,7]	[3.,6]	[6.,7]	.5	1	.5	[5.,6]	1	[4.,6]	[5.,6]
Variació en els tipus d'interès	[2.,4]	1	[8.,9]	[9.,1]	[2.,3]	[9.,1]	[4.,6]	[5.,6]	1	[2.,4]	[9.,1]	[9.,1]	[9.,1]
Nivell de concentració de la població	[6.,7]	[4.,6]	[3.,5]	[9.,1]	[4.,6]	[9.,1]	[4.,5]	[8.,1]	[3.,4]	1	[4.,5]	[9.,1]	[9.,1]
Cicle econòmic	[8.,9]	[9.,1]	[7.,8]	[9.,1]	[3.,4]	[9.,1]	[5.,6]	[9.,1]	[4.,6]	[2.,3]	1	[9.,1]	[4.,6]
Rehabilitació d'habitatges de 2 ^a mà	[9.,1]	[8.,9]	[7.,8]	[9.,1]	[9.,1]	[8.,9]	[5.,7]	[8.,1]	[9.,1]	[9.,1]	[0.,1]	1	[8.,9]
Encariment del sòl urbanitzable	[9.,1]	[7.,8]	[8.,9]	[7.,8]	[9.,1]	[3.,4]	[5.,6]	[9.,1]	[8.,9]	[9.,1]	[9.,1]	[8.,1]	1

12. Elaboració del procés per a la detecció de possibles efectes oblidats en les empreses promotores constructores

Expert 3 A⁽³⁾

	Innovació	Aplicació de marketing immobiliari	Descens fecunditat	Descens en el n° de matrimonis	Envelliment de la població	Augment llars unipersonals	Clima	Costos mà d'obra i materials construcció	Variació en els tipus d'interès	Nivell de concentració de la població	Cicle econòmic	Rehabilitació d'habitatges de 2 ^a mà	Encariment del sòl urbanitzable
Innovació	1	[.6,.9]	[.2,.3]	[.2,.3]	[.5,.7]	[.5,.7]	[.3,.4]	[.8,1]	[.6,8]	[.7,.9]	[.3,.6]	[.7,8]	[.3,4]
Aplicació de marketing immobiliari	[.2,.3]	1	0	0	0	[.6,.7]	0	[.3,4]	[.4,5]	[.2,.5]	[.1,.3]	[.7,8]	[.1,3]
Descens fecunditat	[.2,.3]	[0,.3]	1	[.5,.7]	[.2,5]	[.7,.9]	0	[.3,5]	[.2,3]	[.4,5]	[.3,6]	[0,1]	[0,1]
Descens en el nombre de matrimonis.	[.2,.3]	[.1,.2]	[.8,1]	1	[.1,3]	[.8,1]	0	[.1,3]	[.1,3]	[.4,6]	[.3,5]	[.4,6]	[0,1]
Envelliment de la població	[.4,7]	[.3,5]	[.4,7]	[.3,5]	1	[.6,7]	[0,2]	[.5,8]	[.4,6]	[.8,9]	[.3,4]	[.8,1]	[.6,7]
Augment de les llars unipersonals	[.3,7]	[.5,6]	[.6,7]	[.2,3]	0	1	[0,1]	[.4,6]	[.3,4]	[.7,8]	[.2,3]	[.2,3]	[.3,5]
Clima	[.2,3]	[.2,5]	[.2,3]	0	[.6,7]	[.3,5]	1	[.5,7]	[0,1]	[.5,7]	[.2,3]	[.5,6]	[0,3]
Costos mà d'obra i mat.construcció	[.7,9]	[.1,3]	[0,1]	[.2,4]	0	[.3,6]	0	1	[.6,8]	[.4,5]	[.4,6]	[.4,7]	[.1,3]
Variació en els tipus d'interès	[.3,4]	[0,2]	[0,2]	[.1,3]	0	[.2,5]	0	[.7,9]	1	[0,2]	[.8,1]	[.8,1]	[.7,8]
Nivell de concentració de la població	[.2,4]	[.2,4]	[0,1]	[0,1]	[0,1]	[.3,5]	[.4,6]	[.3,5]	[.1,2]	1	[.2,3]	[.5,8]	[.9,1]
Cicle econòmic	[.7,8]	[.3,4]	[.3,4]	[.3,4]	0	[.4,6]	0	[.9,1]	[.9,1]	[.6,7]	1	.5	[.7,8]
Rehabilitació d'habitatges de 2 ^a mà	[.7,8]	[.1,2]	0	[0,2]	0	0	0	[0,2]	[.2,3]	[.4,5]	[.2,4]	1	[.1,3]
Encariment del sòl urbanitzable	[.1,2]	[0,2]	[.1,2]	[.2,3]	0	[.7,8]	0	[.6,7]	[.7,8]	[.2,3]	[.4,5]	[.9,1]	1

Expert 4 A⁽⁴⁾

	Innovació	Aplicació de marketing immobiliari	Descens fecunditat	Descens en el nº de matrimonis	Envelliment de la població	Augment llars unipersonals	Clima	Costos mà d'obra i materials construcció	Variació en els tipus d'interès	Nivell de concentració de la població	Cicle econòmic	Rehabilitació d'habitatges de 2ª mà	Encariment del sòl urbanitzable
Innovació	1	[.8,.1]	0	0	0	0	0	.3	0	0	0	[.3,.6]	.1
Aplicació de marketing immobiliari	.8	1	0	0	0	0	0	.2	0	[.6,.7]	.2	[.5,.7]	.4
Descens fecunditat	[.2,.4]	.5	1	[.4,.6]	1	[.8,.9]	0	0	[0,.1]	[.5,.6]	.1	[.5,.7]	0
Descens en el nombre de matrimonis.	.2	.4	[.8,1]	1	.8	[.6,.8]	0	0	[0,.4]	[.4,.5]	0	.4	.2
Envelliment de la població	0	.2	.7	[.1,.2]	1	[.9,1]	0	.1	0	[.2,.3]	.1	[.4,.7]	.4
Augment de les llars unipersonals	0	.1	0	0	0	1	0	0	0	[.5,.7]	[.1,.3]	.5	.3
Clima	.1	.2	0	0	.3	0	1	[.4,.6]	0	[.3,.6]	[.4,.5]	.1	[.6,.8]
Costos mà d'obra i mat.construcció	[.2,.4]	.2	0	0	0	0	0	1	[.2,.3]	0	[.6,.8]	[.5,.7]	.1
Variació en els tipus d'interès	0	[.1,.2]	[.4,.5]	[.6,.8]	0	.1	0	[.5,.7]	1	.1	[.7,.9]	.2	.4
Nivell de concentració de la població	0	.3	0	0	0	.3	0	.2	0	1	[.2,.3]	[.4,.6]	.9
Cicle econòmic	[.2,.4]	[.4,.6]	[.5,.7]	[.4,.6]	[.2,.5]	[.3,.5]	0	.8	.7	[.2,.5]	1	[.4,.7]	.7
Rehabilitació d'habitatges de 2ª mà	.1	.2	0	0	0	[.3,.4]	0	.5	0	[.4,.7]	.1	1	[.5,.7]
Encariment del sòl urbanitzable	[.4,.5]	[.5,.7]	[.5,.7]	[.4,.6]	0	0	0	[.2,.4]	[.1,.2]	0	[.5,.6]	[.5,.7]	1

Com ja hem fet abans, construirem la taula de freqüències dels extrems inferiors i la dels extrems superiors que reflecteix les vegades que es repeteix cada nivell d'incidència per a totes les relacions causa-causa :

12. Elaboració del procés per a la detecció de possibles efectes oblidats en les empreses promotores constructores

	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	a ₉	a ₁₀	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃
a ₁	0		1 1	2 2	1 1	1 1	1 1		2 2	1 1	1 1		1 1
	.1	1	1 1										1 1
	.2		1	1		2 1	1 1			1 1	2 1		
	.3		1	1	1 1		1	1 1			1 1	2	1
	.4			1		1	1 1		1	1		1	1
	.5		1		1	1						2	
	.6	1		1	1		1 1	1 1	1 1	1	1	1	1
	.7	1			1	1		1		1		1	
	.8	1			1			1 2	1			1	1
	.9		2							1			
	1	4 4	1			1		1					
a ₂	0		3 3	3 3	3 3	1 1	3 3		2 2	1 1	1 1		1 1
	.1	1				1					1		2
	.2	1 1		1	1	1		2 1		1	2 1	1	1
	.3	1				1		1	1		2		1
	.4			1	1	1	1	1	1	1		1 1	1 1
	.5						1 1	1	2	2		1 1	
	.6					1				1			
	.7					1		1 1		1		1 1	
	.8	1 1										1	
	.9												
	1	1 1	4 4										
a ₃	0	1 1	2 1				3 3	2 2	2 1		1 1	2 1	3 2
	.1								1	1	1 1	1	1
	.2	3	1		1	1		1	2	1			
	.3	2	2		1			1 1	2	1	2		1
	.4	1			1 1	1 1	1			2		1	1
	.5		1 1		1	1 1		1		1 2	1 1	1	
	.6				1		2	1		1	1		
	.7				1 1	1 1	1					1	
	.8				1	1							
	.9						2						
	1		4 4		1 1								
a ₄	0	1 1	1 1				3 3	2 2	2 1		2 2	1 1	2 1
	.1		1		1			1	1	1			1
	.2	2 1		1 1						1			1 1
	.3	1 1			1			1 1	1		2		1
	.4	1	1 1		1	1	1		1	3		2 1	1
	.5			1		1			1	1	1	2 1	1
	.6	1	1			1 1	1	1		1		1	
	.7					1			1	1			
	.8			2		1 1	1 2						
	.9			1									
	1			3 4 4	1 1	1							
a ₅	0	2 2	1 1				3 2		2 2		1 1		1 1
	.1				1			1 1			1 1		
	.2		1 1		1 1			1	1	1			
	.3		1	1	2 1		1			1 1	1		
	.4	2		2 1	1				1	1	1 2	1 1	
	.5		1		1	1		2 1	1				
	.6	1		1		1		1	1				1
	.7	1		1 2		1 2	1	1				1	1
	.8					1		1		1	1	1 1	1
	.9					1				1	1 1		1
	1		1 1		4 4	1				1 1		2	

III. Noves tècniques operatives de gestió per a l'empresa promotora constructora

	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	a ₉	a ₁₀	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃										
a ₆	0	1	1	2	2	1	1	2	2		3	2	1	1	2	2		1	1		1	1	
	.1		1	1							1						1						
	.2				2	1	1							1	2						1		
	.3	3				1	1		1	1	1			2	2	1	1						
	.4	2				1			1	1	1										1		
	.5		1	1	1	1	1		1		2			2	1		1						
	.6		1	1					1	1	1	1			1	1							
	.7	1			1					1	1	1	1										
	.8		1							1		1	1										
	.9																						
	1		1					4	4				1	1									
a ₇	0		1	1	1	1	3	3		2	2		1	1	3	2		1	1			1	
	.1	1	1										1						1	1			
	.2	2	2	1	2	1		1				1	1	1	1	1	1						
	.3	2			1		1	2	1				1	1	1	1	1	1			1	1	
	.4	1					1				1		1	1	1	1	1	1	1				
	.5		1	1	1	1	1	1	1		2		1		1	1	1	1	1	1	1	1	
	.6					1		1			1		2	1		1	1	1	1	1	1	1	
	.7	1					1				1		1										
	.8		1								1											1	
	.9		1																				
	1								4	4													
a ₈	0		1	1	3	2	2	2	3	3	2	2	3	3			1	1					
	.1		1		1												1					2	1
	.2	1	1	1		1									1		1					1	
	.3	1		1			1	1						1		1	1	1				1	
	.4	1	1		1		1						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	.5	1								1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	.6				1	1		1	1	1				1		1	1	1	1	2	1	1	1
	.7	1	1			1			1											2			
	.8											1	1				1						
	.9		1									1											
	1		1	1							4	4			1	1							
a ₉	0	1	1	1	1		3	3	1	1	3	3			1								
	.1		2	1	1			1	1					2	2								
	.2	2		3	2		1	1						1	1				1	1			
	.3	1	1			1	1	1															
	.4	2			1	1			1					1							1	1	
	.5				1				1		2												
	.6					1				1	1												
	.7									2	1				1						1		
	.8			1		1					1			2	2						1	1	
	.9				1	1			1		1				1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1		1	1			1	1				4	4		3	2							1
a ₁₀	0	1	1		2	1	2	1	2	1		2	2		2	1							
	.1			1	2	1	1	1						1	1								1
	.2	2	2			1	1	1			2	1	1		3								1
	.3		1	2	1		1	1		2	1					3							
	.4	2	1	1			1			2			1		1	1							
	.5				1				1	1	2	1			1	1							
	.6	1		1				1		1											1		
	.7	1																		1			
	.8										1										2		
	.9					1			1											1		3	1
	1					1			1				1		4	4				1			2

12. Elaboració del procés per a la detecció de possibles efectes oblidats en les empreses promotores constructores

	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	a ₉	a ₁₀	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃		
a ₁₁	0	1	1		1	1	3	3							
	.1		1	1		1	1			1					
	.2	1			1	1	1			2	1				
	.3		1	1	1	1				1					
	.4	1	1	1		1	1			1		1	1		
	.5			1		1	1	1		1		1	1		
	.6		1		1		1	1		1	1		1		
	.7	2	1		1	1		1	1	1	1		1		
	.8	1	1		1			1	2	1			2		
	.9	1	1		1		1	2	1			1			
	1		1		1		1	2	2		4	4	1		
a ₁₂	0	1	3	3	3	2	3	3	1	1	3	3	1	1	
	.1	1	1	1			1				1	2		1	
	.2		1	3		1		1	1		2	1			
	.3						1			1				1	
	.4						1			2	1				
	.5						1	2	1		1			1	
	.6	1						1							
	.7	1	1		1			1		1	1	1		1	
	.8	1	1		1		1		1	1	1				
	.9	1		1		1	1		1	1	1			1	
	1	1	1		1	1	1		1	1	1	1	4	4	1
a ₁₃	0	1	1	1	1	1	3	3	1	1	3	3			
	.1	2	1	1	1				1	1					
	.2	1	1	1	1		1		1	1	1	2			
	.3	1	1		1		1			1	2				
	.4	1			1		2		1	1		1			
	.5	1	1	1			1				1	1	1		
	.6				1			1	1			1			
	.7	1	1	1	1		1		1	1		1	1	1	
	.8		1	1	1		1		1	1			1	1	
	.9	1		1		1			1	1	1	1	1		
	1	1				1			1		1	1	2	4	4

Per continuar amb el procediment ens cal una nova matriu Φ -borrosa $\underline{B}^{(j)}$ en la que es relacionin els efectes amb si mateixos i amb els altres efectes. Per això ha estat necessari sol·licitar novament als mateixos quatre experts que omplissin una altra matriu que reflectís les incidències del grup d'efectes (objectius) sobre si mateixos a partir d'interval de confiança compresos en $[0,1]$.

El resultat ha estat l'obtenció de les quatre matrius $\underline{B}^{(j)}$ per $j=1,2,3,4$ que presentem a continuació:

Expert 1 B⁽¹⁾

	Augmentar el valor de l'empresa	Consolidar el prestigi en el mercat	Afavorir l'expansió	Augmentar vendes	Qualitat del producte	Increment de beneficis	Assegurar permanència en el mercat	Millorar posició competitiva
Augmentar el valor de l'empresa	1	[.8,.1]	[.7,.1]	[.7,.1]	[.8,.1]	[.7,.8]	[.7,.9]	[.8,.1]
Consolidar el prestigi en el mercat	[.8,.1]	1	[.7,.9]	[.7,.8]	[.8,.9]	[.7,.8]	1	1
Afavorir l'expansió	[.7,.8]	[.7,.8]	1	[.7,.9]	[.6,.7]	[.7,.9]	[.6,.7]	[.6,.7]
Augmentar vendes	.7	[.6,.7]	[.8,.9]	1	[.6,.7]	1	[.8,.9]	[.8,.9]
Qualitat del producte	[.8,.9]	[.7,.8]	[.6,.7]	[.6,.7]	1	[.6,.7]	[.5,.7]	[.8,.9]
Increment de beneficis	1	.8	[.7,.8]	[.5,.6]	[.5,.6]	1	.8	[.8,.9]
Assegurar permanència en el mercat	[.8,.9]	[.8,.1]	[.7,.8]	[.6,.7]	[.5,.6]	.7	1	1
Millorar posició competitiva	[.8,.1]	[.8,.1]	[.8,.9]	[.7,.9]	[.5,.6]	[.7,.8]	[.7,.1]	1

Expert 2 B⁽²⁾

	Augmentar el valor de l'empresa.	Consolidar el prestigi en el mercat	Afavorir l'expansió	Augmentar vendes	Qualitat del producte	Increment de beneficis	Assegurar permanència en el mercat	Millorar posició competitiva
Augmentar el valor de l'empresa	1	[.9,.1]	[.6,.8]	[.7,.8]	[.8,.9]	[.6,.8]	[.6,.8]	[.8,.9]
Consolidar el prestigi en el mercat	[.7,.1]	1	[.6,.8]	[.6,.8]	[.7,.9]	[.5,.7]	[.8,.9]	[.7,.9]
Afavorir l'expansió	[.7,.9]	[.5,.6]	1	[.5,.7]	[.5,.6]	[.8,.1]	[.6,.8]	[.5,.8]
Augmentar vendes	[.6,.8]	[.5,.8]	1	1	[.4,.6]	1	[.6,.8]	[.8,.9]
Qualitat del producte	[.5,.8]	[.6,.7]	[.4,.8]	[.4,.6]	1	[.5,.7]	[.4,.6]	[.7,.1]
Increment de beneficis	[.9,.1]	[.7,.9]	[.5,.8]	[.4,.7]	[.5,.6]	1	[.6,.9]	[.7,.1]
Assegurar permanència en el mercat	[.7,.9]	[.6,.1]	[.7,.9]	[.5,.7]	[.4,.6]	[.7,.8]	1	[.9,.1]
Millorar posició competitiva	[.7,.9]	[.7,.1]	[.8,.9]	[.7,.1]	[.5,.6]	[.5,.7]	[.8,.1]	1

12. Elaboració del procés per a la detecció de possibles efectes oblidats en les empreses promotores constructores

Expert 3 B⁽³⁾

	Augmentar el valor de l'empresa	Consolidar el prestigi en el mercat	Afavorir l'expansió	Augmentar vendes	Qualitat del producte	Increment de beneficis	Assegurar permanència en el mercat	Millorar posició competitiva
Augmentar el valor de l'empresa	1	1	[.8,.1]	[.6,.7]	[.4,.6]	[.6,.7]	[.4,.5]	.9
Consolidar el prestigi en el mercat	[.8,.9]	1	.8	[.9,1]	[.6,.7]	[.7,.8]	[.7,.8]	.9
Afavorir l'expansió	[.8,.9]	[.8,.9]	1	[.6,.8]	.4	[.6,.7]	[.7,.8]	[.7,.8]
Augmentar vendes	1	[.6,.8]	.8	1	[.4,.6]	1	[.7,.9]	[.6,.8]
Qualitat del producte	[.6,.7]	.8	.8	[.9,1]	1	.8	[.7,.8]	[.9,1]
Increment de beneficis	1	[.8,.9]	[.7,.8]	[.7,.8]	[.5,.6]	1	[.4,.6]	[.8,.9]
Assegurar permanència en el mercat	[.9,1]	[.8,.9]	[.7,.8]	[.6,.7]	[.7,.8]	[.7,.8]	1	[.6,.8]
Millorar posició competitiva	.9	[.8,.9]	[.8,.9]	1	[.9,1]	1	1	1

Expert 4 B⁽⁴⁾

	Augmentar el valor de l'empresa.	Consolidar el prestigi en el mercat	Afavorir l'expansió	Augmentar vendes	Qualitat del producte	Increment de beneficis	Assegurar permanència en el mercat	Millorar posició competitiva
Augmentar el valor de l'empresa	1	[.8,1]	.9	[.9,1]	[.6,.8]	[.5,.7]	1	1
Consolidar el prestigi en el mercat	[.7,.9]	1	.8	[.7,.8]	.4	[.4,.6]	[.7,.9]	[.6,.8]
Afavorir l'expansió	.8	[.9,1]	1	[.7,.8]	.2	.7	[.9,1]	[.8,1]
Augmentar vendes	1	[.7,.9]	[.6,.9]	1	[.2,.4]	[.9,1]	.9	.8
Qualitat del producte	[.2,.3]	1	.4	.9	1	[.2,.3]	[.8,1]	.9
Increment de beneficis	1	[.5,.7]	.7	.6	[.3,.5]	1	[.9,1]	1
Assegurar permanència en el mercat	[.7,.9]	[.7,.9]	.8	[.5,.7]	.2	[.4,.6]	1	[.7,.9]
Millorar posició competitiva	[.6,.8]	1	.6	[.6,.7]	[.5,.6]	.7	[.6,.8]	1

III. Noves tècniques operatives de gestió per a l'empresa promotora constructora

De la mateixa manera que ja s'ha realitzat amb les matrius $\underline{M}^{(j)}$ i $\underline{A}^{(j)}$ construïrem ara la taula de freqüències a partir de les matrius $\underline{B}^{(j)}$, en la que es recullen per cada relació d'incidència, el número de vegades que els experts han assignat una mateixa valuació, tant per l'extrem inferior com per l'extrem superior.

	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆	b ₇	b ₈
b ₁	0							
	.1							
	.2							
	.3							
	.4				1		1	
	.5					1		1
	.6		1	1	1	1	2	1
	.7		1	2	1		1	2
	.8	2	1	1	1	2	1	2
	.9	1	1	1	1		1	1
	1	4	4	1	4	2	1	1
b ₂	0							
	.1							
	.2							
	.3							
	.4				1	1	1	
	.5					1		
	.6		1	1	1		1	1
	.7	2		1	2	1	2	1
	.8	2		2	3	3	1	2
	.9	2		1	1		2	1
	1	2	4	4		1	1	1
b ₃	0							
	.1							
	.2				1	1		
	.3							
	.4				1	1		
	.5	1		1	1			
	.6		1	1	1	1	2	2
	.7	2	1		2	1	1	1
	.8	2	2	1	1		2	1
	.9	2	1	1		1	1	2
	1		1	4	4		1	1
b ₄	0							
	.1							
	.2				1			
	.3							
	.4				2	1		
	.5	1						
	.6	1	2	1		1	2	1
	.7	1	1	1	1		1	
	.8	1	2	2	1		1	1
	.9		1	2		1	1	3
	1	2	2	1	1	4	4	3

12. Elaboració del procés per a la detecció de possibles efectes oblidats en les empreses promotores constructores

	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆	b ₇	b ₈
0								
.1								
.2	1					1		
.3	1					1		
.4			2	1	1		1	
b ₅	.5	1				1	1	
.6	1	1	1	1	1	1	1	
.7	1	1	1	1	1	2	1	1
.8	1	1	1	2	1	1	1	1
.9	1			2	1			2
1		1	1		1	4	4	1
0								
.1								
.2								
.3					1			
.4				1			1	
b ₆	.5	1	1	1	2	1		
.6				1	2	1	2	1
.7		1	1	3	1	1	1	1
.8		2	1	3	1		1	1
.9	1		2				1	1
1	3	4				4	4	1
0								
.1								
.2					1	1		
.3								
.4					1	1		
b ₇	.5			2	1			
.6	1			2	2	1		1
.7	2	1	3		4	1	3	1
.8	1	2	1	3		1	2	1
.9	1	3	2	1				1
1	1	1	2				4	4
0								
.1								
.2								
.3								
.4								
b ₈	.5				3	1		
.6	1		1	1	1	3	1	
.7	1	1		2	1	2	2	1
.8	1	1	2	3		1	1	1
.9	1	2	1	3	1	1		
1	1	1	3		1	2	1	1

Considerarem que els tres quadres estadístics construïts són la recopilació de les opinions dels quatre experts en les relacions d'incidència d'a_i sobre b_j, d'a_i sobre a_j i de b_i sobre b_j. El pas següent és obtenir les mitjanes o freqüències relatives de cada nivell per la qual cosa dividirem els valors que apareixen en cada casella de les taules anteriors per 4. No creiem necessari reproduir els

tres quadres que resultarien, ja que presenten la mateixa estructura que els anteriors, però tenint en compte que on surt un 1 ha de figurar 0.25, on hi ha un 2 haurem de posar 0.5, on hi ha un 3 seria 0.75 i on hi ha un 4 seria un 1.

A partir d'aquí operarem a través de les mitjanes obtingudes dels quadres estadístics multiplicant-les pel seu nivell de confiança corresponent.

A fi de visualitzar el procés global que hem dut a terme, anem a incloure alguns dels càlculs concrets que hem realitzat per a cada matriu:

Així, per exemple, per a la matriu $\underline{M}^{(j)}$:

$$a_1 \rightarrow b_1$$

$$\text{Extrem inferior: } M \cdot (a_1, b_1) = (0.5)(0.7) + (0.25)(0.8) + (0.25)(1) = 0.8$$

$$\text{Extrem superior: } M^* (a_1, b_1) = (0.25)(0.8) + (0.75)(1) = 0.95$$

$$a_1 \rightarrow b_2$$

$$\text{Extrem inferior: } M \cdot (a_1, b_2) = (0.5)(0.7) + (0.25)(0.8) + (0.25)(0.9) = 0.775$$

$$\text{Extrem superior: } M^* (a_1, b_2) = (0.25)(0.8) + (0.25)(0.9) + (0.5)(1) = 0.925$$

Per a la matriu $\underline{A}^{(j)}$:

$$a_3 \rightarrow a_{10}$$

$$\text{Extrem inferior: } A \cdot (a_3, a_{10}) = (0.25)(0.2) + (0.5)(0.4) + (0.25)(0.5) = 0.375$$

$$\text{Extrem superior: } A^* (a_3, a_{10}) = (0.25)(0.3) + (0.5)(0.5) + (0.25)(0.6) = 0.475$$

$$a_5 \rightarrow a_1$$

$$\text{Extrem inferior: } A \cdot (a_5, a_1) = (0.5)(0) + (0.5)(0.4) = 0.2$$

$$\text{Extrem superior: } A^* (a_5, a_1) = (0.5)(0) + (0.25)(0.6) + (0.25)(0.7) = 0.325$$

12. Elaboració del procés per a la detecció de possibles efectes oblidats en les empreses promotores constructores

Per a la matriu $\underline{B}^{(i)}$:

$$b_3 \rightarrow b_6$$

Extrem inferior: $B \cdot (b_3, b_6) = (0.5)(0.6) + (0.25)(0.7) + (0.25)(0.9) = 0.7$

Extrem superior: $B^* (b_3, b_6) = (0.25)(0.7) + (0.5)(0.8) + (0.25)(1) = 0.825$

$$b_4 \rightarrow b_8$$

Extrem inferior: $B \cdot (a_1, a_2) = (0.25)(0.6) + (0.75)(0.8) = 0.75$

Extrem superior: $B^* (a_1, a_2) = (0.5)(0.8) + (0.5)(0.9) = 0.85$

Una vegada ja hem calculat totes les mitjanes relatives de cada relació d'incidència de $\underline{M}^{(i)}$, $\underline{A}^{(j)}$, $\underline{B}^{(i)}$ construirem tres noves matrius $M(\underline{M})$, $M(\underline{A})$, $M(\underline{B})$.

Aquestes tres matrius constitueixen, en certa manera, com ja hem explicat en el capítol 3, l'opinió agregada de tots els experts.

Presentem a continuació la matriu $M(\underline{M})$:

	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8
a_1	[.8,.95]	[.775,.925]	[.675,.8]	[.675,.8]	[.8,.85]	[.575,.65]	[.7,.875]	[.8,.9]
a_2	[.625,.775]	[.75,.925]	[.775,.95]	[.75,.9]	[.55,.65]	[.65,.75]	[.625,.75]	[.75,.825]
a_3	[.1,.175]	[.1,.175]	[.175,.25]	[.25,.425]	[.15,.225]	[.375,.525]	[.15,.225]	[.05,.125]
a_4	[.025,.075]	[.025,.05]	[.225,.325]	[.325,.5]	[.25,.325]	[.2,.35]	[.15,.3]	[.15,.3]
a_5	[.075,.225]	[.05,.15]	[.2,.3]	[.55,.65]	[.25,.3]	[.4,.5]	[.35,.5]	[.05,.15]
a_6	[.35,.475]	[.325,.45]	[.475,.6]	[.575,.8]	[.525,.625]	[.625,.775]	[.425,.525]	[.25,.275]
a_7	[.075,.2]	[.1,.15]	[.275,.425]	[.475,.325]	[.225,.325]	[.275,.6]	[.25,.35]	[.15,.3]
a_8	[.525,.675]	[.55,.675]	[.5,.65]	[.475,.6]	[.55,.65]	[.675,.8]	[.65,.75]	[.625,.75]
a_9	[.525,.675]	[.25,.4]	[.475,.675]	[.65,.825]	[.275,.35]	[.575,.725]	[.35,.525]	[.475,.55]
a_{10}	[.325,.425]	[.275,.35]	[.525,.6]	[.675,.85]	[.3,.4]	[.65,.8]	[.65,.75]	[.4,.45]
a_{11}	[.475,.675]	[.375,.55]	[.65,.775]	[.625,.75]	[.4,.45]	[.575,.75]	[.5,.675]	[.475,.575]
a_{12}	[.15,.3]	[.2,.35]	[.45,.575]	[.5,.7]	[.6,.7]	[.475,.65]	[.35,.55]	[.45,.525]
a_{13}	[.35,.575]	[.275,.45]	[.1,.225]	[.125,.175]	[.3,.425]	[.2,.275]	[.2,.275]	[.25,.275]

Tot seguit presentem la matriu $M(\underline{A})$:

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}	a_{12}	a_{13}
a_1	1	[.55,.775]	[.2,.25]	[.15,.225]	[.4,.5]	[.225,.325]	[.225,.3]	[.6,.725]	[.275,.35]	[.325,.425]	[.125,.275]	[.425,.6]	[.25,.325]
a_2	[.525,.575]	1	[.05,.1]	[.05,.1]	[.05,.1]	[.25,.325]	[.125,.125]	[.35,.45]	[.175,.25]	[.3,.425]	[.125,.2]	[.45,.6]	[.15,.225]
a_3	[.15,.25]	[.175,.275]	1	[.45,.625]	[.55,.65]	[.6,.75]	[.1,.15]	[.125,.2]	[.1,.175]	[.375,.475]	[.175,.3]	[.225,.325]	[.075,.125]
a_4	[.2,.275]	[.2,.3]	[.675,.875]	1	[.575,.725]	[.625,.8]	[.1,.15]	[.1,.225]	[.15,.425]	[.325,.5]	[.15,.25]	[.325,.375]	[.125,.175]
a_5	[.2,.325]	[.425,.425]	[.45,.6]	[.225,.35]	1	[.675,.8]	[.075,.225]	[.425,.55]	[.15,.275]	[.575,.65]	[.3,.35]	[.625,.875]	[.45,.5]
a_6	[.225,.375]	[.35,.425]	[.275,.3]	[.225,.25]	[.15,.2]	1	[.075,.2]	[.35,.475]	[.175,.25]	[.675,.775]	[.25,.35]	[.35,.425]	[.225,.35]
a_7	[.225,.35]	[.3,.4]	[.225,.25]	[.125,.125]	[.375,.45]	[.2,.275]	1	[.35,.525]	[.05,.125]	[.35,.525]	[.225,.35]	[.3,.4]	[.375,.55]
a_8	[.4,.625]	[.325,.375]	[.1,.2]	[.2,.275]	[.075,.15]	[.225,.325]	[.125,.125]	1	[.525,.625]	[.25,.325]	[.575,.725]	[.4,.65]	[.225,.35]
a_9	[.175,.275]	[.3,.4]	[.325,.45]	[.475,.625]	[.05,.075]	[.3,.4]	[.1,.15]	[.6,.75]	1	[.1,.2]	[.8,.975]	[.675,.775]	[.7,.775]
a_{10}	[.25,.375]	[.275,.4]	[.1,.175]	[.3,.35]	[.15,.225]	[.4,.5]	[.2,.275]	[.375,.55]	[.125,.2]	1	[.25,.35]	[.625,.8]	[.7,.775]
a_{11}	[.6,.7]	[.4,.525]	[.375,.5]	[.45,.625]	[.15,.275]	[.425,.575]	[.125,.15]	[.825,.9]	[.7,.825]	[.275,.425]	1	[.6,.75]	[.6,.725]
a_{12}	[.575,.65]	[.275,.375]	[.175,.2]	[.225,.3]	[.225,.25]	[.3,.375]	[.125,.175]	[.45,.575]	[.45,.525]	[.6,.75]	[.125,.2]	1	[.375,.5]
a_{13}	[.375,.5]	[.325,.5]	[.35,.45]	[.325,.425]	[.225,.25]	[.3,.4]	[.125,.15]	[.45,.575]	[.475,.575]	[.325,.4]	[.625,.7]	[.725,.875]	1

I finalment tenim la matriu $M(\underline{B})$:

	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8
b_1	1	[.875,.95]	[.75,.925]	[.725,.875]	[.65,.825]	[.6,.75]	[.675,.8]	[.875,.95]
b_2	[.75,.95]	1	[.725,.825]	[.725,.85]	[.625,.725]	[.575,.725]	[.8,.9]	[.8,.9]
b_3	[.75,.85]	[.725,.825]	1	[.625,.8]	[.45,.475]	[.7,.825]	[.7,.825]	[.675,.825]
b_4	[.825,.875]	[.6,.8]	[.8,.9]	1	[.4,.575]	[.975,.1]	[.75,.875]	[.75,.85]
b_5	[.525,.675]	[.775,.825]	[.55,.675]	[.7,.8]	1	[.525,.625]	[.6,.775]	[.8,.925]
b_6	[.975,.1]	[.7,.825]	[.65,.775]	[.55,.675]	[.475,.6]	1	[.675,.825]	[.85,.95]
b_7	[.775,.925]	[.725,.95]	[.725,.825]	[.55,.7]	[.45,.55]	[.625,.725]	1	[.8,.925]
b_8	[.75,.9]	[.825,.975]	[.75,.825]	[.75,.9]	[.6,.7]	[.725,.8]	[.775,.95]	1

A partir d'aquí, amb aquesta agregació podrem operar com si es tractés de l'opinió d'un únic expert expressat mitjançant matrius Φ -borroses, és a dir, que cada relació d'incidència queda representada a través d'interval de confiança. En aquest cas, l'hipotètic expert únic utilitzarà 1001 nivells enlloc d'11, sensibilitzant la seva opinió en mil·lèsimes.

Tot seguit hem de realitzar la convolució de les matrius $M(\underline{A})$ o $M(\underline{M})$ o $M(\underline{B})$ amb l'objectiu d'obtenir l'acumulació d'efectes de primera i segona generació.

Inicialment realitzem la convolució $M(\underline{A})$ o $M(\underline{M})$ i obtenim la següent matriu:

12. Elaboració del procés per a la detecció de possibles efectes oblidats en les empreses promotores constructores

$M(\underline{A})$ o $M(\underline{M}) =$

	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8
a_1	[.8,.95]	[.775,.925]	[.675,.8]	[.675,.8]	[.8,.85]	[.6,.75]	[.7,.875]	[.8,.9]
a_2	[.625,.775]	[.75,.925]	[.775,.95]	[.75,.9]	[.55,.65]	[.65,.75]	[.625,.75]	[.75,.825]
a_3	[.35,.475]	[.325,.45]	[.475,.6]	[.575,.75]	[.525,.625]	[.6,.75]	[.425,.525]	[.375,.45]
a_4	[.35,.475]	[.325,.45]	[.475,.6]	[.575,.8]	[.525,.625]	[.625,.775]	[.425,.525]	[.325,.45]
a_5	[.425,.55]	[.425,.55]	[.525,.6]	[.575,.8]	[.6,.7]	[.625,.775]	[.575,.65]	[.45,.55]
a_6	[.35,.475]	[.35,.475]	[.525,.6]	[.675,.8]	[.525,.625]	[.65,.775]	[.65,.75]	[.4,.475]
a_7	[.35,.55]	[.35,.525]	[.35,.525]	[.475,.525]	[.35,.525]	[.375,.6]	[.35,.525]	[.35,.525]
a_8	[.525,.675]	[.55,.675]	[.575,.725]	[.575,.725]	[.55,.65]	[.675,.8]	[.5,.75]	[.625,.75]
a_9	[.525,.675]	[.55,.675]	[.65,.775]	[.65,.825]	[.6,.7]	[.6,.75]	[.5,.75]	[.6,.75]
a_{10}	[.375,.675]	[.375,.55]	[.525,.6]	[.675,.85]	[.6,.7]	[.65,.8]	[.65,.75]	[.45,.55]
a_{11}	[.6,.7]	[.6,.7]	[.65,.775]	[.65,.825]	[.6,.7]	[.675,.8]	[.6,.75]	[.625,.75]
a_{12}	[.575,.65]	[.575,.65]	[.575,.65]	[.6,.75]	[.6,.7]	[.6,.75]	[.6,.75]	[.575,.65]
a_{13}	[.475,.675]	[.45,.575]	[.625,.7]	[.625,.7]	[.6,.7]	[.575,.7]	[.5,.675]	[.475,.575]

Per poder obtenir $M(\underline{A})$ o $M(\underline{M})$ o $M(\underline{B})$ serà necessari tornar a convolucionar l'anterior matriu $M(\underline{A})$ o $M(\underline{M})$ amb $M(\underline{B})$ resultant-nos la següent que simbolitzarem per $M(\underline{M}^*)$:

$M(\underline{M}^*) =$

	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8
a_1	[.8,.95]	[.8,.95]	[.75,.925]	[.75,.9]	[.8,.85]	[.725,.8]	[.775,.9]	[.8,.95]
a_2	[.75,.925]	[.75,.925]	[.775,.95]	[.75,.9]	[.625,.775]	[.75,.9]	[.75,.9]	[.75,.9]
a_3	[.6,.75]	[.6,.75]	[.6,.75]	[.575,.75]	[.525,.625]	[.6,.75]	[.6,.75]	[.6,.75]
a_4	[.625,.8]	[.625,.8]	[.625,.8]	[.575,.8]	[.525,.625]	[.625,.8]	[.625,.8]	[.625,.8]
a_5	[.625,.8]	[.625,.8]	[.625,.8]	[.6,.8]	[.6,.7]	[.625,.8]	[.625,.8]	[.625,.8]
a_6	[.675,.8]	[.65,.8]	[.675,.8]	[.675,.8]	[.525,.625]	[.675,.8]	[.675,.8]	[.675,.8]
a_7	[.475,.6]	[.475,.6]	[.475,.6]	[.475,.6]	[.4,.6]	[.475,.6]	[.475,.6]	[.475,.6]
a_8	[.675,.8]	[.675,.8]	[.65,.775]	[.625,.75]	[.6,.7]	[.675,.8]	[.675,.8]	[.675,.8]
a_9	[.65,.825]	[.65,.8]	[.65,.825]	[.65,.825]	[.6,.7]	[.65,.825]	[.65,.825]	[.65,.825]
a_{10}	[.675,.85]	[.65,.8]	[.675,.85]	[.675,.85]	[.6,.7]	[.675,.85]	[.675,.85]	[.675,.85]
a_{11}	[.675,.825]	[.675,.8]	[.65,.825]	[.65,.825]	[.6,.7]	[.675,.825]	[.675,.825]	[.675,.825]
a_{12}	[.6,.75]	[.6,.75]	[.6,.75]	[.6,.75]	[.6,.7]	[.6,.75]	[.6,.75]	[.6,.75]
a_{13}	[.625,.7]	[.625,.7]	[.625,.7]	[.625,.7]	[.6,.7]	[.625,.7]	[.625,.7]	[.625,.7]

Aquesta darrera matriu recull els efectes acumulats de 1a i 2a generació, i finalment per descobrir els efectes oblidats caldrà comparar-la amb la matriu

dels efectes de 1a generació, és a dir, amb la matriu d'incidència directa causa-efecte simbolitzada per $M(\underline{M})$. Caldrà, però, reduir els intervals de confiança a números ordinals. Aquesta restricció és necessària ja que no sempre existeix un ordre estricte entre dos o més intervals de confiança, degut a que la relació d'ordre usual entre intervals de confiança no és una relació d'ordre total. Per realitzar aquesta comparació obtindrem el valor mitjà de cada interval, i les matrius $M(\underline{M})$ i $M(\underline{M}^*)$ es transformaran en les següents:

$$\overline{M(\underline{M})} =$$

	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆	b ₇	b ₈
a ₁	.875	.85	.7375	.7375	.825	.6125	.7875	.85
a ₂	.7	.8375	.8625	.825	.6	.7	.6875	0.7875
a ₃	.1375	.1375	.2125	.3375	.1875	.45	.1875	.0875
a ₄	.05	.0375	.275	.4125	.2875	.275	.225	.225
a ₅	.15	.1	.25	.6	.275	.45	.425	.1
a ₆	.4125	.3875	.5375	.6875	.575	.7	.475	.2625
a ₇	.1375	.125	.35	.4	.275	.4375	.3	.225
a ₈	.6	.6125	.575	.5375	.6	.7375	.7	.6875
a ₉	.6	.325	.575	.7375	.3125	.65	.4375	.5125
a ₁₀	.375	.3125	.5625	.7625	.35	.725	.7	0.425
a ₁₁	.575	.4625	.7125	.6875	.425	.6625	.5875	.525
a ₁₂	.225	.275	.5125	.6	.65	.5625	.45	.4875
a ₁₃	.4625	.3625	.1625	.15	.3625	.2375	.2375	.2625

$$\overline{M(\underline{M}^*)} =$$

	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆	b ₇	b ₈
a ₁	.875	.875	.8375	.825	.825	.7625	.8375	.875
a ₂	.8375	.8375	.8625	.825	.7	.825	.825	.825
a ₃	.675	.675	.675	.6625	.575	.675	.675	.675
a ₄	.7125	.7125	.7125	.6875	.575	.7125	.7125	.7125
a ₅	.7125	.7125	.7125	.7	.65	.7125	.7125	.7125
a ₆	.7375	.725	.7375	.7375	.575	.7375	.7375	.7375
a ₇	.5375	.5375	.5375	.5375	.5	.5375	.5375	.5375
a ₈	.7375	.7375	.7125	.6875	.65	.7375	.7375	.7375
a ₉	.7375	.725	.7375	.7375	.65	.7375	.7375	.7375
a ₁₀	.7625	.725	.7625	.7625	.65	.7625	.7625	.7625
a ₁₁	.75	.7375	.7375	.7375	.65	.75	.75	.75
a ₁₂	.675	.675	.675	.675	.65	.675	.675	.675
a ₁₃	.6625	.6625	.6625	.6625	.65	.6625	.6625	.6625

12. *Elaboració del procés per a la detecció de possibles efectes oblidats en les empreses promotores constructores*

La comparació d'aquestes dues matrius posarà de manifest els efectes oblidats. Llavors, només caldrà que obtinguem la diferència entre cada element de $\overline{M}(\underline{M}^*)$ i la seva corresponent $\overline{M}(\underline{M})$. La matriu resultant és la que segueix:

$$\overline{M}(\underline{M}^*) - \overline{M}(\underline{M}) =$$

	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆	b ₇	b ₈
a ₁	0	.025	.1	.0875	0	.15	.05	.025
a ₂	0.1375	0	0	0	.1	.125	.1375	.0375
a ₃	.5375	.5375	.4625	.325	.3875	.225	.4875	.5875
a ₄	.6625	.675	.4375	.275	.2875	.4375	.4875	.4875
a ₅	.5625	.6125	.4625	.1	.375	.2625	.2875	.6125
a ₆	.325	.3375	.2	.05	0	.0375	.2625	.475
a ₇	.4	.4125	.1875	.1375	.225	.1	.2375	.3125
a ₈	.1375	.125	.1375	.15	.05	0	.0375	.05
a ₉	.1375	.4	.1625	0	.3375	.0875	.3	.225
a ₁₀	.3875	.4125	.2	0	.3	.0375	.0625	.3375
a ₁₁	.175	.275	.025	.05	.225	.0875	.1625	.225
a ₁₂	.45	.4	.1625	.075	0	.1125	.225	.1875
a ₁₃	.2	.3	.5	.5125	.2875	.425	.425	.4

Una simple ullada a la darrera matriu permet detectar aquells efectes en els quals l'oblit ha estat més important. Cal remarcar, que en el nostre estudi no han sorgit oblits de nivell elevat, però, destacarem els següents:

1. a₄ → b₁ , a₄ → b₂. Incidència respectiva del “descens en el nombre de matrimonis” sobre l’ “augment del valor de l’empresa” i de la “consolidació del prestigi en el mercat”.
2. a₅ → b₁ , a₅ → b₂, a₅ → b₈. Incidència respectiva de l’ “envelliment de la població” sobre l’ “augment del valor de l’empresa” i de la “consolidació del prestigi en el mercat” així com de la “millora de la posició competitiva”.
3. a₃ → b₈. Incidència del “descens de la fecunditat” sobre la “millora de la posició competitiva”.

Destacarem també els següents efectes oblidats tot i que presenten un nivell d'oblit lleugerament inferior als anteriorment esmentats:

4. $a_3 \rightarrow b_1$, $a_3 \rightarrow b_2$. Incidència respectiva del “descens de la fecunditat” en l’ “augment del valor de l'empresa” i en la “consolidació del prestigi en el mercat”.

5. $a_{13} \rightarrow b_4$. Incidència de l’ “encariment del sòl urbanitzable” en l’ “augment de vendes”.

Anàlisi dels resultats:

Les xifres que han aparegut en la matriu d'efectes oblidats manifesten la necessitat de tenir en consideració una sèrie d'elements que en un principi es considerava que tenien una incidència nul·la o quasi nul·la sobre diferents aspectes de l'entorn.

Així, doncs, procedirem a analitzar els oblitats més significatius, que en el nostre estudi seran aquells que superin el grau 0.55 per manifestar la necessitat de tenir present, no només les incidències que es consideren directes, sinó també aquelles que, tot i que no som capaços de percebre directament, sí tenen una incidència a través d'un o alguns altres elements.

Procedint a l'anàlisi dels resultats, és possible observar el següent:

1. Amb un grau 0.675 s'observa que ha existit un oblit en la incidència entre el “descens en el nombre de matrimonis” i la “consolidació del prestigi en el mercat”. A priori no hi veiem cap mena de relació de causalitat, però en aquest model se'ns mostra que existeix relació causa efecte entre aquests dos elements a causa d'uns elements intermedis. Per descobrir aquests

12. Elaboració del procés per a la detecció de possibles efectes oblidats en les empreses promotores constructores

elements intermedis, cal investigar quin ha estat el camí que ha implicat un efecte oblidat de nivell 0.675.

$$a_4 \rightarrow b_2$$

$$.675$$

Per trobar els elements intermedis que han provocat l'oblit entre a_4 i b_2 hem buscat el mínim entre cada element de la fila quatre de la matriu $\overline{M}(\underline{A})$ i cada element de les diferents columnes de la matriu $\overline{M}(\underline{M})$. I llavors, de cada columna ens quedem amb el màxim dels mínims. És a dir:

Per b_1 :

$$\begin{array}{lll} 0.2375 \wedge 0.875 & = & 0.2375 \\ 0.25 \wedge 0.7 & = & 0.25 \\ 0.775 \wedge 0.1375 & = & 0.1375 \\ 1 \wedge 0.05 & = & 0.05 \\ 0.65 \wedge 0.15 & = & 0.15 \\ 0.7125 \wedge 0.4125 & = & \mathbf{0.4125} \\ 0.125 \wedge 0.1375 & = & 0.125 \\ 0.1625 \wedge 0.6 & = & 0.1625 \\ 0.2875 \wedge 0.6 & = & 0.2875 \\ 0.4125 \wedge 0.375 & = & 0.375 \\ 0.2 \wedge 0.575 & = & 0.2 \\ 0.35 \wedge 0.22 & = & 0.225 \\ 0.15 \wedge 0.4625 & = & 0.15 \end{array}$$

Per b_2 :

$$\begin{array}{lll} 0.2375 \wedge 0.85 & = & 0.2375 \\ 0.25 \wedge 0.8375 & = & 0.25 \\ 0.775 \wedge 0.1375 & = & 0.1375 \\ 1 \wedge 0.0375 & = & 0.0375 \\ 0.65 \wedge 0.1 & = & 0.1 \\ 0.7125 \wedge 0.3875 & = & \mathbf{0.3875} \\ 0.125 \wedge 0.125 & = & 0.125 \\ 0.1625 \wedge 0.6125 & = & 0.1625 \\ 0.2875 \wedge 0.325 & = & 0.2875 \\ 0.4125 \wedge 0.3125 & = & 0.3125 \\ 0.2 \wedge 0.4625 & = & 0.2 \\ 0.35 \wedge 0.275 & = & 0.275 \\ 0.15 \wedge 0.3625 & = & 0.15 \end{array}$$

Per b_3 :

$0.2375 \wedge 0.7375 = 0.2375$
 $0.25 \wedge 0.8625 = 0.25$
 $0.775 \wedge 0.2125 = 0.2125$
 $1 \wedge 0.275 = 0.275$
 $0.65 \wedge 0.25 = 0.25$
 $0.7125 \wedge 0.5375 = \mathbf{0.5375}$
 $0.125 \wedge 0.35 = 0.125$
 $0.1625 \wedge 0.575 = 0.1625$
 $0.2875 \wedge 0.575 = 0.2875$
 $0.4125 \wedge 0.5625 = 0.4125$
 $0.2 \wedge 0.7125 = 0.2$
 $0.35 \wedge 0.5125 = 0.35$
 $0.15 \wedge 0.1625 = 0.15$

Per b_4 :

$0.2375 \wedge 0.7375 = 0.2375$
 $0.25 \wedge 0.825 = 0.25$
 $0.775 \wedge 0.3375 = 0.3375$
 $1 \wedge 0.4125 = 0.4125$
 $0.65 \wedge 0.6 = 0.6$
 $0.7125 \wedge 0.6875 = \mathbf{0.6875}$
 $0.125 \wedge 0.4 = 0.125$
 $0.1625 \wedge 0.5375 = 0.1625$
 $0.2875 \wedge 0.7375 = 0.2875$
 $0.4125 \wedge 0.7625 = 0.4125$
 $0.2 \wedge 0.6875 = 0.2$
 $0.35 \wedge 0.6 = 0.35$
 $0.15 \wedge 0.15 = 0.15$

Per b_5 :

$0.2375 \wedge 0.825 = 0.2375$
 $0.25 \wedge 0.6 = 0.25$
 $0.775 \wedge 0.1875 = 0.1875$
 $1 \wedge 0.2875 = 0.2875$
 $0.65 \wedge 0.275 = 0.275$
 $0.7125 \wedge 0.575 = \mathbf{0.575}$
 $0.125 \wedge 0.275 = 0.125$
 $0.1625 \wedge 0.6 = 0.1625$
 $0.2875 \wedge 0.3125 = 0.2875$
 $0.4125 \wedge 0.35 = 0.35$
 $0.2 \wedge 0.425 = 0.2$
 $0.35 \wedge 0.65 = 0.35$
 $0.15 \wedge 0.3625 = 0.15$

Per b_6 :

$0.2375 \wedge 0.6125 = 0.2375$
 $0.25 \wedge 0.7 = 0.25$
 $0.775 \wedge 0.45 = 0.45$
 $1 \wedge 0.275 = 0.275$
 $0.65 \wedge 0.45 = 0.45$
 $0.7125 \wedge 0.7 = \mathbf{0.7}$
 $0.125 \wedge 0.4375 = 0.125$
 $0.1625 \wedge 0.7375 = 0.1625$
 $0.2875 \wedge 0.65 = 0.2875$
 $0.4125 \wedge 0.725 = 0.4125$
 $0.2 \wedge 0.6625 = 0.2$
 $0.35 \wedge 0.5625 = 0.35$
 $0.15 \wedge 0.2375 = 0.15$

12. Elaboració del procés per a la detecció de possibles efectes oblidats en les empreses promotores constructores

Per b_7 :

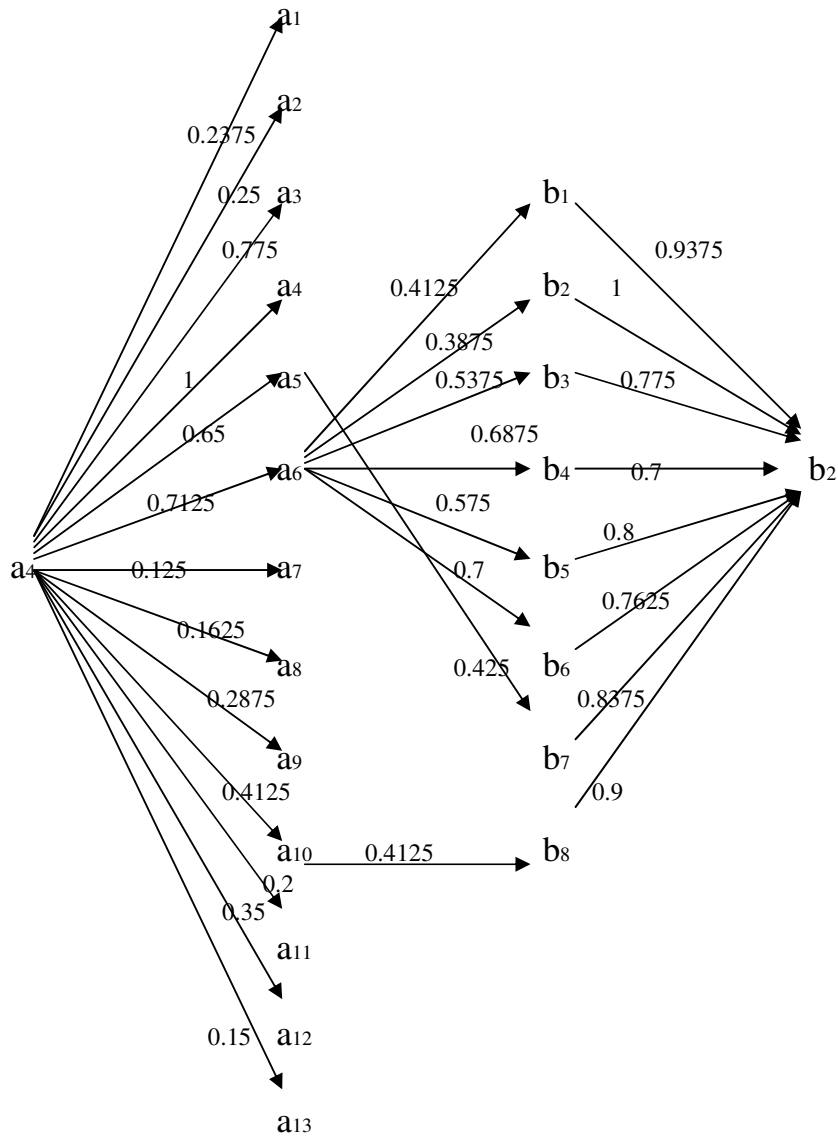
0.2375	\wedge	0.7875	=	0.2375
0.25	\wedge	0.6875	=	0.25
0.775	\wedge	0.1875	=	0.1875
1	\wedge	0.225	=	0.225
0.65	\wedge	0.425	=	0.425
0.7125	\wedge	0.475	=	0.475
0.125	\wedge	0.3	=	0.125
0.1625	\wedge	0.7	=	0.1625
0.2875	\wedge	0.4375	=	0.2875
0.4125	\wedge	0.7	=	0.4125
0.2	\wedge	0.5875	=	0.2
0.35	\wedge	0.45	=	0.35
0.15	\wedge	0.2375	=	0.15

Per b_8 :

0.2375	\wedge	0.85	=	0.2375
0.25	\wedge	0.7875	=	0.25
0.775	\wedge	0.0875	=	0.0875
1	\wedge	0.225	=	0.225
0.65	\wedge	0.1	=	0.1
0.7125	\wedge	0.2625	=	0.2625
0.125	\wedge	0.225	=	0.125
0.1625	\wedge	0.6875	=	0.1625
0.2875	\wedge	0.5125	=	0.2875
0.4125	\wedge	0.425	=	0.4125
0.2	\wedge	0.525	=	0.2
0.35	\wedge	0.4875	=	0.35
0.15	\wedge	0.2625	=	0.15

Tot seguit prenem aquests valors màxims, els senyalats en negreta i tornem a realitzar una convolució maximin, però ara amb la columna b_2 de la matriu $\overline{M(B)}$.

Per entendre millor quin són els elements intermedis que relacionen a_4 amb b_2 podem visualitzar-ho gràficament a través del graf corresponent:



fila a_4 de $\overline{M}(\underline{A})$

relacions d'incidències

columna b_2 de $\overline{M}(\underline{B})$

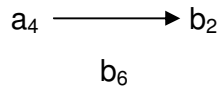
files per columnes de $\overline{M}(\underline{M})$

12. Elaboració del procés per a la detecció de possibles efectes oblidats en les empreses promotores constructores

0.4125	∧	0.9375	=	0.4125
0.3875	∧	1	=	0.3875
0.5375	∧	0.775	=	0.5375
0.6875	∧	0.7	=	0.6875
0.575	∧	0.8	=	0.575
0.7	∧	0.7625	=	0.7
0.475	∧	0.8375	=	0.475
0.4125	∧	0.9	=	0.35

Observem que el màxim dels mínims és 0.7 que correspon en aquest cas a b_6 , augment de beneficis. D'aquesta forma detectem que aquest és l'element intermedi.

$$[a_4, b_6] (\wedge) [b_6, b_2]$$



Un altre element intermedi a destacar és l'augment de vendes que també presenta un grau de gairebé 0.7 i provoca l'oblit d' a_4 a b_2 .

Llavors direm que el “descens en el número de matrimonis” incideix a “consolidar el prestigi en el mercat” a través de l’ “augment de les vendes” i de l’ “augment dels beneficis”.

2. Amb un grau 0.6625 es manifesta que ha existit un oblit en la incidència entre el “descens en el número de matrimonis” i l’ “augment del valor de l’empresa”. Per descobrir els elements intermedis que han provocat aquest efecte oblidat, de manera similar a com hem fet en el cas anterior, cal saber quin ha estat el camí recorregut i descobrim que el “descens en el número de matrimonis” incideix en l’augment del valor de l’empresa a través de l’ “augment de vendes”.

$$[a_4, b_4] (\wedge) [b_4, b_1]$$

$$\begin{array}{ccc} a_4 & \longrightarrow & b_1 \\ & & b_4 \\ & & 0.6875 \end{array}$$

3. Amb un grau 0.6125 s'observa que ha existit un oblit entre l'element a_5 i l'element b_2 . En l'estudi del camí recorregut arribem a la conclusió de que l'"envelliment de la població" incideix en la "consolidació del prestigi del mercat" a través de l' "augment de beneficis" i de l' "augment de vendes".

$$[a_5, b_6] (\wedge) [b_6, b_2]$$

$$[a_5, b_4] (\wedge) [b_4, b_2]$$

$$\begin{array}{ccc} a_4 & \longrightarrow & b_1 \\ & & b_4 \quad b_6 \\ & & 0.7 \quad 0.6875 \end{array}$$

4. Amb un grau 0.6125 s'observa que ha existit un oblit en la incidència entre l'element a_5 i l'element b_8 . Al realitzar l'anàlisi del camí recorregut hem observat que l' "envelliment de la població" incideix en la "millora de la posició competitiva" a través de l' "augment de les vendes" i a través de l' "augment de beneficis".

$$[a_5, b_6] (\wedge) [b_6, b_8]$$

$$[a_5, b_4] (\wedge) [b_4, b_8]$$

$$\begin{array}{ccc} a_4 & \longrightarrow & b_1 \\ & & b_4 \quad b_6 \\ & & 0.7 \quad 0.6875 \\ & & 0.8 \end{array}$$

5. Amb un grau 0.5875 es descobreix l'existència de l'oblit en la incidència entre l'element a_3 i el b_8 . Repetim l'estudi i detectem que el "descens de la fecunditat" incideix en la "millora de la posició competitiva" a través de l' "augment de vendes" i de l' "augment de beneficis".

$$\begin{array}{c}
 [a_3, b_6] (\wedge) [b_6, b_8] \\
 [a_3, b_4] (\wedge) [b_4, b_8] \\
 a_4 \longrightarrow b_1 \\
 b_4 \quad b_6 \\
 0.675 \quad 0.675
 \end{array}$$

6. Amb un grau 0.5625 s'observa un oblit en la incidència entre l'element a_5 i el b_1 . I en el seguiment del camí recorregut i detectem que l' "envelliment de la població" incideix en l' "augment del valor de l'empresa" a través de l' "augment de vendes" i de l' "augment de beneficis".

$$\begin{array}{c}
 [a_5, b_6] (\wedge) [b_6, b_1] \\
 [a_5, b_4] (\wedge) [b_4, b_1] \\
 a_4 \longrightarrow b_1 \\
 b_4 \quad b_6 \\
 0.6875 \quad 0.7
 \end{array}$$

Comentaris de l'anàlisi dels resultats:

En el nostre estudi s'observa que els efectes oblidats sempre tenen el seu origen en el dos mateixos elements intermedis, l' "augment de les vendes" i l' "augment dels beneficis".

A priori no veiem cap tipus de relació directa de causalitat entre el "descens en el número de matrimonis" sobre "obtenir prestigi en el mercat" i sobre

“augmentar el valor de l'empresa”. Però si anem més enllà deduïm que, degut a aquest descens de la nupcialitat, així com amb l'increment de les separacions i divorcis, s'ha donat un creixement de la demanda de les llars no nuclears unipersonals. Aquest augment de la demanda de vivendes ha portat a l'increment de les vendes, i per tant dels beneficis, la qual cosa afavoreix al promotor constructor en l'obtenció de l'èxit empresarial. La possessió d'aquest èxit incidirà en la consolidació del seu prestigi en el mercat i per tant veurà augmentat el valor de la seva empresa.

Tampoc a priori no s'aprecia cap mena de relació directa de causalitat entre l'envelliment de la població sobre la consolidació del prestigi en el mercat, ni sobre la millora en la posició competitiva, ni sobre l'augment del valor de l'empresa. Però sí que s'explica una relació d'incidència entre aquests elements a través de l'augment de vendes i de l'augment de beneficis ja que la major esperança de vida es tradueix en creixement de la població de gent gran i per tant en un increment de la pressió demogràfica que implicarà un augment de les vendes de vivendes, ja que en l'actualitat els costums de la gent gran, gràcies a la seva millor qualitat de vida, han canviat i prefereixen viure sols i no amb els seus fills, el que provoca que es desocupin menys vivendes.

Finalment hem assenyalat l'oblit entre el descens de la fecunditat sobre l'augment del valor de l'empresa. Aquesta disminució en el número de fills està directament relacionada amb la reducció del número de matrimonis. Per tant, la interpretació dels motius d'aquest efecte oblidat podem considerar-los força coincidents amb els esmentats pel cas de la disminució de la nupcialitat.

Cal tenir en compte que la interpretació l'hem realitzat a partir dels resultats obtinguts amb l'expertatge realitzat, que és fruit de l'expressió concreta, en un moment determinat, d'un grup d'experts. És clar que, si aprofundim en aquest camí en estudis posteriors, es farà necessari ampliar el procés d'expertatge, així com sotmetre els resultats a un posterior procés de contraexpertatge per poder donar una validació més “objectiva” als resultats que s'obtinguin.

CAPITOL 13

MODEL DE PREVISIÓ DE PREUS BASAT EN UNA XARXA NEURONAL

En aquest capítol construïm un model de previsió de preus dels habitatges que desenvolupem en l'apartat 13.2, per la qual cosa necessitarem prèviament reunir paràmetres de comportament que influeixin en la variació dels preus dels habitatges que citem i comentem en el següent punt 13.1.

13.1. Factors que poden influir en la variació dels preus dels habitatges

Hi ha varis factors que influeixen en la variació dels preus, d'entre els quals nosaltres destacarem els següents:

a) Índexs de referència hipotecària : Mibor i Euribor

El Mibor és el tipus amb el que les entitats financeres es presten diners entre sí en el mercat interbancari de Madrid. El seu càlcul es realitza a partir de la mitjana aritmètica simple dels tipus d'interès diaris amb el quals s'han creuat operacions de termini un any en el mercat interbancari, durant els dies hàbils del mes legal corresponent. D'aquestes operacions creuades s'exclouen aquelles realitzades a uns tipus allunyats de la tònica general del mercat. A

més, els tipus diaris els formen els tipus mitjos ponderats per l'import de les operacions realitzades a aquest termini durant el dia.

L'Euribor és la mitjana dels tipus d'interès de les operacions realitzades entre els principals bancs que actuen en la Unió Europea Monetària (UEM). El seu càlcul es realitza a partir de la mitjana aritmètica simple dels valors diaris dels dies de mercat de cada mes del tipus d'interès publicat per la Federació Bancària Europea per les operacions de dipòsits en euros amb termini d'un any. Es calcula a partir dels preus d'oferta dels préstecs que es fan entre sí els principals bancs europeus.

La Circular del Banc d'Espanya 7/1999, de 29 de Juny, a entitats de crèdits, va ajustar el quadre de tipus oficials de referència pels préstecs hipotecaris i va incorporar l'Euribor a un any com a nova referència interbancària. Fins el 31/12/1999 el Mibor a un any va ser l'índex de referència més utilitzat en els préstecs de tipus variable, però a partir d'aquell moment va quedar obsolet i amb tendència a desaparèixer a causa de que des de l'1 de gener de 1999 la política monetària va passar a ser comú per a tots els països integrants de la UEM i els grans bancs operaven principalment en el mercat interbancari europeu, essent el mercat nacional per a les entitats petites. Per tant, això va portar a que el volum de les operacions en el mercat nacional es reduís, de manera que va sorgir la necessitat d'una nova referència hipotecària oficial. Llavors, l'Euribor va ser fruit de la convergència que duen a terme els diferents mercats interbancaris nacionals dels Estats que integren la UEM des de l'1 de gener de 1999.

La introducció de l'Euribor no va implicar una substitució total del Mibor, sinó que es va mantenir i es mantindrà mentre es compleixin els requisits tècnics mínims necessaris pel seu càlcul fiable i representatiu. Quan ja no sigui possible, el "Ministerio de Economía y Hacienda" determinarà el nou tipus d'aplicació el més semblant possible a l'existent amb l'objectiu de que l'euro no

suposi una alteració dels préstecs anteriors a l'1 de gener de 2000, atenent el principi de continuïtat en els contractes.

En l'actualitat més del 97% dels crèdits hipotecaris són a tipus variable i l'índex Euribor s'utilitza com a principal referència per fixar el tipus d'interès. En aquest índex, les entitats li apliquen un diferencial que normalment és de l'1% o menys degut a la gran competència que tenen les entitats financeres per la captació de clients. Segons l'opinió d'experts, aquest índex de referència és el millor tipus d'interès pel consumidor ja que representa el tipus de mercat pur i aquest és el més competitiu per dependre directament de la oferta i la demanda.

b) Índex de Preus al Consum (IPC)

L'índex de Preus al Consum (IPC) és un indicador o variable estadística de l'evolució del conjunt de preus de béns i serveis, que són sempre els mateixos i que es consideren representatius de la despesa que constitueix el consum familiar.

És l' "Instituto Nacional de Estadística" que , per mitjà d'enquestes fetes a les famílies, determina quins productes es consumeixen i quina representació té cada un d'ells en la despesa total familiar. Llavors, amb el resultat d'aquestes enquestes es forma la cistella de la compra representativa del consum familiar. Amb la cistella ja confeccionada s'anoten els preus que els seus articles tenen en uns punts de compra determinats de cada província. En el moment en que es realitza aquesta primera observació s'anomena període base. I és a partir d'aquest moment que, cada mes, es tornen a observar els preus dels mateixos articles en els mateixos establiments amb la finalitat d'observar com han variat en relació als preus anotats en el període base i és aquesta variació la que en recull l'Índex.

Des del mes de gener de l'any 1993, ha estat vigent a Espanya l'IPC Base 92, però des de la publicació de l'IPC del mes de gener de l'any 2002, va entrar en vigor el Sistema d'Índexs de Preus Base 2001. L'anterior sistema es fonamentava en les enquestes de pressupostos familiars realitzades entre abril de 1990 i el març de 1991, essent el seu període base l'any 1992. Però, amb el transcurs dels anys es va observar que calia actualitzar la cistella de consum d'Espanya ja que, fins fa poc, els canvis de gustos en la nostra societat era lent i només calia renovar la cistella cada dotze o quinze anys, però en l'actualitat és necessari confeccionar una nova cistella cada quatre o cinc anys. Amb l'entrada del nou Sistema d'Índexs de Preus Base 2001, que és el sistema actual, hi ha hagut no només un canvi de base sinó també un canvi de sistema amb la qual cosa es va aconseguir un indicador amb més dinamisme perquè pot actualitzar les ponderacions més sovint i s'adapta millor a l'evolució del mercat. A més, se li poden afegir nous productes a la cistella en el moment en que el seu consum pren importància i aquest nou sistema també permet la comparació amb els índexs de preus d'altres països de la Unió Europea.

c) Producte Interior Brut

El Producte Interior Brut (PIB) és el valor monetari dels béns i serveis finals produïts per una economia en un període determinat. El PIB és un dels principals agregats econòmics continguts en la Comptabilitat Nacional pel fet de representar, globalment, el resultat final de l'activitat productiva en una economia. La seva variació detecta la fortalesa o la debilitat de l'economia i la inflació es refereix a la variació de preus que en sofreixi.

El preu de l'habitatge mostra, en les conjuntures expansives una correlació amb l'evolució del PIB. En canvi, en les èpoques depressives de l'economia tendeix a produir-se una correlació menys accentuada. . És a dir, el cicle depressiu de l'habitatge s'estén per un període de temps més perllongat que el conjunt de l'economia.

Segons l'estudi "Los precios de la vivienda en España. Primer semestre 2002"²¹ realitzat pel Centre de política de sòl i valoracions de la Universitat Politècnica de Catalunya, l'evolució del preu de l'habitatge va mostrar pel període 1987-2002, un comportament clarament per sobre de l'evolució del PIB. Aquesta revalorització tendeix a augmentar en les èpoques expansives, reduint-se, fins a situar-se pràcticament en el nivell del PIB al final de les èpoques depressives. Tot i així, la corba de preus sembla mantenir-se sempre per sobre del PIB.

d) *IBEX-35*

L'IBEX-35 és un índex ponderat per capitalització. Va començar a publicar-se el mes de gener de 1991, tot i que va néixer el 31 de desembre de 1989 amb un valor de referència de 3.000 punts. Ara bé, la seva història es va iniciar amb el nom de FIXX l'any 1987.

L'IBEX-35 està compostat pels 35 valors de les companyies més líquides que cotitzen en el Mercat Continu de les quatre Borses Espanyoles (Borsa de Barcelona, de Madrid, de Bilbao i de València). El valor d'aquest índex s'obté cada dia a partir de la següent expressió:

$$\text{índex}T = \text{índex}(T-1) \times \frac{\sum \text{capitalització}T}{(\sum \text{capitalització}T-1)}$$

En el càlcul de l'IBEX-35 s'ha de tenir present que no és una mitjana aritmètica de l'evolució dels 35 valors que el componen, sinó que cada valor té un pes diferent en funció del seu capital flotant. Els cinc primers valors tenen un pes superior al 60 per cent, mentre que els altres 30 no assoleixen el 40 per cent.

²¹ ROCA, J. (2002) : "Los precios de la vivienda en España. Primer semestre 2002". Centre de Política de sòl i valoracions (CPSV). Universitat Politècnica de Catalunya.

Aquest índex serveix per mesurar el comportament del mercat i comparar-lo amb l'evolució d'un valor o una cartera de valors. A més, també ens és d'utilitat com a suport en els contractes de productes derivats (opcions i futurs) sobre índexs.

La composició de l'IBEX-35 es revisa cada sis mesos. Des dels seus inicis, gairebé la meitat dels seus valors han estat renovats, sigui per l'arribada de nous títols, sigui per la fusió d'alguns d'ells. Qui s'encarrega d'analitzar i decidir la sortida i entrada de valors de l'índex és el Comitè Assessor Tècnic que és presidit pel responsable del Servei d'Estudis de la Borsa de Madrid.

L'habitatge s'ha convertit en un actiu d'inversió que competeix en la cartera dels espanyols amb altres actius lligats al mercat de la borsa. És per això que considerem imprescindible incorporar la rendibilitat de l'IBEX-35 com a element que pot condicionar l'evolució de les variables lligades al mercat residencial a curt i mig termini. La inversió en immobles continua proporcionant major rendibilitat que la borsa i es considera més sòlida i fiable. La caiguda de la borsa l'any 2002, caiguda del 28.1% de l'IBEX-35, i la baixa retribució de la renda fixa, va provocar que es desviessin fons en l'adquisició d'immobles com a producte d'inversió sense que tinguessin com a destí final el d'habitar l'habitatge, la qual cosa va alimentar el fenomen de l'especulació.

e) L'atur

El fenomen de l'atur és un problema econòmic fonamental i la seva solució és un objectiu de prioritat per a la política econòmica. Per analitzar la seva situació en el mercat laboral d'una societat s'observen les dades que s'ofereixen com a taxes d'atur, és a dir, la proporció de treballadors a l'atur respecte el total de la població activa.

S'anomena població activa al conjunt d'individus d'una societat que estant en edat de treballar i capacitats per fer-ho, tenen o desitgen tenir una feina remunerada. Els membres d'aquest grup que estan buscant activament feina i no la troben rebran la qualificació de treballadors en atur.

Les oficines de l'INEM consideren que les persones en atur són aquelles que estan incloses en els seus fitxers esperant una feina i a partir d'aquestes dades elaboren el que s'anomena atur registrat. La principal font d'informació del mercat de treball, però, és l'enquesta de població activa (EPA), que és una investigació de mostreig de caràcter continu duta a terme per l' "Instituto Nacional de Estadística" (INE) a tot el territori espanyol. L' INE realitza y publica mensualment els resultats d'aquesta enquesta que rep el nom d'atur declarat.

Segons l'estudi "Los precios de la vivienda en España. Primer semestre 2002" realitzat pel Centre de política de sòl i valoracions de la Universitat Politècnica de Catalunya, el preu de l'habitatge va mostrar, en les conjuntures expansives dels períodes 1987-1991, 1998-2002, una accentuada correlació negativa amb la taxa d'atur. En canvi, en el període de recessió, des del punt de vista de l'habitatge, 1992-1997, els nivells de correlació eren més dèbils. L'explicació d'aquesta menor correlació la van trobar en que, des del primer trimestre de 1995 es va invertir la tendència a l'augment de l'atur i es van mantenir els preus de l'habitatge fins a final de 1997. Llavors, van observar que el cicle de recessió de l'habitatge s'estenia quasi tres anys més en el temps que no pas el cicle del mercat de treball.

Per la construcció de la xarxa neuronal utilitzarem aquests factors però no són els únics que influencien els preus dels habitatges, n'hi ha molts d'altres com la convergència cap a les mitjanes de la Unió Europea on l'habitatge és més car, alguns aspectes de la política internacional, la incorporació en el mercat d'habitatges buits i de més habitatges protegits, o les reformes fiscals.

13.2. Previsió de preus dels habitatges a partir de l'aplicació d'un perceptró multicapa

Partirem d'una mostra de dades que van des del quart trimestre de l'any 1990 fins el tercer trimestre de l'any 2003. Les dades són de les següents variables que ja han estat comentades en l'apartat anterior:

- Atur registrat a Espanya.
- Taxa interanual de variació del PIB
- Índex de referència MIBOR (Hem omès l'índex de referència EURIBOR perquè són de valors molt similars en els trimestres que coincideixen).
- Valors de tancament trimestral de l'IBEX-35.
- Taxa anual IPC (Base 1992).

III. Noves tècniques operatives de gestió per a l'empresa promotora constructora

Anys/trimestres	Atur registrat a Espanya (milers de persones)	Tasa interanual de variació del PIB (%)	Índex de referència MIBOR	Tancament trimestral IBEX-35	IPC Tasa anual Base 1992	Preu mig del m ² dels habitatges d'Espanya (euros)
1990 T4	2.499,8	5,16	15,268	2.248,78	6,5	580,60
1991 T1	2.500,7	3,8	13,59	2300	5,9	613,42
1991 T2	2.466,8	2,97	12,233	2400	6,2	637,90
1991 T3	2.560,2	3,1	12,274	2500	5,7	652,80
1991 T4	2.653,0	0,38	12,925	2.604,34	5,5	681,23
1992 T1	2.719,8	2,19	12,528	2.750,42	6,9	650,49
1992 T2	2.775,7	0,89	12,794	2.553,82	6,2	635,70
1992 T3	2.877,1	0,63	14,173	2.032,13	5,8	633,78
1992 T4	3.161,0	0,02	14,507	2.344,57	5,3	630,72
1993 T1	3.414,3	-1,99	13,245	9.251,30	4	625,44
1993 T2	3.510,2	-1,3	10,409	2.854,60	4,9	634,83
1993 T3	3.653,6	-0,77	9,334	3.177,30	4,3	639,69
1993 T4	3.817,0	-0,05	8,238	3.615,20	4,9	640,61
1994 T1	3.932,9	2	8,041	3.489,10	5	634,72
1994 T2	3.895,5	2,37	8,198	3.200,70	4,7	636,80
1994 T3	3.835,2	2,4	8,875	3.176,60	4,5	644,36
1994 T4	3.856,7	2,76	9,445	3.087,70	4,3	642,63
1995 T1	3.794,1	2,62	10,506	2.931,70	5,1	652,92
1995 T2	3.668,1	2,82	10,363	3.219,10	5,1	661,06
1995 T3	3.689,7	2,8	9,572	3.376,80	4,4	665,46
1995 T4	3.710,4	2,79	9,136	3.630,80	4,3	667,47
1996 T1	3.750,2	2,54	8,365	3.857,10	3,4	669,98
1996 T2	3.652,8	2,71	7,276	4.264,10	3,6	674,79
1996 T3	3.617,6	2,37	6,975	4.215,60	3,6	675,18
1996 T4	3.608,4	2,14	5,994	5.154,80	3,2	676,45
1997 T1	3.563,4	3,32	5,788	5.424,30	2,2	677,74
1997 T2	3.481,2	3,43	5,101	6.884,60	1,6	683,06
1997 T3	3.435,9	3,96	4,99	7.269,70	2	686,64
1997 T4	3.407,1	5,39	4,623	7.255,40	2	691,78
1998 T1	3.282,5	4,3	4,161	10.209,10	1,8	694,34
1998 T2	3.182,1	4,26	4,191	10.146,40	2,1	709,66
1998 T3	3.148,8	4,95	3,83	7.676,50	1,6	723,95
1998 T4	3.095,6	3,89	3,24	9.386,60	1,4	738,58
1999 T1	2.889,2	3,63	3,031	9.740,70	2,2	755,21
1999 T2	2.659,8	4,57	2,78	10.218,60	2,2	780,25
1999 T3	2.658,9	4,17	3,26	9.525,40	2,5	803,89
1999 T4	2.681,5	4,42	3,806	11.641,40	2,9	829,81
2000 T1	2.622,5	5,14	4,259	11.935,00	2,9	857,25
2000 T2	2.457,5	4,47	4,959	10.581,30	3,4	891,76
2000 T3	2.439,2	3,76	5,208	10.950,00	3,7	926,36
2000 T4	2.428,4	3,4	4,889	9.109,80	4	953,42
2001 T1	1.916,2	3,07	4,469	9.308,30	3,9	994,50
2001 T2	1.833,3	2,71	4,31	8.878,40	4,2	1.030,77
2001 T3	1.834,9	3,15	3,771	7.314,00	3,4	1.065,78
2001 T4	1.891,8	2,67	3,286	8.397,60	2,7	1.096,57
2002 T1	2.081,1	2,22	3,799	8.249,70	3,1	1.148,23
2002 T2	2.026,2	2,03	3,862	6.913,00	3,4	1.193,66
2002 T3	2.106,1	1,84	3,241	5.431,70	3,5	1.254,09
2002 T4	2.118,2	2,09	2,878	6.036,90	4	1.287,73
2003 T1	2.182,7	2,23	2,42	5.870,50	3,7	1.349,11
2003 T2	2.085,0	2,34	2,033	6.862,00	2,7	1.402,57
2003 T3	2.114,6	2,39	2,263	6.703,60	2,9	1.450,60

Com que tota aquesta informació és expressada en diferents unitats de mesura la traspasarem en forma de variació respecte el període anterior amb la qual cosa perdrem el primer període de la taula i ens quedarà la següent:

13. Model de previsió de preus basat en una xarxa neurona

Anys/trimestres	Atur registrat a Espanya	Tasa interanual de variació del PIB	Índex de referència MIBOR	Tancament trimestral IBEX-35	IPC Tasa anual Base 1992	Preu mig del m^2 dels habitatges d'Espanya
1991 T1	1,00036	1,03800	1,13590	1,02278	1,05900	1,05653
1991 T2	0,98644	1,02970	1,12233	1,04348	1,06200	1,03991
1991 T3	1,03786	1,03100	1,12274	1,04167	1,05700	1,02336
1991 T4	1,03625	1,00380	1,12925	1,04174	1,05500	1,04355
1992 T1	1,02518	1,02190	1,12528	1,05609	1,06900	0,95488
1992 T2	1,02055	1,00890	1,12794	0,92852	1,06200	0,97726
1992 T3	1,03653	1,00630	1,14173	0,79572	1,05800	0,99698
1992 T4	1,09868	1,00020	1,14507	1,15375	1,05300	0,99517
1993 T1	1,08013	0,98010	1,13245	3,94584	1,04000	0,99163
1993 T2	1,02809	0,98700	1,10409	0,30856	1,04900	1,01501
1993 T3	1,04085	0,99230	1,09334	1,11305	1,04300	1,00766
1993 T4	1,04472	0,99950	1,08238	1,13782	1,04900	1,00144
1994 T1	1,03036	1,02000	1,08041	0,96512	1,05000	0,99081
1994 T2	0,99049	1,02370	1,08198	0,91734	1,04700	1,00328
1994 T3	0,98452	1,02400	1,08875	0,99247	1,04500	1,01187
1994 T4	1,00561	1,02760	1,09445	0,97201	1,04300	0,99732
1995 T1	0,98377	1,02620	1,10506	0,94948	1,05100	1,01601
1995 T2	0,96679	1,02820	1,10363	1,09803	1,05100	1,01247
1995 T3	1,00589	1,02800	1,09572	1,04899	1,04400	1,00666
1995 T4	1,00561	1,02790	1,09136	1,07522	1,04300	1,00302
1996 T1	1,01073	1,02540	1,08365	1,06233	1,03400	1,00376
1996 T2	0,97403	1,02710	1,07276	1,10552	1,03600	1,00718
1996 T3	0,99036	1,02370	1,06975	0,98863	1,03600	1,00058
1996 T4	0,99746	1,02140	1,05994	1,22279	1,03200	1,00188
1997 T1	0,98753	1,03320	1,05788	1,05228	1,02200	1,00191
1997 T2	0,97693	1,03430	1,05101	1,26921	1,01600	1,00785
1997 T3	0,98699	1,03960	1,04990	1,05594	1,02000	1,00524
1997 T4	0,99162	1,05390	1,04623	0,99803	1,02000	1,00749
1998 T1	0,96343	1,04300	1,04161	1,40710	1,01800	1,00370
1998 T2	0,96941	1,04260	1,04191	0,99386	1,02100	1,02206
1998 T3	0,98954	1,04950	1,03830	0,75657	1,01600	1,02014
1998 T4	0,98310	1,03890	1,03240	1,22277	1,01400	1,02021
1999 T1	0,93332	1,03630	1,03031	1,03772	1,02200	1,02252
1999 T2	0,92060	1,04570	1,02780	1,04906	1,02200	1,03316
1999 T3	0,99966	1,04170	1,03260	0,93216	1,02500	1,03030
1999 T4	1,00850	1,04420	1,03806	1,22214	1,02900	1,03224
2000 T1	0,97800	1,05140	1,04259	1,02522	1,02900	1,03307
2000 T2	0,93708	1,04470	1,04959	0,88658	1,03400	1,04026
2000 T3	0,99255	1,03760	1,05208	1,03484	1,03700	1,03880
2000 T4	0,99557	1,03400	1,04889	0,83195	1,04000	1,02921
2001 T1	0,78908	1,03070	1,04469	1,02179	1,03900	1,04309
2001 T2	0,95674	1,02710	1,04310	0,95382	1,04200	1,03647
2001 T3	1,00087	1,03150	1,03771	0,82380	1,03400	1,03396
2001 T4	1,03101	1,02670	1,03286	1,14815	1,02700	1,02889
2002 T1	1,10006	1,02220	1,03799	0,98239	1,03100	1,04711
2002 T2	0,97362	1,02030	1,03862	0,83797	1,03400	1,03957
2002 T3	1,03943	1,01840	1,03241	0,78572	1,03500	1,05063
2002 T4	1,00575	1,02090	1,02878	1,11142	1,04000	1,02682
2003 T1	1,03045	1,02230	1,02420	0,97244	1,03700	1,04767
2003 T2	0,95524	1,02340	1,02033	1,16890	1,02700	1,03963
2003 T3	1,01420	1,02390	1,02263	0,97692	1,02900	1,03424

Amb aquestes dades entrenarem una Xarxa Neuronal Artificial que ens permetrà trobar un patró de comportament que en un futur es podrà aplicar per propers períodes. Treballarem amb un perceptró multicapa i prèviament normalitzarem les dades per millorar l'eficiència de la xarxa. Les dades

III. Noves tècniques operatives de gestió per a l'empresa promotora constructora

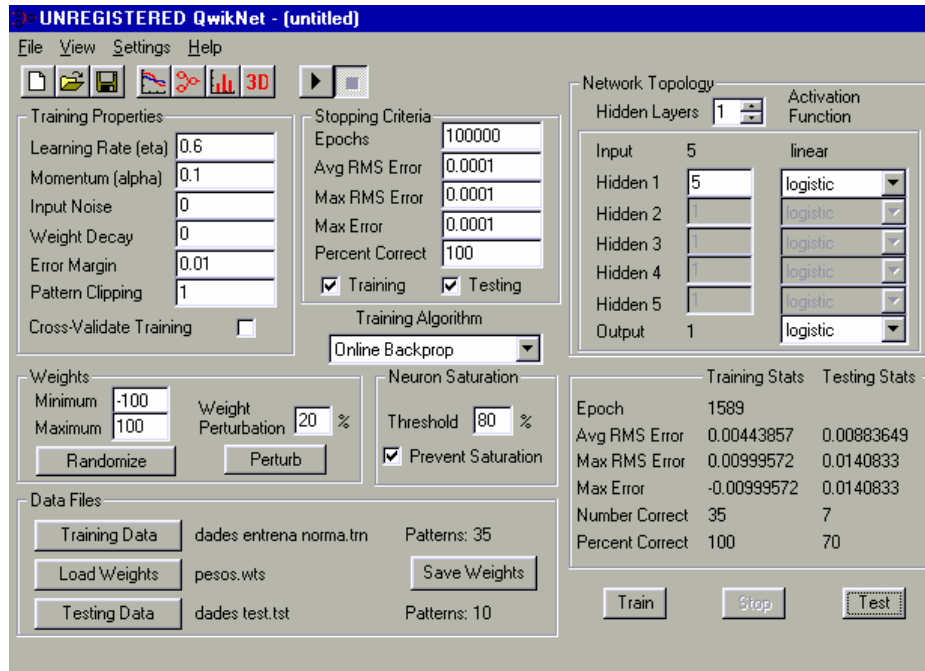
recollides normalitzades mitjançant l'expressió $\mu_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$ prenen els següents

valors:

Anys/trimestres	Atur registrat a Espanya	Tasa interanual de variació del PIB	Index de referència MIBOR	Tancament trimestral IBEX-35	IPC Tasa anual Base 1992	Preu mig del m^2 dels habitatges d'Espanya
1991 T1	0,08051	0,75792	2,02726	-0,10840	1,60692	1,05653
1991 T2	-0,37011	0,22151	1,61418	-0,06039	1,83435	1,03991
1991 T3	1,29491	0,30552	1,62666	-0,06459	1,45529	1,02336
1991 T4	1,24259	-1,45235	1,82483	-0,06443	1,30367	1,04355
1992 T1	0,88419	-0,28259	1,70398	-0,03115	2,36504	0,95488
1992 T2	0,73439	-1,12275	1,78495	-0,32696	1,83435	0,97726
1992 T3	1,25179	-1,29078	2,20472	-0,63489	1,53111	0,99698
1992 T4	3,26411	-1,68501	2,30640	0,19530	1,15205	0,99517
1993 T1	2,66367	-2,98403	1,92224	6,66959	0,16649	0,99163
1993 T2	0,97838	-2,53809	1,05894	-1,76451	0,84880	1,01501
1993 T3	1,39171	-2,19557	0,73171	0,10092	0,39393	1,00766
1993 T4	1,51705	-1,73025	0,39808	0,15837	0,84880	1,00144
1994 T1	1,05209	-0,40538	0,33811	-0,24209	0,92461	0,99081
1994 T2	-0,23907	-0,16626	0,38590	-0,35288	0,69717	1,00328
1994 T3	-0,43239	-0,14687	0,59198	-0,17867	0,54555	1,01187
1994 T4	0,25039	0,08579	0,76550	-0,22610	0,39393	0,99732
1995 T1	-0,45674	-0,00469	1,08847	-0,27836	1,00042	1,01601
1995 T2	-1,00651	0,12457	1,04494	0,06611	1,00042	1,01247
1995 T3	0,25954	0,11164	0,80416	-0,04762	0,46974	1,00666
1995 T4	0,25052	0,10518	0,67143	0,01321	0,39393	1,00302
1996 T1	0,41620	-0,05639	0,43674	-0,01669	-0,28838	1,00376
1996 T2	-0,77215	0,05348	0,10524	0,08347	-0,13676	1,00718
1996 T3	-0,24318	-0,16626	0,01361	-0,18758	-0,13676	1,00058
1996 T4	-0,01349	-0,31490	-0,28501	0,35540	-0,44001	1,00188
1997 T1	-0,33497	0,44771	-0,34771	-0,03998	-1,19813	1,00191
1997 T2	-0,67811	0,51880	-0,55684	0,46304	-1,65300	1,00785
1997 T3	-0,35251	0,86132	-0,59063	-0,03151	-1,34975	1,00524
1997 T4	-0,20257	1,78550	-0,70235	-0,16577	-1,34975	1,00749
1998 T1	-1,11535	1,08106	-0,84298	0,78278	-1,50138	1,00370
1998 T2	-0,92157	1,05521	-0,83385	-0,17545	-1,27394	1,02206
1998 T3	-0,27001	1,50114	-0,94374	-0,72567	-1,65300	1,02014
1998 T4	-0,47824	0,81608	-1,12334	0,35535	-1,80462	1,02021
1999 T1	-2,09018	0,64805	-1,18696	-0,07374	-1,19813	1,02252
1999 T2	-2,50220	1,25555	-1,26337	-0,04745	-1,19813	1,03316
1999 T3	0,05790	0,99704	-1,11725	-0,31851	-0,97069	1,03030
1999 T4	0,34409	1,15861	-0,95105	0,35389	-0,66744	1,03224
2000 T1	-0,64362	1,62393	-0,81315	-0,10273	-0,66744	1,03307
2000 T2	-1,96848	1,19092	-0,60007	-0,42421	-0,28838	1,04026
2000 T3	-0,17227	0,73207	-0,52427	-0,08041	-0,06095	1,03880
2000 T4	-0,07452	0,49941	-0,62137	-0,55090	0,16649	1,02921
2001 T1	-6,76105	0,28614	-0,74923	-0,11068	0,09068	1,04309
2001 T2	-1,33205	0,05348	-0,79763	-0,26830	0,31811	1,03647
2001 T3	0,09712	0,33784	-0,96170	-0,56979	-0,28838	1,03396
2001 T4	1,07300	0,02763	-1,10934	0,18233	-0,81907	1,02889
2002 T1	3,30905	-0,26320	-0,95318	-0,20205	-0,51582	1,04711
2002 T2	-0,78537	-0,38599	-0,93400	-0,53693	-0,28838	1,03957
2002 T3	1,34577	-0,50878	-1,12303	-0,65808	-0,21257	1,05063
2002 T4	0,25489	-0,34722	-1,23353	0,09715	0,16649	1,02682
2003 T1	1,05488	-0,25674	-1,37295	-0,22513	-0,06095	1,04767
2003 T2	-1,38057	-0,18565	-1,49076	0,23042	-0,81907	1,03963
2003 T3	0,52856	-0,15333	-1,42074	-0,21474	-0,66744	1,03424

13. Model de previsió de preus basat en una xarxa neurona

Per dur a terme el nostre estudi hem utilitzat un programa simulador de perceptró multicapa, de lliure distribució que hem obtingut de la pàgina web <http://qwiknet.home.attbi.com>. Aquest programa és el QwikNet 2.23 i és desenvolupat per Craig Jensen. Tot seguit mostrem la finestra principal d'aquest programa:

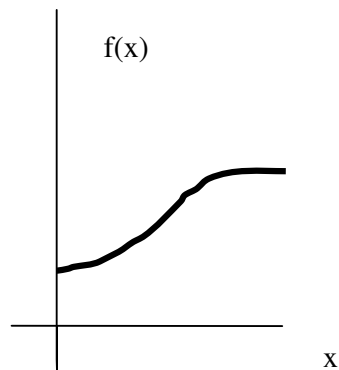
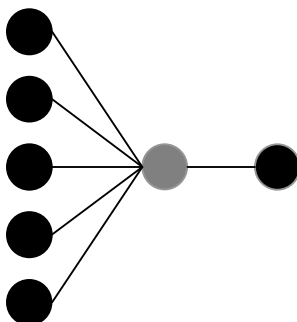


De les dades recollides en reservem un 20% per la fase de validació, eliminem aquelles que presenten una major dispersió, i amb la resta iniciem la fase d'aprenentatge carregant al fitxer els patrons d'entrenament següents:

DADES ENTRENAMENT:

```
* Filename: dades norma.trn
*
[INPUTS] 5
[OUTPUTS] 1
0.08051      0.75792      2.02726      -0.10840      1.60692      1.05653
-0.37011    0.22151      1.61418      -0.06039      1.83435      1.03991
1.29491     0.30552      1.62666      -0.06459      1.45529      1.02336
1.24259     -1.45235     1.82483      -0.06443      1.30367      1.04355
0.88419     -0.28259     1.70398      -0.03115      2.36504      0.95488
0.73439     -1.12275     1.78495      -0.32696      1.83435      0.97726
1.39171     -2.19557     0.73171      0.10092      0.39393      1.00766
1.51705     -1.73025     0.39808      0.15837      0.84880      1.00144
1.05209     -0.40538     0.33811      -0.24209     0.92461      0.99081
-0.23907    -0.16626     0.38590      -0.35288     0.69717      1.00328
0.25052     0.10518     0.67143      0.01321      0.39393      1.00302
0.41620     -0.05639     0.43674      -0.01669     -0.28838     1.00376
-0.77215    0.05348     0.10524      0.08347      -0.13676     1.00718
-0.24318    -0.16626     0.01361      -0.18758     -0.13676     1.00058
-0.01349    -0.31490     -0.28501     0.35540      -0.44001     1.00188
-0.33497    0.44771     -0.34771     -0.03998     -1.19813     1.00191
-0.67811    0.51880     -0.55684     0.46304      -1.65300     1.00785
-0.35251    0.86132     -0.59063     -0.03151     -1.34975     1.00524
-0.20257    1.78550     -0.70235     -0.16577     -1.34975     1.00749
-1.11535    1.08106     -0.84298     0.78278      -1.50138     1.00370
-0.92157    1.05521     -0.83385     -0.17545     -1.27394     1.02206
-0.27001    1.50114     -0.94374     -0.72567     -1.65300     1.02014
-0.47824    0.81608     -1.12334     0.35535     -1.80462     1.02021
-2.09018    0.64805     -1.18696     -0.07374     -1.19813     1.02252
0.05790     0.99704     -1.11725     -0.31851     -0.97069     1.03030
0.34409     1.15861     -0.95105     0.35389     -0.66744     1.03224
-0.64362    1.62393     -0.81315     -0.10273     -0.66744     1.03307
-1.96848    1.19092     -0.60007     -0.42421     -0.28838     1.04026
-0.17227    0.73207     -0.52427     -0.08041     -0.06095     1.03880
-0.07452    0.49941     -0.62137     -0.55090     0.16649      1.02921
-1.33205    0.05348     -0.79763     -0.26830     0.31811      1.03647
0.09712     0.33784     -0.96170     -0.56979     -0.28838     1.03396
1.07300     0.02763     -1.10934     0.18233      -0.81907     1.02889
3.30905     -0.26320     -0.95318     -0.20205     -0.51582     1.04711
-0.78537    -0.38599     -0.93400     -0.53693     -0.28838     1.03957
```

A continuació determinem el número de capes ocultes, el número per capa oculta i la funció d'activació de les neurones ocultes i de sortida. En el nostre estudi hem utilitzat una xarxa amb una capa oculta amb cinc neurones i funció d'activació logística en la capa oculta i en la capa de sortida.



Tot seguit anem a escollir l'algorisme d'aprenentatge. El programa QwickNet 2.23 ens permet escollir entre el *Backpropagation* original i diferents variants del mateix com són l'*Online Backpropagation*, el *Batch Backpropagation*, el *Delta-Bar-Delta*, el *RPROP*, o bé el *QUICKPROP*. Després d'utilitzar les diferents variants pel nostre cas, es va escollir l'*Online Backpropagation* perquè ens donava uns resultats més ajustats a la xarxa neuronal. Aquest algorisme d'aprenentatge, aprenentatge en sèrie, consisteix en que en la fase d'execució per a tots i cadascun dels patrons del conjunt d'entrenament, es calcula la variació en els pesos provocada per cada patró i aquests pesos es van actualitzant després de la presentació de cada patró enlloc de presentar-los tots de cop i després actualitzar.

El següent pas per preparar l'entrenament és fixar el valor de la taxa d'aprenentatge (*learning rate*), η , i el valor de la velocitat d'aprenentatge (*Momentum*), α . El valor de la taxa d'aprenentatge controla la mida dels pesos de les neurones en cada iteració. S'ha d'evitar escollir valors en la taxa d'aprenentatge massa petits així com massa alts. Això és així perquè valors massa baixos implicarien que la xarxa realitzés canvis petits en els seus pesos, la qual cosa seria perjudicial perquè podria provocar una disminució de la velocitat de convergència i la possibilitat de caure en mínims locals. Per altra banda, decidir-se per un ritme d'aprenentatge massa alt podria ocasionar grans variacions en els pesos, la qual cosa ens podria conduir a inestabilitats en la xarxa evitant que es produís la convergència ja que es donarien salts al voltant del mínim sense assolir-lo i es podrien saturar les neurones. En el nostre estudi hem fixat un valor en la taxa d'aprenentatge de 0,6. La velocitat d'aprenentatge permet filtrar les oscil·lacions en la superfícies de l'error provocades per la taxa d'aprenentatge i en alguns casos pot accelerar la convergència dels pesos. La velocitat d'aprenentatge consisteix en afegir al càlcul de la variació dels pesos un terme addicional proporcional a l'increment de la iteració anterior. La velocitat d'aprenentatge és un paràmetre que es troba entre els valors 0 i 1. En el nostre estudi hem utilitzat 0,1. A més, hem de fixar l'*Error Margin*, és a dir, l'error màxim que tolerem per considerar que el patró compleix els paràmetres

de la xarxa. Nosaltres, en la fase inicial de l'aprenentatge hem fixat el valor 0,01.

Continuem preparant la fase d'aprenentatge amb l'establiment de diferents criteris de parada en l'entrenament de la xarxa. En el nostre estudi hem limitat l'entrenament a un màxim de 100.000 iteracions, un error màxim de 0,0001 i un 100% de percentatge de classificacions correctes.

Finalment, hem de fixar el valor màxim i el valor mínim que pot prendre un pes, en el nostre cas s'ha fixat l'interval $[-100,100]$, i a la seva vegada permet inicialitzar els pesos de la xarxa de forma aleatòria en qualsevol moment durant el procés d'aprenentatge.

Una vegada fixats tots aquests paràmetres podem iniciar el procés d'entrenament que el programa ens permet poder parar-lo en qualsevol moment. Durant el procés d'aprenentatge, es pot anar observant l'estat de la fase d'entrenament, és a dir, ens informa sobre el nombre de cicles d'aprenentatge contemplats fins al moment i el rendiment del model davant dels patrons d'entrenament. En el nostre estudi, l'entrenament de la mostra ha necessitat 1.589 iteracions per assolir el 100% de classificacions correctes amb un error màxim de 0.00999572.

Una vegada finalitzada la fase d'entrenament gravem els pesos sinàptics que hem obtingut de la xarxa neuronal. El fitxer de format que es pot llegir té el següent contingut:

13. Model de previsió de preus basat en una xarxa neurona

PESOS SINÀPTICS

```
[[layers] 3
[layersizes] 5 5 1
[layeretypes] 1 1
[FromMin] -2.09018 -2.19557 -1.18696 -0.72567 -1.80462 0.95488
[FromMax] 3.30905 1.7855 2.02726 0.78278 2.36504 1.05653
[ToMin] -1 -1 -1 -1 -1 0
[ToMax] 1 1 1 1 1 1
```

```
[Weights]
2.72469 -5.45333 2.92643 1.24041 -4.0581 -2.05565
-0.053444 -0.393515 0.688154 0.673792 -4.36816 -1.53513
-0.314543 0.192088 -3.03692 -0.465626 -1.88498 1.90941
-1.45445 7.90733 -3.11477 -1.76028 -0.142169 1.33293
-0.728977 0.549985 -3.07086 0.167014 -0.975774 -2.36026
```

```
6.23681 -2.62294 -3.31743 6.38807 3.04672 -3.20245
```

```
*****QwikNet_Training_History_Follows*****
```

```
*** Mon Feb 23 18:34:42 2004
Epochs 1 - 1589
Train_algorithm Online Back-Propagation
Learning_Rate 0.6
Momentum 0.1
Input_Noise 0
Weight_Decay 0
Final_RMS_error 0.00443857
Final_Max_error -0.00999572
Training_data_file C:\Mis documentos\artic\dades entrena norma.trn
```

Passem a la següent fase, la fase de validació on avaluarem la capacitat de generalització de la xarxa a partir d'un segon grup de dades independents que ja havíem reservat en la recollida de dades

Carreguem el fitxer que conté els patrons de validació següents:

DADES TEST:

```
* Filename: dades norma.trn
*
```

```
[[INPUTS] 5
[OUTPUTS] 1
1.34577 -0.50878 -1.12303 -0.65808 -0.21257 1.05063
0.25489 -0.34722 -1.23353 0.09715 0.16649 1.02682
1.05488 -0.25674 -1.37295 -0.22513 -0.06095 1.04767
-1.38057 -0.18565 -1.49076 0.23042 -0.81907 1.03963
0.52856 -0.15333 -1.42074 -0.21474 -0.66744 1.03424
-0.43239 -0.14687 0.59198 -0.17867 0.54555 1.01187
0.25039 0.08579 0.76550 -0.22610 0.39393 0.99732
-0.45674 -0.00469 1.08847 -0.27836 1.00042 1.01601
-1.00651 0.12457 1.04494 0.06611 1.00042 1.01247
0.25954 0.11164 0.80416 -0.04762 0.46974 1.00666
```

Ara, l'aprenentatge es desconnecta, els pesos i l'estructura han de romandre fixes i la xarxa neuronal queda disposada per processar informació, proporcionant una resposta davant un patró d'entrada.

Comencem, doncs, la fase test aplicant a la xarxa entrenada al conjunt de dades i comprovarem així la seva eficiència real del sistema que s'ha construït . El programa ens permet gravar en un fitxer els resultats del test i a la seva vegada el valor de la sortida desitjada.

V.Esperat	V.Estimat	Error	
1,036547	1,05063	-0,014083	-1,4083
1,040467	1,026820	0,013647	1,3647
1,041930	1,047670	-0,00574	-0,574
1,034099	1,039630	-0,005531	-0,5531
1,038345	1,034240	0,004105	0,4105
1,003444	1,011870	-0,008426	-0,8426
1,009294	0,997320	0,011974	1,1974
1,019984	1,016010	0,003974	0,3974
1,021516	1,012470	0,009046	0,9046
1,008628	1,006660	0,001968	0,1968

Observem, doncs, el resultat de la fase de validació, que , pel marge d'error utilitzat per l'entrenament de la xarxa, *Error Margin* = 0'01 , dels 10 registres que formen el conjunt de dades del test, un 70% d'ells s'han adaptat de forma correcta al conjunt de pesos sinàptics.

Aquest resultat és satisfactori. Si no hagués estat així , hauríem procedit a la fase de desenvolupament, bé utilitzant un nou conjunt de patrons d'entrenament, o bé modificant l'algorisme d'entrenament a la xarxa.

Ara que ja tenim la xarxa entrenada i validada, la podrem aplicar a conjunts de registres previstos en períodes futurs, en el nostre cas, a curt o mig termini.

CONCLUSIONS

CONCLUSIONS

Exposem a continuació els principals resultats obtinguts i les reflexions que es desprenen de l'estudi portat a terme:

1. Les empreses promotores constructores desenvolupen tot el procés complet de la realització d'una obra, és a dir, adquireix el solar, encarrega la redacció del projecte al seu equip tècnic, aconsegueix tots els permisos necessaris, du a terme l'edificació i, a vegades, s'encarrega de les tasques comercials. En canvi, les empreses constructores tenen per finalitat construir per encàrrec de tercers, els promotors.
2. L'augment dels tipus d'interés, la contínua pujada dels preus dels materials de construcció així com de la mà d'obra i la manca de sòl, han estat factors que han contribuït a l'encariment general dels preus dels habitatges. Tot i així, la construcció segueix mantenint-se en fase de creixement.
3. El ritme de la construcció ha anat a l'alça en aquests darrers anys, tot i que en l'actualitat es comença a notar una certa desacceleració en l'augment de l'activitat constructora, la qual cosa pot comportar un menor número d'habitatges acabats, un increment dels no venuts i una menor demanda que fa pensar en una futura moderació dels preus.
4. Hem considerat que els objectius a assolir per a una empresa promotora constructora no es redueixen a l'obtenció de beneficis, sinó que també es persegueix millorar la posició competitiva, expandir-se en el mercat, entre d'altres finalitats igualment importants. Per poder assolir aquests objectius hem enumerat una sèrie de factors que poden incidir en la seva consecució. És important, doncs, conèixer bé els factors externs que poden influir en el sector de la promoció construcció a fi de tenir-los presents a l'hora de prendre decisions. Qui fa aquest recull de variables

és l'ésser humà el qual, per naturalesa, no és perfecte i, per tant, no sempre és fiable, de manera que el risc de l'oblit sempre hi serà present

5. La investigació dels efectes oblidats és un mecanisme d'alerta que permet treure a la llum el greu problema de l'oblit.
6. El concepte d'expertatge de Kaufmann i Gil Aluja es presenta com una eina adequada per a l'anàlisi i el tractament matemàtic sota incertesa de l'opinió dels experts. Treure profit del conjunt de les opinions individuals emeses per un grup d'experts comporta sovint una tasca operativa feixuga i necessita del tractament adequat per assolir un resultat més objectiu per mitjà del mètode aproximat amb utilització de mitjanes. En aquesta línia s'ha plantejat aquesta teoria d'expertatge amb el lligam dels subconjunts Φ -borrosos que permeten més marge de matisació a l'expert ja que se li permet expressar la seva valuació a través d'un interval i no únicament a través d'un únic valor.
7. Una de les principals activitats que ha de dur a terme el promotor constructor és la de captar solars. Cal, però, que prèviament realitzi una adequada valoració del sòl a partir d'investigar l'entorn del mateix, ja que el sòl no posseeix gran valor per si mateix, sinó que és la seva qualificació, les possibilitats d'explotació que es permetin en ell, el que decidirà de manera determinant el seu valor de mercat, sense oblidar la relació oferta demanda com a factor indiscutible.
8. L'empresari promotor constructor ha de realitzar un estudi sobre la viabilitat de les inversions immobiliàries que té previst de dur a terme, Per tant, caldrà fer una estimació del cost de l'obra a realitzar o bé de l'obra a rehabilitar.
9. En el capítol 10 mostrem alguns mètodes clàssics de valoració immobiliària recollits en l'Ordre ECO/805/2003 de 27 de març. Aquests mètodes, però tenen per finalitat la conciliació entre el valor dels

immobles, entès com un element objectiu derivat bàsicament en factors de producció i localització espacial, amb el preu, que és una mesura subjectiva al trobar-se sotmesa a la voluntat de les persones i que representaria el valor de la utilitat. És per això, que en aquest capítol, plantegem que, abans de l'adquisició d'un immoble, l'empresari promotor constructor sigui capaç de realitzar una bona valoració immobiliària tenint en compte, entre d'altres factors, el grau d'incertesa inherent en el procés.

10. En el capítol 11 hem proposat seguir uns processos a partir de cadenes d'inferències que ens han permès estimar les possibilitats d'aconseguir un objectiu final fixat i, a la vegada, ens ha servit com a instrument de gestió i control dels objectius parcials.
11. La utilització de la inferència de Lukaciewicz ens ha donat uns resultats molt diferents de la inferència de Lee, per la qual cosa és molt important establir la lògica més adequada segons les circumstàncies del projecte immobiliari objecte d'estudi.
12. En el capítol 12, quatre experts del sector objecte d'estudi, sense connexió entre si, han emés la seva opinió individualment i, un cop hem disposat d'aquesta informació, hem elaborat una estadística per trobar el número d'experts que han assignat una mateixa valuació a cada una de les relacions d'incidència, a partir de la qual hem obtingut una agregació de les opinions expressada a través de diversos conjunts Φ -borrosos. Hem unit, doncs, una tècnica relativa de l'àmbit de l'atzar i una tècnica apta pel tractament de la incertesa, sense que aquestes es barregin, la qual cosa es realitza amb la utilització de matrius aleatòries borroses.
13. En l'aplicació del model dels efectes oblidats que s'ha portat a terme pel cas de les empreses promotores constructores, hem pogut detectar una sèrie d'oblits causa efecte que, en tots els casos, han estat deguts a l'augment de les vendes i a l'augment dels beneficis, ambdues variables

actuant com a elements intermedis. Fruit d'aquest anàlisi podem dir que aquests dos objectius, un cop s'assoleixen, incideixen favorablement en la consecució d'altres objectius és a dir, són efectes desitjats que, a la seva vegada, actuen de causa sobre altres efectes també desitjats.

14. En el capítol 13 hem mostrat la utilitat de les Xarxes Neuronals Artificials en la previsió de preus dels habitatges. Amb l'aplicació d'una xarxa perceptró multicapa entrenada mitjançant la regla d'aprenentatge *Online Backpropagation* s'ha aconseguit un aprenentatge i un funcionament satisfactoris, que ens permet, no a llarg termini, però sí a curt o mig termini, preveure l'evolució dels preus dels habitatges. Això és així perquè els valors futurs dels paràmetres de comportament que influencien en la variació dels preus dels habitatges els podem preveure a un o dos anys a partir de la informació que ens faciliten els pressupostos de l'Estat.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

ALBERCA, F.X. (2000): "Analitzant l'habitatge" del seminari Aula Immobiliària, organitzat per l'APCE el 23 de novembre de 2000.

www.apabcn.es/professs/informatiu/1777/tema1.html. (Data consulta: 26/03/01)

APCE, Analistas financieros Internacionales (2003): "Estimación de la demanda de vivienda en España (2003-2008).

www2.mineco.es/NR/rdonlyres/25FA5A5C-61C8-41C3-A07C-93AB2F33834B/1231/24.pdf (Data consulta:21/01/2004)

AYER, A.J. (1964): *Language, Truth and Logic*. Ed. Victor Gallanz, Ltd. London.

BASTONS, T. (2000): "La construcció, motor econòmic". Col.lecció Girona en el canvi de mil.leni. Volum 6, pàg.72,73. Ed. Hermes comunicacions, S.A. Girona

- (2000): "Habitatges a dojo". Col.lecció Girona en el canvi de mil.leni. Volum 6, pàg.74,75. Ed. Hermes comunicacions, S.A. Girona.
- (2000): "Els promotors i constructors s'organitzen". Col.lecció Girona en el canvi de mil.leni. Volum 6, pàg.272,273. Ed. Hermes comunicacions, S.A. Girona.

BARROSO,S. (2000): "La progressió de Construccions Rubau, S.A.". Col.lecció Girona en el canvi de mil.leni. Volum 6, pàg.140,141. Ed. Hermes comunicacions, S.A. Girona.

BERTRAN, X. (2000): *Nous aspectes de la teoria dels subconjunts borrosos i estudi d'algunes aplicacions a models econòmics*. Tesi Doctoral. Universitat de Girona.

BOADAS,J., FERRER,JC., CASSÚ, E. (2003): “Análisis del riesgo de crédito mediante la aplicación de un perceptrón multicapa”. Publicat en el llibre de *proceedings Emergents Solutions for the Information and Knowledge Economy*. Volum II. Ed. Secretariado de publicaciones de la Universidad de León.

BOJADZIEV, G., BOJADZIEV, M. (1995): *Fuzzy sets, fuzzy logic, applications*. Ed. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. London

BOJADZIEV, G., BOJADZIEV, M. (1997): *Fuzzy Logic for business, finance, and management*. Ed. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. London.

BRULE, J.F. (1985): “Fuzzy systems. A tutorial”. Reflexions sobre fuzzy logic dins article no catalogat.

BRUNER, J. (1988): *Realidad mental y mundos posibles*. Ed. Gedisa. Barcelona.

CANABAL BARREIRO, J.E. (1994): *El sector Inmobiliario i el Marketing*. Ed. Assi Kaher. Madrid.

CASANOVAS, M., BACHS, J. (1997): *Management y Finanzas de las empresas promotoras-constructoras*. Ed. Deusto.2a edición. Bilbao.

CASINELLO, M.J. (2000): “Razón científica de la modernidad española en la década de los 50”. Actas congreso internacional. Los años 50: la arquitectura española y su compromiso con la historia. www.unav.es/arquitectura/textos/congreso3.html.(Data consulta: 11/04/01).

COLLI, G. (1996): *Filosofía de la expresión*. Ed. Siruela. Madrid.

DE LUCA, A., TERMINI,S. (1972): "A definition of a nonprobabilistic entropy in the setting of fuzzy sets theory" a Information and Control 20, 301-312.

DG de POLITICA de la PYME (2000): "Estrategia empresarial y crecimiento". www.ipyme.org/cooper/hoja1.htm. (Data consulta: 12/06/01)

FERRÁS SEXTO, C. (2000) : "Ciudad dispersa, aldea virtual y revolución tecnológica. Reflexión acerca de sus relaciones y significado social". Número extraordinario dedicado al II Coloquio Internacional de Geocrítica (Actas de Coloquio). www.ub.es/geocrit/sn-69-68.htm. (Data consulta: 10/05/01).

FERRER, F. (1991): *Una acció per l'habitatge. Els primers 30 anys del Patronat Santa Creu de la Selva*. Ed. Patronat benèfic Santa Creu de la Selva. 1a edició. Girona.

FERRER, J.C. (1997): *Un estudi de la teoria dels subconjunts borrosos amb aplicacions a models econòmics i problemes empresarials*. Tesi Doctoral. Universitat de Girona.

FERRER,V., ESPARCIA,J. (2001): *La toma de decisiones empresariales y el desarrollo territorial: La serranía (Valencia)*. Ed.Estudios Uderval. Valencia.

GARCÍA-ARBÓS,J. (2000): "Girona. Les velles fàbriques i les velles hortes". Col.lecció Girona en el canvi de mil.leni. Volum 7, pàg.124,125. Ed. Hermes comunicacions, S.A. Girona

- (2000): "Girona. De barri xino a barri viu amb universitat". Col.lecció Girona en el canvi de mil.leni. Volum 7, pàg.126,127. Ed. Hermes comunicacions, S.A. Girona.

GARCÍA MARTOS, D. (2000) : “La bonanza de la actividad de la construcción: Perspectivas”. www.uc3m.es. (Data consulta: 20/04/01)

GARCÍA, P., LAZZARI, L., MACHADO, E. (2000): “Una propuesta fuzzy para definir indicadores de pobreza” a Aplicaciones de metodologías borrosas a temas de gestión y economía, núm.3, 11-26.

GENÍS, N., TORNS,M. (2000): “Transformar el territori per guanyar el futur”. Col.lecció Girona en el canvi de mil.leni. Volum 7, pàg.16-21. Ed. Hermes comunicacions, S.A. Girona

GIL, A.M. (2001): *Nuevas estrategias para el análisis financiero en la empresa*. Ed. Ariel, S.A. 1a edició. Barcelona.

GIL ALUJA, J. (2004): *Fuzzy sets in the Management of Uncertainty*. Ed. Springer. Germany.

GIL ALUJA, J. (1999): *Elementos para una teoría de la decisión en la incertidumbre*. Ed. Milladoiro. Galicia.

GIL ALUJA, J. (2000): *Génesis de una teoría de la incertidumbre*. Discurs pronunciat en l'acte d'imposició de “La Gran Cruz de la Orden Civil de Alfonso X el Sabio”. Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras. Public. De l'E.U.E, UB.

GOMEZ-BEZARES,F.,MADARIAGA,J.A.,SANTIBAÑEZ,J.(2003): *Inversión y Financiación Empresarial*. Ed.SPRI, S.A. Bilbao.

GUTIERREZ, C.: “Elementos de lógica”. www.claudiogutierrez.com/portada.html

HILERA, J.R., MARTÍNEZ, V.J. ((1995): *Redes neuronales artificiales. Fundamentos, modelos y aplicaciones*. Ed. Ra-Ma. Madrid.

INE Cifras (2002): “Las estadísticas del movimiento natural de la población”. Boletín informativo del Instituto Nacional de Estadística.

ISSA, Instituto Superior de Secretariado y Administración. Universidad de Navarra (2000): “Herramientas de mejora”. www.issa.edu. (Data consulta 12/06/01)

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA: Sector Construcción y Obras Públicas (2000) : “Influencia de la meteorología o la climatología en este sector”. www.inm.es/www/html/dpresta/scopub.html. (Data consulta: 07/05/01)

KAUFMANN, A. (1987) : *Les experts*. Ed. Hermes.Paris.

- (1973): *Introduction a la théorie des sous-ensembles flous. Vol.I. Ed.Masson*.

KAUFMANN, A., GIL ALUJA, J. (1998): *Modelos para la investigación de efectos olvidados*. Ed.Milladoiro. Vigo.

- (1995): *Grafos neuronales para la economía y la gestión de empresas*. Ed.Pirámide. Madrid.

- (1993): *Técnicas especiales para la gestión de expertos*. Ed. Milladoiro. Vigo.

- (1992): *Introducción de la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de las empresas*. Ed. Milladoiro. 2ª ed. Santiago de Compostela

- (1992): *Técnicas de gestión de empresas: Previsiones, decisiones y estrategias*. Ed. Pirámide. Madrid.

- (1987): *Técnicas operativas de gestión para el tratamiento de la incertidumbre*. Ed. Hispano Europea, S.A. Barcelona.

KAUFMANN, A., GIL ALUJA, J., GIL LAFUENTE, A.M. (1994): *La creatividad en la gestión de las empresas*. Ed.Pirámide. Madrid.

KAUFMANN, A., GIL ALUJA, J., TERCEÑO, A. (1994): *Matemática para la economía y la gestión de empresas*. Ed.Foro Científico. Barcelona.

KLEIN and PARTNER (2000): “ El precio de la vivienda creció un 14,7% el año pasado, la mayor subida desde 1989. La sociedad de tasación pronostica un aumento entorno al 5% para este año”. Marbella. www.kleinandpartner.com/nm/publish/news_37.html (Data consulta: 05/09/2003).

LI-XIN WANG (1997): *A course in fuzzy systems and control*. Ed. Prentice Hall PTR. Upper Saddle River(USA).

MARTIN CHECA, A. (2000): “La vivienda social vista por los católicos: El patronato de las viviendas del congreso eucarístico de Barcelona (1952-1965)”. Actas congreso internacional. Los años 50: la arquitectura española y su compromiso con la historia. www.unav.es/arquitectura/textos/congreso3.html.(Data consulta: 11/04/01).

MARTÍN del BRÍO, B., SANZ, A. (2001): *Redes Neuronales y Sistemas Borrosos*. Ed. Ra-Ma. 2ª edición. Madrid.

MARTINEZ, P. (2000) : “El auge de la construcción agota la mano de obra y dispara salarios y materiales”. www.rts.es/aconstruir/noticias/noticia942.htm (Data consulta: 15/05/01)

MASCARILLA, O. (2000): *Economia i gestió immobiliària II. – (Textos docents: 208)*. Edicions de la Universitat de Barcelona. 1a edició. Barcelona.

OLIVER, J. (2001): “Canvis estructurals a l’economia de Girona els darrers trenta anys”. Perspectiva econòmica de Catalunya de la Cambra de Comerç de Barcelona. www.cambrabcn.es/Catalan/Economia/documentos/Mono212a.pdf
(Data consulta: 20/11/2002)

Ordre ECO/805/2003, de 27 de març, sobre valoració de béns immobles i de determinats drets per certes finalitats financeres (BOE 085 de 09/04/2003 Sec.1. Pàg.13677 a 13678).

PALACIOS, F.J. (2003): Redes neuronales con GNU/Linux. http://glisa.hispalinux.es/documentacion/descarga/2003/curso/htmls/redes_neuronales/x105html (Data consulta 18/11/2003)

PARETA, M. (Coord.) i diversos autors (2002): *L’habitatge del segle XXI*. Col·lecció d’arquitectura i tecnologia, 2. Coedita Departament d’Arquitectura i Enginyeria de la Construcció Universitat de Girona i el Col·legi d’Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Girona. Girona.

PARETA, M. (2004): *Construir Girona: l’arquitectura com a reflex de la societat: 1936-1955*. Publicat pel Col·legi d’Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Girona: Cecam.

PÉREZ, J.L., LARA, F. (2001): “Inferencia en lógica borrosa dinámica”. Page 1. SOMI XV CIB 16 Congreso Nacional de Instrumentación. Méjico. www.cucei.udg.mx/eventos/somi/memorias/cibernetica/Cib-16
(Fecha consulta: 15/11/2002)

POYANO, J. (2000): "La crisi de després dels Jocs Olímpics". Col.lecció Girona en el canvi de mil.leni. Volum 6, pàg.76,77. Ed. Hermes comunicacions, S.A. Girona

- (2000): "Els cicles de l'atur". Col.lecció Girona en el canvi de mil.leni. Volum 6, pàg.324,325. Ed. Hermes comunicacions, S.A. Girona.
- (2000): "Les comarques més afectades per l'atur". Col.lecció Girona en el canvi de mil.leni. Volum 6, pàg.326,327. Ed. Hermes comunicacions, S.A. Girona.

RAMÍREZ, D. (1995): *Leibniz i la interpretació gradual del coneixement* dins "Anuari de la Societat Catalana de Filosofia" n VII. Barcelona.

RIPOLL, R. (coord.) i diversos autors (2001): *Evolució de la ciutat a mig camí entre la tradició i la sostenibilitat*. Col.lecció Arquitectura i tecnologia, 1. Coedita: Departament d'Arquitectura i Enginyeria de la Construcció de la Universitat de Girona i el Col.legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Girona. Girona.

ROCA, J. (2002) : "Los precios de la vivienda en España. Primer semestre 2002". Centre de Política de sòl i valoracions (CPSV). Universitat Politècnica de Catalunya. www.cpsv.upc.es/documentos/lospreciosdelavivienda2002.pdf (Data consulta: 26/02/2004).

ROMERO, J.C., AGUILAR, A. (1999): "Reconocimiento de un patrón de estimación humana aplicando el modelo de regresión lineal borrosa". Computación y Sistemas. Vol.3. Nº2. pp.105-114. © 1999, CIC-IPN. ISSN 1405-5546. Mexico.

SAMBRICIO, C. (2000): "La vivienda española en los años 50". Actas congreso internacional. Los años 50: la arquitectura española y su compromiso con la historia. www.unav.es/arquitectura/textos/congreso3.html. (Data consulta: 11/04/01).

SAMBUG, R. (1975): *Fonctions Φ -fous. Application au diagnostic en pathologie thiroïdienne*. Tesi doctoral. Universitat de Marsella.

SEBASTIAN, M. (2003): "Reflexiones sobre la burbuja inmobiliaria en España". Jornada GESEM. Elche, 2 de octubre 2003. Universidad Complutense de Madrid. www.economistas2004.org/documentos/Burbujainmob03.pdf (Data consulta. 26/02/2004)

SERRANO CINCA, C (2000): "Análisis financiero con redes neuronales autoorganizadas y escalas multidimensionales". <http://www.5campus.org/leccion/visual> (Data consulta: 23/09/03)

SOLER, J. (2000): "Girona de cara als rius". Col.lecció Girona en el canvi de mil.leni. Volum 7, pàg.130,131. Ed. Hermes comunicacions, S.A. Girona

TANAKA, H. (1987): " Fuzzy data analysis by possibilistic linear models" Fuzzy Sets and Systems, Vol. 24, pàg. 363-375.

TALTAVULL, P. (2001): *Economía de la construcción*. Ed.Civitas. 1a edició. Madrid.

TALTAVULL, P., i altres (2000): *Vivienda y familia*. Colección Economía Española. Volumen XII. Fundación Argentaria-Visor Dis. Madrid.

TRABADA CRENDE, E.: "Necesidades de vivienda desde la perspectiva de los cambios en la estructura de los hogares" www.izquierda-unida.es/Publicaciones/vivienda/an2.htm. (Data consulta: 07/05/01)

TRILLA, C. (2001): *La política de vivienda en una perspectiva europea comparada*. Ed.Fundación "la Caixa". Colección Estudios Sociales. Núm.9. Barcelona.

TRILLAS, E., GUTIERREZ, J. (1992): *Aplicaciones de la lógica borrosa*. Colección: Nuevas tendencias. CSIC. RAYCAR, S.A. Madrid.

VALLEJO, E. (1997): "Los contratistas denuncian que las constructoras son las empresas del sector que menos se benefician de la expansión". www.rts.es/aconstruir/noticias500.htm (Data consulta: 06/06/01)

ZADEH, L.A. (1965): "Fuzzy sets" a *Information and Control*, Vol.8, 338-353.

ZIMMERMANN, H. (1993): *Fuzzy Sets, Decision making, and Expert Systems*. Kluwer Academic Publishers. Boston.

INDEX GENERAL

INDEX GENERAL

INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS	13
PRIMERA PART: EL SECTOR DE LA PROMOCIÓ I DE LA CONSTRUCCIÓ.	
Capítol 1: Antecedents històrics de la promoció i de la construcció a Espanya.	25
Capítol 2: El sector de la promoció construcció a la ciutat de Girona	39
Capítol 3: Anàlisi dels factors socio-econòmics que influeixen en la demanda d'habitatges.	49
3.1. Descens en el número de matrimonis.	49
3.2. Descens de la taxa de fecunditat	51
3.3. Envelliment de la població	53
3.4. Augment de les llars unipersonals.	57
3.5. Costos de mà d'obra i de materials de construcció.	57
3.6. Variacions en el tipus d'interès.	58
3.7. Nivell de concentració de la població .	59
3.8. Cicle econòmic.	60
3.9. Rehabilitació d'habitatges de segona mà	62
3.10. Encariment del sòl urbanitzable.	63
Capítol 4: Finalitats de l'empresa promotora constructora.	65
4.1. Introducció.	65
4.2. Alguns objectius de l'empresa promotora constructora.	65

4.2.1. Augmentar el valor de l'empresa.	66
4.2.2. Consolidar el prestigi en el mercat.	67
4.2.3. Afavorir l'expansió empresarial.	68
4.2.4. Augmentar vendes.	69
4.2.5. Obtenir qualitat de producte.	70
4.2.6. Augmentar beneficis.	71
4.2.7. Assegurar la permanència en el mercat.	72
4.2.8. Millorar la posició competitiva.	72
4.3. Altres factors a considerar per a l'obtenció dels objectius.	74
4.3.1. Aplicació de marketing immobiliari.	74
4.3.2. Innovació.	76
4.3.3. El Clima	76

**SEGONA PART:
METODOLOGIA**

Capítol 5: Teoria dels subconjunts borrosos	83
5.1. Subconjunt borrós	83
5.2. α -talls d'un subconjunt borrós	86
5.3. Els intervals de confiança	86
5.3.1. Àlgebra dels intervals de confiança	87
5.3.2. Ordenació d'intervals de confiança	89
5.4. Número borrosos en \square .	90
5.3.3. Número borrós	90
5.4.2. Número borrós discret	91
5.4.3. Número borrós continu	91
5.4.4. Número borrós positiu	91
5.4.5. Número borrós negatiu	91
5.4.6. α -talls d'un número borrós	92

5.5.	Principi d'Extensió	94
5.5.1.	Operacions amb números borrosos	95
5.5.2.	Cas particular: Operacions amb números borrosos triangulars	100
5.6.	Distància entre subconjunts borrosos	105
5.6.1.	Concepte de distància.	105
5.6.2.	Tipus de distàncies.	106
5.6.3.	Distàncies relatives.	108
5.7.	Subconjunt Φ - borrós.	109
5.8.	Valoració de la coherència. Mesures d'entropia.	115
5.9.	Eines per la decisió sota incertesa. Grau de possibilitat.	117
5.10.	Teoria de <i>Grafs</i>	120
5.10.1.	Definició de Grafs	120
5.10.2.	Graf en el sentit de Berge	121
5.10.3.	Propietats dels grafs.	122
Capítol 6:	Teoria dels efectes oblidats.	125
6.1.	Introducció.	125
6.2.	Valoració de les incidències entre causes i efectes.	126
6.3.	Algorisme per a la determinació dels efectes oblidats.	129
6.4.	Interpretació dels resultats.	134
Capítol 7:	Tècniques d'anàlisi a través d'experts.	137
7.1.	La valuació a través d'experts.	137
7.2.	Subconjunt aleatori borrós.	138
7.3.	L' Expertó.	139
7.3.1.	Concepte	139
7.3.2.	Definició d'Expertó	141
7.4.	Exemple de construcció d'un Expertó	142
7.5.	Operacions amb expertons	147
7.5.1.	Minimització \wedge ("i")	147

7.5.2. Maximització \vee (“i/o”)	148
7.6. Esperança matemàtica de l’ expertó.	149
7.7. Distància entre expertons.	151
7.8. El contraexpertatge	152
7.8.1. Objectius del contraexpertatge.	152
7.8.2. Mètodes de contraexpertatge.	152
Capítol 8: Anàlisi d’inferències a través de la lògica borrosa.	155
8.1. Introducció.	155
8.2. Inferències en lògica binària.	158
8.3. Expressió matemàtica de les inferències.	160
8.4. Normes d’inferència.	165
8.4.1. “Modus Ponens” o encadenament cap endavant o inversió cap a la dreta.	165
8.4.2. “Modus Tollens” o encadenament cap enrere o inversió cap a l’esquerra.	165
8.5. Inferència en lògiques multivalents	166
8.6. T-Normes i T-Conormes	173
Capítol 9: Models de previsió a través de les xarxes neuronals.	177
9.1. Introducció: Les xarxes neuronals.	177
9.2. Equivalència entre una xarxa neuronal i la teoria de grafs	178
9.3. Activitats en una xarxa neuronal: Desenvolupament de les xarxes artificials.	179
9.4. Funcionament de les xarxes neuronals.	183
9.6. El perceptró multicapa.	186

TERCERA PART:**NOVES TÈCNiques OPERATIVES DE GESTIÓ PER A L'EMPRESA PROMOTORA CONSTRUCTORA.**

Capítol 10: Elaboració de criteris de valoració immobiliària en situació d'incertesa.	195
10.1. Introducció	195
10.2. Mètodes de valoració.	199
10.2.1. Mètode del cost.	199
10.2.1.1. Cost de reposició brut.	199
10.2.1.2. Cost de reposició net.	201
10.2.2. Mètode de comparació.	202
10.2.2.1. Càlcul del valor pel Mètode de Comparació.	203
10.2.2.2. Ajust del valor per comparació	209
10.2.3. Mètode d'actualització de rendes	209
10.2.3.1. Requisits per a la utilització del mètode d'actualització.	210
10.2.3.2. Procediment de càlcul del valor per actualització	210
10.2.3.3. Estimació dels fluxos de caixa.	211
10.2.3.4. Estimar el valor residual.	213
10.2.3.5. Escollir el tipus d'actualització.	214
10.2.3.6. Fórmula de càlcul del valor per actualització.	215
10.2.4. Mètode residual	219
10.2.4.1. Requisits per a la utilització del mètode residual.	221
10.2.4.2. Procediments de càlcul del mètode residual.	222
10.2.4.3. Procediment de càlcul dinàmic.	222
10.2.4.4. Procediment de càlcul estàtic.	226

10.3. Propostes de valoració en context d'incertesa.	227
10.3.1. Aplicació del mètode del cost sota incertesa.	228
10.3.2. Aplicació del mètode de comparació sota incertesa.	234
10.3.3. Aplicació del mètode d'actualització de rendes sota incertesa.	239
10.3.4. Aplicació dels mètodes residuals sota incertesa	244
Capítol 11: Les cadenes d'inferències en l'anàlisi de decisions d'inversió en l'àmbit de les empreses promotores constructores.	251
11.1. Introducció	251
11.2. Els objectius del projecte immobiliari en les cadenes d'inferències	253
11.3. Valuacions mitjançant la inferència de Lukaciewicz	258
11.4. Valuacions mitjançant la inferència de Lee.	261
Capítol 12: Procés per a la detecció d'efectes oblidats que influeixen en el sector de les empreses promotores constructores.	265
Capítol 13: Model de previsió de preus basat en una xarxa neuronal.	299
13.1. Factors que poden influir en la variació dels preus dels habitatges	299
13.2. Previsió de preus dels habitatges a partir de l'aplicació d'un perceptró multicapa.	306
CONCLUSIONS	317
BIBLIOGRAFIA	323