

Dossier

Presca de decisions

**Sentit i utilitat de l'optimització a les biblioteques
mitjançant llenguatges de modelització**





Sentit i utilitat de l'optimització a les biblioteques mitjançant llenguatges de modelització

Mina NABONA JASSANS

Doctorand, Departament de Biblioteconomia, Documentació i Comunicació Audiovisual, Universitat de Barcelona
mnabonja7@alumnes.ub.edu

CARINA REY MARTÍN

Professora titular, Departament de Biblioteconomia, Documentació i Comunicació Audiovisual, Universitat de Barcelona
carina.rey@ub.edu

Article enviat el setembre de 2017; revisat el novembre de 2017.

Resum: Les organitzacions complexes com ara les biblioteques i xarxes de biblioteques tenen l'obligació d'ajustar-se als pressupostos, que han de donar per a tot, i a més tendeixen a optar a l'excel·lència en l'actuació interna i en el servei a l'usuari. Per aquests motius és interessant utilitzar tècniques i eines que n'optimitzin la presència i el rendiment, sigui determinant-ne la ubicació o repartint tasques entre tot l'equip. Una d'aquestes tècniques és l'optimització, i les eines per a utilitzar-la són els llenguatges de modelització matemàtica. La modelització ja s'aplica, de fa molts anys, en molts camps de la indústria i els serveis amb models molt complexos. El nivell de matemàtiques necessari per a formular i resoldre els problemes d'optimització que s'han detectat fins ara a les biblioteques és baix i la inversió en l'aprenentatge del llenguatge de modelització per part d'alguns bibliotecaris s'amortitzaria amb la implementació de models específics per a la nostra àrea.

Paraules clau: modelització matemàtica, programació matemàtica, optimització, biblioteques, presa de decisions, programació matemàtica en biblioteques, llenguatges de modelització.

Sentido y utilidad de la optimización en bibliotecas mediante lenguaje de modelización

Resumen: Organizaciones simples o complejas como son las bibliotecas y redes de bibliotecas se ven en la obligación de ajustarse a presupuestos que tienen que dar para todo, y tienden, además, a perseguir la excelencia en la actuación interna y el servicio al usuario. Por estos motivos es interesante utilizar técnicas y herramientas que optimicen su presencia y el rendimiento, sea determinando su ubicación, sea repartiendo tareas entre todo su equipo. Una de estas técnicas es la optimización, y las herramientas para utilizar los lenguajes de modelización matemática. La modelización, desde hace años, ya se está aplicando en numerosos campos de la industria y los servicios, con modelos muy complejos. El nivel de matemáticas necesario para formular y resolver los problemas de optimización detectados hasta la fecha en bibliotecas es bajo, y la inversión en el aprendizaje del lenguaje de modelización por parte de algunos bibliotecarios se amortizaría con la implementación de modelos específicos para nuestro campo.

Palabras clave: modelización matemática, programación matemática, optimización, bibliotecas, toma de decisiones, programación matemática en bibliotecas, lenguajes de modelización.

The sense and the utility of optimisation in libraries using mathematical programming language

Abstract: Simple and complex organizations, as libraries and library systems undoubtedly are, bound by budgetary constraints and obliged to cater to a variety of needs, must also pursue excellence in terms of internal performance and in the service they provide to users. This is why it is interesting to use techniques and tools to optimize their scope and efficiency, either by choosing the most appropriate location or by assigning tasks to personnel as rationally as possible. One such technique is Mathematical Programming, implemented by means of a modelling language. Modelling has been applied for several years now in a wide variety of fields in industry and services using complex models. The level of mathematics in formulating and troubleshooting existing optimisation problems in libraries is low, but the investment in learning a modelling language would be recouped through the implementation of specific models for our setting.

Keywords: mathematical modelling, mathematical programming, optimisation, libraries, decision-making, mathematical programming in libraries, modelling languages.

Introducció

Per començar, tres supòsits:

- Les organitzacions, incloent-hi les biblioteques, apliquen diverses tècniques i eines de gestió, i n'introdueixen de noves buscant un més bon funcionament i l'optimització dels recursos.
- Les biblioteques i les xarxes de biblioteques són organitzacions complexes¹ i prou estructurades. A grans trets són sistemes amb diversos *inputs* i productes que encara esdevenen més complexos quan coincideixen amb un entorn heterogeni. Alguns problemes de les biblioteques, aparentment irresolubles, que ni es plantegen o se solucionen en general a partir d'indicadors i aplicació d'estàndards, poden reformular-se i solucionar-se amb programació matemàtica mitjançant la modelització.
- De modelitzacions matemàtiques n'hi ha unes quantes, totes caracteritzades per la representació del món i la seva fenomenologia. Una mostra d'això és l'exposició que hi havia l'any 2011 a la Biblioteca de Ciències i Enginyeries de la UAB.² Aquest article es refereix a la modelització matemàtica a través d'un llenguatge de modelització adient a la programació matemàtica pròpia de l'optimització, una tècnica de l'àrea de coneixement de la investigació operativa (IO) que pot ser útil per a gestionar les biblioteques i les xarxes que configuren.

1. Segons com es miri, podríem assimilar una xarxa de biblioteques a una cadena de supermercats, i a partir d'aquí decidir si és una organització complexa o simple. Noteu que en una cadena de supermercats no es digitalitzen els productes per a preservar-los, i que en una biblioteca un dron no et porta (encara) els productes a casa.
2. *Modelització matemàtica* [en línia] Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona, feb. 2011. <<http://www.bib.uab.cat/ciencies/expo/modelmat/index.htm>> [Consulta: 18/09/2017].
3. Jordi Sales i Zaguirre, *Models cooperatius d'assignació de costos en un consorci de biblioteques* [en línia] (Tesi doctoral), Dipòsit Digital de la Universitat de Barcelona, 3 de setembre de 2002, <<http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/42110>> [Consulta: 18/09/2017].
4. Hi ha hagut almenys una experiència incipient recollida en el treball final de màster de l'autora: Mina Nabona Jassans. «Introducció a la modelització, una eina per a la presa de decisions [en línia]: un cas al CRAI de la Universitat de Barcelona» (Treball de final de màster), Dipòsit Digital de la Universitat de Barcelona, 20 de juny de 2016, <<http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/108493>> [Consulta: 18/09/2017].
5. <https://ca.wikipedia.org/wiki/Investigaci%C3%B3_operativa>. Per a contextualitzar, la història moderna de la IO comença després de la Primera Guerra Mundial, als anys vint. Llegiu la història de la «Recherche operationelle» a la Wikipedia francesa o l'article sobre «Operations research» a l'anglesa.

També dues incerteses:

- Gairebé no hem trobat cap rastre de publicacions de l'aplicació de llenguatges de modelització per a l'optimització (altrament anomenada programació matemàtica) en aspectes de gestió de biblioteques, almenys en les de Catalunya. Una tesi doctoral de la Universitat de Barcelona (UB) de Jordi Sales i Zaguirre,³ del 2002, toca el tema de manera tangencial. És una tesi en Economia Matemàtica per a analitzar acords i tarifes en la negociació de preus de compra de subscripcions a paquets de revistes electròniques. Fora d'això, poca cosa més.⁴
- Pot ser que el nombre de problemes en què pot incidir la programació matemàtica sigui reduït. En aquests moments disposem d'una llista de casos que augmenta a mesura que dominem més l'eina, aprenent-ne a través d'exemples de casos típics i el plantejament de casos nous. Potser no hi ha gaires més possibilitats que les que plantegem al final de l'article.

Amb tot, la definició resum que hi ha a la Viquipèdia⁵ de la investigació operativa (IO) ja n'insinua el potencial:

La investigació d'operacions, investigació operativa o investigació operacional, es refereix a l'ús de models matemàtics, estadístics i algorísmics per tal de donar suport a la presa de decisions. S'utilitza en l'anàlisi dels sistemes reals i complexos, amb el propòsit de millorar i optimitzar l'acompliment. Es considera una branca de la matemàtica aplicada per a l'administració d'empreses, l'enginyeria industrial i l'economia.

Així, podem dir que la IO és una forma científica d'afrontar la presa de decisions, tal com sintetitzava ja fa més de vint anys el professor Ángel Sarabia.⁶

La IO, doncs, planteja i resol problemes que involucren decisions i cerca de punts factibles que tinguin valors extrems de criteris preestablerts, els quals poden ser relativament simples, complexos o de gran magnitud. Malgrat la seva importància intrínseca, la IO encara no està àmpliament establerta en el món industrial. Però l'adveniment dels llenguatges de modelització (a final dels anys vuitanta) i la connexió directa que aquests permeten a un resolutor⁷ ha simplificat molt l'aplicació de la IO.

Les tècniques de la IO són, bàsicament, la simulació (que inclou, per exemple, la teoria de cues) i l'optimització, que utilitza com a eines per a resoldre problemes alguns llenguatges de modelització matemàtica enllaçats a un *resolutor* que en calcula la millor solució.

1. Optimització, programació matemàtica o modelització matemàtica

Altres modelitzacions matemàtiques que en aquest article no es tenen en compte també podrien ser útils en les biblioteques, com ara les que ajuden a dissenyar espais, o la teoria de cues per a organitzar l'atenció als taulells (permet esbrinar quants individus han d'atendre les cues, quantes cues s'han de formar, el temps màxim d'atenció, el nombre màxim d'individus a cada cua que motivi una reorganització del servei...).

Parlem, bàsicament, de l'optimització mitjançant programació matemàtica.

L'optimització és una tècnica amb dècades d'història, integrada com a recurs per a la presa de decisions en molts àmbits. Per exemple, la regulació de la producció d'energia elèctrica de manera que la xarxa de transmissió es mantingui estable; a banda, també existeix el problema de la gestió de la producció d'electricitat. Persegueix la selecció del millor resultat i troba els valors de les variables que li hem indicat entre un conjunt de disponibles. La funció objectiu (equació principal) d'un problema d'optimització tracta de maximitzar o minimitzar el cost, la idoneïtat, un coeficient de qualitat... a fi de trobar el valor d'aquest element òptim dins de la zona de factibilitat del problema definida per les constriccions (condicionants).⁸

Es pot optimitzar mitjançant un simple full de càlcul. És el que va fer D. W. Ashley⁹ per organitzar els torns al taulell de referència d'una biblioteca.

Considerem que l'optimització és una tècnica, no una ciència, però que depèn de la ciència i, en particular, de les matemàtiques. L'optimització es fonamenta en les ciències i tècniques a les quals s'aplica. Per exemple, en problemes d'energia elèctrica cal conèixer els principis de la generació i el transport de l'energia elèctrica. En el cas de la biblioteconomia, cal comprendre exhaustivament el funcionament de les unitats d'informació.

Diverses empreses utilitzen l'optimització: per a regular la producció d'energia; assignar tripulacions a vols encadenats d'una companyia aèria durant una setmana; en fàbriques de pinsos per a engreixar el bestiar; en química industrial (complexos químics d'una petroquímica en què s'han de tenir en compte pressions, temperatures de tractament...); en transports (seleccionar rutes per a arribar més de pressa d'un punt d'origen a un destí, etc.).

6. Á. A. Sarabia Viejo, *La investigación operativa: una herramienta para la adopción de decisiones*, Madrid: UPCO, 1996, p. VIII.

7. El *resolutor* a què ens referim («solver» en anglès) és un programa que calcula la solució d'un problema d'optimització trobant el punt més factible —respecte un criteri— si n'hi ha, o bé determinant que no n'hi ha cap, és a dir, que el problema no té solució.

8. S'utilitza el terme «constricció», i no «restricció», d'acord amb l'ús que se'n fa en l'àmbit de la IO i seguint, entre d'altres fonts, el manual de Josep M. Basart i Muñoz, *Programació lineal*, Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona, 1998.

9. David W. Ashley, «A spreadsheet optimization system for library staff scheduling», *Computers & Operations Research*, vol. 22, no. 6 (1995), p. 615-624.

Pel que fa a la terminologia, el terme *optimització* a vegades s'utilitza sol, altres vegades podem trobar escrit *optimització matemàtica* o *programació matemàtica*, i també *modelització matemàtica*. Només cal que observeu les matèries del registre catalogràfic del Centre de Recursos per a l'Aprenentatge i la Investigació (CRAI) de la UB que recull el manual del llenguatge de modelització que actualment utilitzem.¹⁰ Aquests termes es desglossen en una sèrie d'eines pròpies, moltes interessants per a optimitzar la gestió bibliotecària. Entre aquestes hi ha:

- Optimització entera, que es pot desglossar entre variables binàries (0 o 1, sí o no. Com en el cas del problema de l'assignació de tripulació d'una companyia aèria) i variables enteres.
- Optimització contínua lineal (incloent-hi la programació lineal simple).
- Optimització no lineal, que inclou l'optimització quadràtica.
- Heurístiques: entramat dels semàfors a les ciutats.
- Teoria de jocs (jocs cooperatius, jocs competitius, jocs de dos jugadors o jocs amb multijugadors, etc.).
- Programació estocàstica: que utilitza paràmetres no deterministes en etapes futures. Té part d'optimització i part de generació d'escenaris que representen bé els paràmetres aleatoris. La tècnica de resolució segueix el principi de la no-anticipativitat de les etapes següents en relació amb les etapes anteriors.

2. L'optimització a través d'un llenguatge de modelització

Cap als anys noranta, amb la introducció dels llenguatges de modelització matemàtica, la situació va canviar radical-

ment: en codificar el problema mitjançant un llenguatge de modelització que permetia simplificar-ne la descripció aprofitant la seva estructura, es minimitzava l'existència d'errors en la formulació. En aquests últims vint-i-cinc anys, un programari d'interpretació del llenguatge, més un *resolutor* que calcula la solució, han facilitat molt l'ús de l'optimització.

Un model matemàtic consisteix en la descripció d'un problema mitjançant equacions i inequacions matemàtiques. La resolució del problema (càlcul i resultats) la fa un *resolutor* «enganxat» a un programa que interpreta el llenguatge de modelització.

Cal insistir que en molts problemes de gestió —incloent-hi els problemes de gestió bibliotecària— no cal tenir un nivell de matemàtiques superior al de batxillerat, que és suficient per a poder utilitzar els *resolutors*, saber utilitzar el llenguatge de modelització i, per tant, poder dissenyar el model que ens permetrà obtenir la solució òptima i interpretar els resultats. No calen coneixements matemàtics sobre com funcionen els procediments computacionals per a resoldre els problemes d'optimització, per a aplicar-los a la resolució d'un problema, o per valorar i interpretar-ne la solució. Afortunadament, per ara la majoria de problemes detectats en gestió i direcció de biblioteques són simples: no requereixen més matemàtiques que les d'una lògica simple (sumar, multiplicar, alguna elevació al quadrat). Es tracta de casos clars que es refereixen a ubicació de productes, control d'existències, dimensionament d'equips, etc., una simplicitat anàloga a altres àmbits com ara el de la gestió hospitalària. Però també n'apareixen d'altres de més complexos, com ara els estocàstics, que explorarem més endavant, un cop s'hagi experimentat amb els problemes simples (habitualment deterministes).

Els llenguatges de modelització actuals (AMPL, GAMS...) faciliten molt la codificació de les equacions que descriu el model, sobretot quan el problema té «estructura» i connecten les equacions del model amb el codi del *resolutor*

10. Vegeu-lo a <http://cataleg.ub.edu/record=b2020128~S1*cat>.

Un model matemàtic consisteix en la descripció d'un problema mitjançant equacions i inequacions matemàtiques. La resolució del problema (càlcul i resultats) la fa un *resolutor* «enganxat» a un programa que interpreta el llenguatge de modelització.

que s'ha triat per a solucionar el problema d'optimització. Aquests llenguatges redueixen els errors de picatge, estalvien espai i, sobretot, feina. És una tècnica madura.

Les proves que estem fent en l'àmbit de les biblioteques es codifiquen mitjançant un llenguatge concret, l'AMPL:¹¹

Many of the difficulties of translation from modeler's form to algorithm's form can be circumvented by the use of a computer modeling language for mathematical programming. A modeling language is designed to express the modeler's form in a way that can serve as direct input to a computer system. Then the translation to the algorithm's form can be performed entirely by computer, without the intermediate stage of programming. The advantages of modeling languages over matrix generators have been analyzed in detail by Fourer (1983). Implementations such as GAMS (Bisschop and Meeraus 1982; Brooke, Kendrick and Meeraus 1988) and MGG (Simons 1987) were under way in the 1970's, and the pace of development has increased in recent years.¹²

Es tracta, doncs, d'un codi que un programa converteix en equacions matemàtiques de les quals el *resolutor* en calcula la solució. Podríem haver fet servir un altre llenguatge molt popular, el GAMS,¹³ molt aplicat en l'àmbit econòmic. Amb l'AMPL, a grans trets, es creen:

- Un arxiu de dades estructurades (conjunts, paràmetres que inclouen el que en llenguatge de gestió bibliotecària s'anomenen *indicadors*) que afecten el problema.
- L'arxiu de model, que conté la descripció de la funció objectiu que cal optimitzar i de les equacions i inequacions que representen les constriccions (condicionants) del problema.

Cal fer un incís del concepte *estructura*, que no és imprescindible en els problemes però que en simplifica bastant la realització:

Quan un problema té paràmetres i variables relatives a elements d'un conjunt o de diversos, direm que el problema té *estructura*. Com, per exemple, en un cas que comentem més endavant: en un sistema bibliotecari hi ha diverses biblioteques (A, B, C..., que formen el conjunt *Centres*), diverses tasques per fer (atenció al préstec, ordenació de fons, catalogació, formació d'usuaris..., que formen el conjunt *Tasques*), diferents tipus de personal (bibliotecaris, tècnics especialistes, becaris..., que s'agrupa en el conjunt *Personal*), períodes de treball variats (matins de gener, tardes de gener, caps de setmana de gener..., que fan el conjunt *Períodes*), paràmetres que depenen d'un sol conjunt, com ara les hores de treball màximes anuals de cada tipus de personal, o paràmetres que depenen de més conjunts, com ara la petició de servei en cada centre, en cada tasca i en cada període. El mateix pot passar amb les variables per a optimitzar, que poden dependre d'un o més conjunts que hàgim definit.

Dues conseqüències de la presència d'estructura en els problemes són:

- Un llenguatge de modelització matemàtica modern fa molt eficient la formulació del model del problema

11. AMPL correspon a «A Mathematical Programming Language». Gran part de la facilitat de la implementació dels models es deu al llenguatge de modelització.

12. Robert Fourer; David M. Gay; Brian W. Kernighan, «A Modeling Language for Mathematical Programming», *Management Science*, 36 (1990), p. 519-554.

13. General Algebraic Modeling System.

(arxiu de model). Això redueix molt la formulació de la funció objectiu i les constriccions, i facilita molt la detecció d'errors.

- Amb el llenguatge de modelització, sense modificar res de l'arxiu del model creat, podem resoldre problemes de magnitud diversa modificant en l'arxiu de dades els elements de cada conjunt i les dades associades als elements: es poden afegir o descartar un o més centres, nou tipus de personal, o afegir tasques noves.

Reprement el fil, abans de la redacció completa del problema amb llenguatge de modelització, es fa la tasca principal, la més subtil: triar les variables (incògnites per a optimitzar) i els paràmetres (coneguts) que permetin formular el problema.

Hi ha casos clars, en biblioteques, que ja han estat modelitzats o que estan en procés de ser-ho. N'hi ha que es podrien classificar en problemes unibiblioteca, multibiblioteca o de servei bibliotecari provincial o nacional: quadrants rotatius setmanals, assignació de tasques segons els objectius previstos, distribució del pressupost d'adquisicions, reelaboració de mapes de lectura pública... Podeu veure'n més al final de l'article. Tots aquests problemes tenen una estructura marcada que forma conjunts de paràmetres en el model.

Pel que fa a l'equilibri cost-benefici, es pot pensar, encertadament, que l'elaboració d'un model és una despesa de temps, formació i altres recursos del creador. A més de les entrevistes amb els responsables del servei, que també hi dediquen temps i esforços, i el temps esmerçat a recollir i preparar les dades que han de nodrir el model. La creació d'un model, a més, implica iteracions d'assaig i error fins que es resol, s'interpreta i s'implementa. Però un model ben ideat, resolt i implementat satisfà totes les condicions que se li posen (anomenades *constriccions*) i aconseguen maximitzar la qualitat o l'oportunitat d'un servei o bé minimitzar-ne el cost, raó per la qual el benefici serà molt elevat.

Abans de la redacció completa del problema amb llenguatge de modelització, es fa la tasca principal, la més subtil: triar les variables (incògnites per a optimitzar) i els paràmetres (coneguts) que permetin formular el problema.

Un cop obtinguda la solució del model, és molt recomanable fer-ne una anàlisi, entre altres coses cal saber quines constriccions han estat actives (han influït)¹⁴ i quines redundants (no han influït) en la solució, tenint en compte que això ha estat així per les dades que han alimentat el problema.

A més, un model matemàtic pot ser reciclat, corregit i reexecutat. S'hi poden incloure noves dades i informació, cosa que permet adaptar-lo als canvis de condicions que marca el pas del temps i també, per exemple, el canvi de servei d'informació. Això també significa que el cost de produir el model disminueix seguint una corba asimptòtica descendent en cada implementació successiva, cosa que fa que s'amortitzi completament.

3. Modelització en la gestió de biblioteques: consideracions i casos

Segons Carina Rey Martín:

A la dècada dels noranta s'observa un canvi a les biblioteques pel que fa a la gestió. La raó és la incorporació progressiva de tècniques que, fins avui, eren poc aplicades dins de l'àmbit bibliotecari i eren més pròpies d'un altre tipus d'institucions públiques o d'empreses de serveis; entre d'altres, podem enumerar les següents: la planificació estratègica, la planificació per objectiu i les tècniques de gestió de la qualitat total. Totes persegueixen l'optimització

14. És a dir, què ens limita en la nostra activitat, en les nostres instal·lacions, etc.

dels recursos per oferir un servei de qualitat que proporcioni la màxima satisfacció a l'usuari dels serveis.

[...]

La introducció de les tècniques de gestió porta implícit el reconeixement de la necessitat d'optimitzar els recursos econòmics, estructurals i humans per oferir un servei de qualitat, ja que no hem d'oblidar que les dotacions pressupostàries a les administracions públiques i, més concretament, a les biblioteques, no creixen en la mateixa proporció que els costos de funcionament i de manteniment (un preu més elevat de les bases de dades, de les revistes electròniques i de les col·leccions, entre d'altres).¹⁵

En tot aquest període, la modelització com a tècnica útil en la biblioteconomia ha estat infraconeguda. Potser per això la modelització que us hem presentat no figurava en el *Mapa de les ciències* de l'exposició de la UAB l'any 2011.

Podríeu objectar que en el cas de les biblioteques l'optimització només afectaria qüestions logístiques menors. Es pot aplicar a situacions comunes, i en ocasions seria molt recomanable, com ara decidir com actuar en cas que s'espatllin els ordinadors de la unitat d'informació en el context d'un pressupost determinat en què cal minimitzar costos. Tot això condicionat al manteniment del servei amb criteris de màxim rendiment i, per què no, d'excel·lència tal com s'hagi definit.

Però també es pot aplicar a l'elaboració de pressupostos i a la gestió de la despesa —que inclou les adquisicions—, a dimensionar la plantilla, a repartir tasques, a fer quadrants rotatoris... Fins i tot es pot aplicar en la cerca de l'alternativa òptima entre un conjunt de possibilitats (per exemple, escollir un sistema integrat de gestió bibliotecària entre diversos) i en l'elaboració del mapa de lectura pública.

Un model pot resoldre's un cop l'any en funció dels canvis que hi hagi hagut en aquell exercici, o simplement tants cops com canviïn significativament les dades. Cada model té un horitzó temporal propi, i les execucions dels models s'han de planificar segons aquests horitzons.

Caldria resoldre cada model resultant un cop l'any i amb les dades necessàries, que a vegades poden ser difícils o tedioses d'aconseguir. Tinguem en compte que per implementar la solució d'un problema calen:

- Un portàtil o ordinador de sobretaula, o un servidor multiusuari. Un informàtic que hi instal·li AMPL (o GAMS) i CPLEX (gratuït per a institucions sense ànim de lucre).
- Un bibliotecari expert en el llenguatge de modelització (AMPL o GAMS) que utilitzi els models bibliotecaris desenvolupats i les dades requerides, per a obtenir els resultats de les variables i altres càlculs que s'hagin demanat per cada model, que juntament amb un informe valoratiu es transfereixen als gestors i directors bibliotecaris.

Un model pot resoldre's un cop l'any en funció dels canvis que hi hagi hagut en aquell exercici, o simplement tants cops com canviïn significativament les dades. Cada model té un horitzó temporal propi, i les execucions dels models s'han de planificar segons aquests horitzons.

L'informe valoratiu que s'esmenta dos paràgrafs més amunt inclou la justificació del model i l'avaluació dels resultats a primera vista.

15. Carina Rey Martín, «L'aplicació dels estudis de satisfacció d'usuaris a la biblioteca universitària [en línia]: el cas de les universitats catalanes», *BiD: textos universitaris de biblioteconomia i documentació*, núm. 3 (des. 1999), <<http://bid.ub.edu/03rey1.htm>> [Consulta: 18/09/2017].

Fins ara hem desenvolupat dos problemes de gestió unibiblioteca i multibiblioteca, utilitzant AMPL com a llenguatge de modelització i CPLEX com a *resolutor*. Aquests problemes encara tenen àrees de possible treball per al futur.

3.1. Cas bibli02. Gestió de personal en una biblioteca: assignació del personal disponible per a garantir la màxima qualitat del servei en un conjunt d'activitats i tasques (sistema unibiblioteca).

Si una biblioteca atribueix un coeficient d'utilitat a les diverses tasques que pot fer el personal de diverses categories de què disposa, pot maximitzar la utilitat total que es pot obtenir al llarg d'un període assignant el personal a diverses tasques al llarg del període, tot respectant tots els límits reglamentaris i de dedicació del personal i la quantitat de dedicació requerida en cada tasca.

Necessitem l'optimització per a resoldre el cas, ja que tenim constriccions que cal que les variables del problema satisfacin, com per exemple les hores màximes de treball anual de cada tipus de personal; i tenim un criteri a maximitzar, que és la qualitat del servei que presta la biblioteca. Tot i que només hi ha unes quaranta variables, per a trobar una solució factible, fent-ho a mà, caldrien moltes hores de feina. Si, a més, volguéssim que la solució fos l'òptima, podríem passar-nos setmanes calculant i verificant, amb una alta possibilitat d'equivocar-nos. Per tant, la manera racional de fer-ho és utilitzant un programa que solucioni un problema de programació lineal.

El problema, anomenat bibli02, va calcular-se aprofitant la plataforma NEOS.¹⁶ El *resolutor* web processa casos que no excedeixin un límit permès de variables i de memòria, un requisit que es compleix en aquest cas: la traducció matemàtica de l'exercici resulta en una quaran-

tena llarga de variables, fent-lo impossible de resoldre sense modelitzar.

El resultat d'aquest model permet repartir tasques entre una plantilla de treballadors de diferents categories, maximitzant la qualitat dels serveis de la biblioteca expressada a través d'uns coeficients d'utilitat predeterminats. Aquests coeficients s'han establert sobre la combinació de tasques i col·lectius de personal a fi de prioritzar-les, establint, doncs, l'interès que té que cada col·lectiu faci una tasca determinada. Serien valors discrecionals a criteri del director, que en aquest cas de prova són valors ficticis.

L'enunciat va ser el següent:

De cara a tot l'any que ve, el director d'una biblioteca universitària vol repartir tasques entre tot l'equip. S'han de cobrir:

- Els dos taulells de referència, mantenint-ne almenys un d'obert sempre. La biblioteca és oberta 250 dies a l'any, de 8:30 h a 21:30 h, com els taulells (13 hores/dia). Per tant, cal cobrir almenys 3.250 hores de taulell anuals (1 d'obert) i fins a un màxim de 6.500 hores anuals (tots dos oberts).
- Les hores de docència que s'imparteixen des de la biblioteca (no sabem quantes podran ser), és a dir, els cursets adreçats a estudiants i a personal docent i investigador (PDI) i d'administració i serveis (PAS).
- La possibilitat que els membres de l'equip assisteixin a cursos de formació continuada, en la majoria de casos, amb un mínim i un màxim anual d'hores segons la categoria.
- La catalogació. Es divideix en quatre modalitats, que es reparteixen entre els bibliotecaris menys experimentats i els que ho són més:

16. Lloc en què hi ha servidors que disposen de capacitat de computació sobrera, i *resolutors* per a optimitzar diversos tipus de problemes d'optimització: <<https://neos-server.org/neos/solvers/>>.

- Catalogació de fons donats. S’ha de fer amb molta cura i tan de pressa com sigui possible.
- Catalogació dels documents comprats, amb qualitat baixa, mitjana i alta, segons l’expertesa del catalogador i el que s’hagi determinat per a cada document.

Amb la plantilla actual, quants documents (donatius i comprats) es poden catalogar a l’any? Els bibliotecaris sèniors cataloguen aproximadament 14 llibres al dia (nivell de catalogació mitjà-alt); els júnior cataloguen aproximadament 10 llibres al dia (nivell baix-mitjà).

Cada membre de l’equip treballa 1.505 hores l’any, i per categoria ja té uns mínims de cada tasca assignats. S’estableix un coeficient d’utilitat per cada tasca en relació al col·lectiu que la fa.

Cal determinar com es cobriran les tasques que falten per a assignar, i esbrinar si enguany es podrà arribar a l’objectiu de catalogació.

3.2. Modelització en la gestió de biblioteques: cas bibli05. Primera experiència en un sistema multibiblioteca: atorgament de personal al llarg d’un curs per a assegurar la factibilitat de servei en distintes tasques a cost mínim.

Es demanava un redimensionament de la plantilla d’una xarxa de biblioteques que ha reduït el nombre de personal en els anys de la crisi. Cal justificar les necessitats de plantilla a fi de prendre decisions pel que fa a noves contractacions.

El model proposa que en comptes d’atorgar personal a biblioteques d’acord amb les característiques i indicadors de cada biblioteca (nombre de visites, quantitat del fons, metres de prestatgeria, cursos oferts, etc.), s’atorgui personal de diferents categories (que a priori s’encarrega de

diferents tasques, però que en comparteixen algunes) segons una desiderata o petició de servei (mesurada en hores de dedicació) en totes les tasques¹⁷ que es fan a les biblioteques, comptant amb tots els límits i regles vigents com ara els horaris i límits de dedicació de cada tipus de personal, amb la qual cosa es troba una distribució de personal factible respecte a la petició de servei i respecte a totes les regles i limitacions. Es tracta d’un model realitzat inicialment per a quatre biblioteques (AAAAAA,BBBBBB, CCCCCC, DDDDDD), però podria fer-se amb centres de diferents tipus, com ara unitats transversals i biblioteques diferents, incloent-hi les tasques de les unitats transversals que majoritàriament no es fan o es fan de manera testimonial a les biblioteques.

Cal notar que, si atorguéssim personal d’acord amb les característiques de cada biblioteca (com ara indicadors: dimensions de l’equipament, metres lineals de prestatgeries, nombre d’usuaris, etc.), no quedaria garantit que es poguessin complir els objectius de servei desitjats a totes les biblioteques ni que el personal d’una biblioteca pogués assolir els objectius sense ultrapassar les hores de treball disponibles.

Com a mostra mínima de llenguatge AMPL en aquest model, vegeu la tercera de les constriccions programades que incideixen en la funció objectiu que el *resolutor* calcularà:

```
s.t. horesddicPsTsq{z in CENTRES,i in
PERIODES,k in TASQUES}:
    desiderata[z,i,k] =
    sum {(j,kd) in ASSGNbPersTsq: kd=k}
hrddicPsTsq[z,i,j,kd];
```

En cada centre, període i tasca, les hores de dedicació dels atorgats assignables a aquesta tasca ha de ser igual al temps de la desiderata per a aquesta tasca en aquest

17. Tipus de tasques: catalogació (dividida si cal en variants: de diversa qualitat, per còpia, *ex novo*, etc.), préstec, taulell de referència, ordenació del fons, manteniment de revistes... totes les que se us acudeixin. Són tasques que decideix el director i que s’han de desenvolupar en un determinat període.

centre i període. En «*horesddicPsTsq{...}*» es força la igualtat entre la desitjada en hores de personal d'un centre (*z*) a una tasca (*k*) en un període (*i*), i la suma de les hores dedicades a la tasca (*k*) en el centre (*z*) durant el període (*i*) de tots els tipus de personal (*j*):

hrddicPsTsq[...] amb assignabilitat a la tasca (*k*) – segons es recull en la llista d'assignabilitats descrita en el conjunt *ASSGNbPersTsq* de parelles (tipus de personal, tasca). Cal notar que l'expressió en llenguatge AMPL d'aquesta constricció val per les constriccions «(nombre de centres)*(nombre de períodes)*(nombre de tasques)» que hauríem d'escriure en format algorísmic en un problema, fos quin fos el nombre de centres, de períodes, i de tasques que hi hagués; en el cas particular del problema resolt, hi ha 1.584 constriccions en format algorísmic corresponents a aquesta tercera constricció en format model (en llenguatge AMPL). Aquesta expressió en format model és més fàcil d'expressar i verificar, i molt menys propensa a contenir errors que el conjunt de les 1.584 constriccions en format algorísmic.

3.2.1. Anàlisi i discussió del model bibli05

A partir d'una descripció de tasques majoritàriament comunes a totes les biblioteques, el model permet calcular l'assignació de personal a cada biblioteca. L'extensió a un sistema existent dependria només de disposar de les dades de totes les biblioteques que el componen, i afegir, si escau, tasques i regles¹⁸ no considerades en el cas plantejat i resolt, però que s'hi podrien incorporar.

El cas bibli05 és realista, fictici en les desitjades de tasques a realitzar en un sistema multibiblioteca, tant universitari com públic. És important remarcar que si s'hagués fet un model per a biblioteques reals amb dades reals hauria calgut que l'expert en modelització i optimització obtingués tota la informació pertinent de l'organització

per a la qual treballa. Això implica mantenir-hi un diàleg constant almenys fins a la finalització del model, que no acaba un cop s'obtenen els primers resultats, sinó que cal anar revisant els arxius del problema amb les successives aportacions de l'organització, que pot haver donat informació per sobreentesa. L'elaboració del model, doncs, és un procés amb diverses iteracions.

Cada model s'ha de documentar. En aquest cas, entre altres coses, es van buscar antecedents de redimensionament de plantilles arreu i es van acabar considerant experiències de la Universitat de Castilla-La Mancha i de la Universitat de Sevilla. En aquests casos es tractava d'un dimensionament de la plantilla *ex novo*, no d'un redimensionament de l'any 2007 d'una xarxa de biblioteques universitàries catalana que es va fer a través de la ponderació de paràmetres que ells anomenaven «variables» i «factors de complexitat».

La garantia del compliment de les reglamentacions laborals i dels límits de disponibilitat prové de les constriccions establertes, i no de la funció objectiu optimitzada, que es pot definir segons el criteri de la direcció bibliotecària.

El model està estructurat en cinc conjunts principals: *PERÍODES* de treball —considerats dins d'un any amb elements del tipus «Gener matí», etc.—, *PERSONAL*, *CENTRES*, *TASQUES* —en què es podria afegir la tasca «Imprevistos», i *ASSGNbPersTsq* —parelles que reflecteixen l'assignabilitat de personal a tasques—; i vuit de secundaris, com ara *PERIODM*, el conjunt de tots els períodes que corresponen a matins. Alguns paràmetres que s'han establert són el nombre de personal disponible segons els períodes, les hores de treball disponibles per treballador en cada tipus de personal en cada període, les aportacions mínimes de personal a les biblioteques —perquè un centre no obri només amb una persona—,

18. Regles com ara: en la pausa d'esmorzar o berenar el servei ha de quedar cobert; en realitat, no es treballa en tasques, sinó 5 hores 30 min. a la jornada (les altres hores es fa passadís, es xerra amb els companys —a vegades de feina—), es fan tasques no previstes (revisió del correu electrònic...).

i que inclouen també el mínim i màxim de becaris, la desitjada o petició de servei per cada unitat d'informació en què es recull el nombre d'hores dedicat a cada tasca segons la direcció dels centres...

En una versió del model es va incloure un paràmetre especial, un coeficient de ponderació per a cada biblioteca que tenia en compte les entrades d'usuaris, els cursos de formació impartits i el volum de préstec. Es va desestimar per diverses raons, una era que una hipotètica biblioteca del model, per raons x , no havia fet cursos de formació durant l'any anterior, i això la penalitzava molt. En aquest model, el coeficient era totalment opcional, en altres models d'altres problemes pot ser adequat o fins i tot necessari, i correspon al director de la xarxa de biblioteques decidir si s'utilitza o no. Si es feia aquí, implicava que la «bona actuació» pretèrita influïa en el repartiment de personal als centres.

Cal recordar que el *resolutor* ens calcularà el valor òptim de les variables, per tant el moment de triar-les és cabdal, perquè s'ha de relacionar amb els conjunts de paràmetres. En aquest cas, es van triar dues col·leccions de variables:

- a) L'atorgament a centres de personal en períodes.
- b) Les hores de personal dedicades a cada tasca en centres i períodes. Aquesta segona col·lecció no és tan evident, però sí necessària, perquè es volen complir les desitjades¹⁹ de cada centre. Cosa que resulta en 3.564 variables reals, producte del nombre de centres pel nombre de períodes pel nombre de parelles d'assignabilitat (tipus de personal-tasca).

La funció objectiu recull què volem calcular. En el nostre cas, li demanem que volem minimitzar el cost del personal atorgat, perquè volem fer una redimensió de la plantilla amb els mitjans de què disposem, de manera que totes les tasques quedin cobertes, però a cost mínim. A l'arxiu de dades hi tenim un paràmetre en què s'expressa el cost anual de cada tipus de personal, i és el *resolutor* el que cal-

cula les dues col·leccions de variables en funció d'aquest cost. Si el cost no hagués estat el problema, podríem haver demanat que es maximitzés la qualitat del servei, per exemple, variant també els paràmetres. Com és obvi, són els directores de cada centre o les persones o òrgans col·legiats en qui delegui els que prenen aquesta decisió.

Aquesta funció objectiu està subjecta a unes condicions que el càlcul té en compte, anomenades constriccions, que defineixen la «regió factible» (representada en un poliedre) en la qual es troba la solució. Les constriccions principals del problema són:

- El total de cada tipus de personal atorgat als centres en cada període, que no ha d'excedir el nombre de personal disponible de cada tipus en cada període.
- L'acompliment de la desitjada (constricció d'igualtat).
- La suficiència de les hores disponibles del personal atorgat als centres en cada període per a complir totes les desitjades de cada centre.

Els valors òptims han resultat del càlcul d'aquest cas, en el qual hem demanat també que l'arxiu de resultats inclogués altres càlculs, com ara el tant per u d'hores lliures que té en cada centre cada tipus de personal, o quant personal hi ha no atorgat (o sobrer) a cap centre entre el personal disponible de cada tipus de període. Això és així perquè per complir les x hores en tasques, i comptant que els treballadors que integren el personal no es poden fraccionar, sobren hores dedicables necessàriament. A partir d'aquesta constatació, ens podem plantejar si hi podria haver personal itinerant entre més d'una unitat d'informació al llarg dels períodes.

El resultat del model s'ha d'aplicar tal com l'especifica la solució a fi d'obtenir rendiment del model, no es pot fer de manera parcial perquè si no, no es complirien les condicions que hem especificat en forma de constriccions.

19. Si les desitjades excedeixen les hores del personal que la direcció de la xarxa està disposada a posar, no es trobarà cap solució.

Potser es desestimarà l'aplicació de la solució donada, però es podrà considerar que els resultats i l'informe que els acompanyarà són d'utilitat en la presa de decisions. En el nostre cas, a fi d'aplicar els resultats s'ha iniciat un assaig de tres nous models per cada un dels períodes, matí, tarda i vespre, a fi de distribuir la quantitat d'hores dedicades a tasques durant el mes per cada treballador en un centre determinat.

Un altre nou model que pot sorgir del bibli05 és el que calculi els serveis mínims possibles que podrien derivar-se de vagues i emergències, o per exemple, una epidèmia de grip, que determinaria quins serveis o biblioteques tanquen.

L'informe valoratiu del model bibli05 ha d'incloure, doncs, una defensa de per què s'ha decidit elaborar aquest model amb la funció objectiu que hi ha, per què s'ha orientat el redimensionament d'una plantilla a partir de les tasques i no dels valors d'indicadors que ja tenim del rendiment de les unitats d'informació. L'informe a partir dels resultats ha de recollir constatacions com les següents:

- Imposar becaris que es contracten segons convocatòries al llarg de l'any pot fer que en alguns períodes d'aquests becaris no se n'aprofiti res segons les tasques que inicialment els són encomanades.
- Seria molt prudent incloure una tasca «imprevistos» amb una quantitat important d'hores a satisfer perquè, si no, ens exposem que estratègies com les trobades siguin infactibles a causa dels imprevistos que puguin sorgir.
- Hi pot haver personal candidat a ser itinerant amb les hores sobreres de treballadors en tots els períodes.
- Els resultats han estat molt condicionats sobretot per les constriccions del mínim i màxim de becaris i del mínim d'altre personal a cada centre.

Aquest primer model ha requerit força temps només per recollir les dades, especialment les desiderates de tots els directores de biblioteca, a fi que siguin el màxim d'ajus-

tades a la realitat i als objectius de servei marcats. Més temps que el que ha calgut per a preparar el model i fer les primeres proves. Ha calgut una iteració d'assaig-error fins a la solució última amb el model polit. Fer aquest tipus d'exercici implica una reflexió en profunditat i amb les dades a la mà sobre com volem que rutllin les biblioteques, quin rendiment n'esperem i quina dedicació del personal a les diferents tasques volem prioritzar.

Un altre model posterior és possible: una versió plurianual lligada a la programació d'inversions al llarg d'un termini establert, en el cas que el control del pressupost sigui possible. És a dir, un model que tingui en compte alhora els recursos de personal, de funcionament, d'inversions, d'adquisicions...

Finalment, a manca encara d'una implementació real de casos modelitzats amb dades reals, la potència de l'eina proposada (i les seves limitacions) no es recolza en aquest cas proposat, sinó en les moltíssimes implementacions que ja s'han fet en altres entorns, molt variats, de manera que es pot afirmar que l'eina és transversal en molts àmbits, en què funciona molt satisfactòriament: com ja hem dit, en gestió de sistemes, planificació de la producció, assignació temporal de tasques a personal, en institucions i companyies de serveis, etc.

4. Possibles casos

Per acabar, compartim una petita llista de problemes de biblioteca en què podria aplicar-se la modelització o programació matemàtica:

- Assignació de personal anual a centres i activitats: cas del model bibli05.
- Distribució horària per setmana de les activitats i tasques dels bibliotecaris: nou cas a desenvolupar a partir del model bibli05.
- Problemes relatius a la cadena d'adquisicions i la distribució local (prestatges, dipòsit o magatzem i espor-

gada). Pot ser un model local o global amb esporgada i emmagatzematge conjunt i global.

- Gestió anual del pressupost no finalista en un sistema multibiblioteca. Distribució del pressupost segons la necessitat de contractar més becaris, comprar més o menys llibres, reparació de manteniment (cost fix amb variable binària segons si la fas o no la fas), etc., restriccions del tipus «si no faig això no podré fer allò», utilitat alta o més baixa de certes despeses (els directors han de decidir-ho), etc.
- Mapa de localització i ubicació del servei local bibliotecari en una comarca, província...; i també planificació de servei de bibliobusos amb les rutes que fan. Un model semblant al de la ubicació de centres sanitaris diversos o parcs de bombers (problema de localització).
- Redefinició de les rutes de préstec interbibliotecari d'una o diverses institucions. En aquest cas, d'aquí a poc, els drons solucionaran aquest problema, però també caldrà organitzar-ne les rutes.
- Selecció i adquisició de les revistes digitals a partir d'un pressupost determinat.
- Optimització de les cartes de servei, la concreció de compromisos i establiment d'objectius realistes a partir del rendiment esperat de les unitats d'informació en funció dels recursos disponibles.
- Ajuda a la planificació plurianual d'un centre o un servei en el qual s'ha de determinar quines inversions i despeses es poden dur a terme segons l'interès específic de cada una. En aquest aspecte, un problema resolt d'aquesta naturalesa pot nodrir estudis prospectius i de viabilitat.

5. Conclusions

- L'optimització mitjançant modelització en biblioteques té molt recorregut, i només cal un nivell de matemàtiques de Batxillerat i una bona immersió en un llenguatge de modelització com ara l'AMPL per a posar-s'hi.
- Si hem après a catalogar, a treballar amb qualsevol metadada, o a adaptar-nos a un sistema integrat de gestió de biblioteques, per què no aprendre a modelitzar? Un dels requisits per a confeccionar bons models és entendre perfectament el problema que es planteja, i només els bibliotecaris poden proporcionar una definició exacta de cada problema. Externalitzar-ho no és racional.
- No caldran gaires arguments ni demostracions per adonar-nos que la modelització matemàtica per a l'optimització de serveis bibliotecaris pot fer una gran contribució als resultats de les avaluacions d'EFQM i ISO, i a la millora dels indicadors de les cartes de serveis, per exemple.
- Les biblioteques tenen el deure d'apropiar-se de tots els camps del saber que custodien, incloent-hi alguna modelització matemàtica, i que les faci modèliques també en la presa de decisions.

Per acabar, un objectiu d'aquest article és establir un canal de comunicació de dues direccions amb els lectors. En el vostre cas, si com a resultat de la lectura se us acudeixen un o més casos en les vostres unitats d'informació que us semblen susceptibles de resoldre's amb modelització matemàtica, ens agradaria que ens els fés-siu saber i en poguéssim discutir la possible elaboració d'un model.

Bibliografia²⁰

ASHLEY, David W. «A spreadsheet optimization system for library staff scheduling». *Computers & Operations Research*, vol. 22, no. 6 (1995), p. 615-624 [Comentat a les p. 14-15 del TFM].

EVANS, G. Edward; ALIRE, Camila A. *Management basics for information professionals*. 3a ed. London: Facet Publishing, 2013 [Comentat el capítol «Decision making», p. 156-176, a les p. 15-16 del TFM].

FOURER, Robert; GAY, David M.; KERNIGHAN, Brian W. *AMPL: a modeling language for mathematical programming*. 2nd ed. Belmont: Thomson/Brooks/Cole, cop. 2003.

HAYES, R. M. *Models for library management, decision-making, and planning*. San Diego: Academic Press, 2001 [Comentat a les p. 8-9 del TFM].

NABONA JASSANS, Mina. «Introducció a la modelització, una eina per a la presa de decisions [en línia]: un cas al CRAI de la Universitat de Barcelona» (Treball de final de màster). Dipòsit Digital de la Universitat de Barcelona, 20 de juny de 2016.
<<http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/108493>> [Consulta: 18/09/2017]. ■

20. Podeu trobar un comentari de part de la bibliografia trobada sobre optimització en gestió bibliotecària, que brilla per la seva escassetat, en el TFM que tanca aquesta llista.