



## Karbantartási költségkeret-felosztás számítógépes támogatása

Heckenast<sup>1</sup> T., Csonka<sup>1</sup> B.Gy., Nagy<sup>2</sup> V.

<sup>1</sup>Széchenyi István Egyetem, Informatika Tanszék, 9026 Győr, Egyetem tér 1.

<sup>2</sup>Széchenyi István Egyetem, Közúti és Vasúti Járművek Tanszék, 9026 Győr, Egyetem tér 1.

### ÖSSZEFOGLALÁS

*A cikkben egy nagy közlekedési vállalat járműpark karbantartási költségeinek elemzését és a rendelkezésre álló költségkeret optimális felosztását támogató szoftvermegoldás kerül ismertetésre. A megoldás egy úgynevezett könyvelési modell alapú költségbecslési, elemzési döntéstámogató rendszer, a megrendelő igényeihez igazodó domén-modellre építve. A cikk ismerteti az általunk kidolgozott speciális hierarchikus break-down analízis technikát, melyet költségfa modellnek neveztünk. Bemutatjuk, hogyan alkalmazható ez a modell az adott alkalmazási környezetben - kapcsolódva a specifikus normatív domén-modellhez. A modell operacionalizálásához kifejlesztettünk egy döntéstámogató szoftvert. Bemutatjuk, hogyan képezhető le a költségfa modell egy relációs adatbáziskezelő platformon megvalósított, több-dimenziós adatkockára épített lekérdező rendszerre. A döntéstámogató rendszer bizonyos adatai a megrendelő vállalatirányítási integrált rendszeréből származnak, és egy speciális objektum adatbázist alkotnak. Így az általunk kifejlesztett rendszer az adatalapú döntéstámogató (adatbányászati) eszközökhöz hasonlóan rendelkezik adattisztító és előfeldolgozó megoldásokkal. Ezek a megoldások fontos szerepet játszanak a domén-modell paramétereinek kialakításában. Részletesen ismertetjük a rendszer felhasználói felületét, melyen keresztül felépíthető a költségfa és elvégezhető a normatív modell paramétereinek exploratív érzékenységvizsgálata, valamint az objektum adatbázis elemzése. A felhasználói felület részét képezi többfajta grafikus megjelenítési technika is.*

(Kulcsszavak: költségbecslés, költségfa, döntéstámogatás, lekérdezés)

### ABSTRACT

#### Computer supported maintenance cost frame division

T. Heckenast<sup>1</sup>, B.Gy. Csonka<sup>1</sup>, V. Nagy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Széchenyi István University, Department of Informatics, H-9026, Győr, Egyetem square 1..

<sup>2</sup>Széchenyi István University, Department of Automotive and Railway Engineering, H-9026 Győr, Egyetem square 1.

*In this paper a software solution supporting the analysis of maintenance costs and the optimal division of the available cost frame for a large transport company is presented. The solution is a bookkeeping cost estimation and analysis decision support system custom built for the domain of the customer. The paper describes the special hierarchical break-down analysis technique, which was called cost tree model. It will be demonstrated how the model can be used in the given application context including the nominative domain model. The model is operationalized in a decision support system software. We will present how to map the cost tree onto a multi-dimensional data-cube implemented in a relational database management system. Most of the data come from*

*the ERP system of the customer and is stored in a domain specific database. So our system can be categorized as a data-oriented decision support system and has data transformation and data cleaning tools as well. These tools play special role in the formation of the parameters of the domain model. We will describe the user interfaces of the system, which enable the construction of the cost tree and the explorative sensitivity analysis for the parameters also can be carried out. The user interface incorporates graphical display techniques.*

(Keywords: cost estimation, cost tree, decision support, query)

## **BEVEZETÉS**

A következőkben egy költségelemzési és költség-keret felosztási módszer kerül ismertetésre. A kidolgozott módszer célja, hogy egy rendszer működési és fenntartási költségeinek meghatározása, becslése alapján lehetővé tegye az elkövetkező pénzügyi időszakra rendelkezésre álló költségkeret minél ésszerűbb felosztását. A rendelkezésre álló költség-keret felosztását az általános gyakorlatnak megfelelően a tényleges költségigények arányában célszerű elvégezni.

Kívánatos, hogy a költségek becslésére, megadására alkalmazott módszer feleljen meg a következő általános szempontoknak: tartalmazza mind a direkt és mind az indirekt költségeket, a költségeket a szervezeti struktúrához igazítva vegye figyelembe, rugalmasan kezelje az érintett időszakra várható költségviselkedést, tegye lehetővé a tényadatokból kirajzolódó ráfordítások valamint szakértői domén modellekkel meghatározott normatív költség igények összehasonlítását.

A költségigények meghatározásának vagy becslésének egy lehetséges módja a hierarchikus költségfa használata. A módszer lehetővé teszi a költségek aggregálását egy meghatározott költségstruktúra mellett. A költségfa (költséghierarchia) a költségelemek egy olyan átfogó reprezentációja, mely a fő költségkategóriákból kiindulva lebontja a költségeket a legszűkebb kategóriák szintjére. Tartalmazza mind a közvetlen, mind a közvetett költségeket. Gyakorlatilag a költségek egy olyan strukturált váza, mely a költségeket addig dekomponálja, míg azok megfelelő pontossággal meg nem adhatók. Ez a megközelítés lehetővé teszi, hogy a költségeket az elemi, jól meghatározott és ténylegesen ismert költségekből aggregáljuk a magasabb szintekre. Az elemzéshez használt költségfa meghatározása és rögzítése a felsőpénzügyi vezetés dolga, de az egyes alsóbb ill. elemi szinten a költségek megadását (meghatározását, becslését) a megfelelő információkkal és tudással rendelkező szervezeti egységek végzik.

A cikkben egy olyan szoftver megvalósítást mutatunk be, mely a megrendelő specifikus doménjéhez igazított költségfa alapú elemzést és költségkeret felosztást tesz lehetővé.

## **KÖLTSÉGELEMZÉS, BECSLÉS**

### *Működési és fenntartási költségek elemzése*

A működési és fenntartási költségek elemzésének célja egy rendszer működtetése során felmerülő költségek racionális felhasználásának meghatározása. A megfelelő megközelítés az, hogy a rendelkezésre álló korábbi működési adatok felhasználásával kialakítsunk egy olyan keretet, mely kielégítően leírja az adott rendszer várható működési feltételeinek megfelelő költséghatásokat. Egy olyan analitikus megközelítést

és reprezentációt kell választani, amely alkalmazkodik az adott rendszer tulajdonságaihoz és képes figyelembe venni az összes releváns költségtényezőt.

A referencia rendszer egy olyan hasonló vagy azonos rendszer melynek működésével kapcsolatban már rendelkezésre állnak adatok. Ez legtöbbször megegyezik a vizsgálat tárgyát képező rendszerrel.

Az elemzés időbeli hatásköre általában a pénzügyi tervezés és elszámolás időintervallumaihoz igazodik. Ritkábban fordul elő, de magában foglalhatja egy rendszer teljes életciklusát is. Az elemzés tartományában tehát a rendszer vagy annak bizonyos részrendszerei az életciklusuk tetszőleges szakaszában lehetnek.

#### *A költségbecslés kritériumai*

Mivel a költségmeghatározási helyzetek nagyon különbözőek lehetnek, tekintsünk néhány alapvető szempontot: teljesség, észszerűség, konzisztencia, dokumentáltság. Ezek a kritériumok a költségbecslési modellel szemben is követelményeket támasztanak: konzisztens költségelem struktúra, konzisztens adatok felhasználása, flexibilis becslési technika, felhasználhatóság a tervezési folyamatban.

#### *Költségbecslési technikák*

A legtöbb működési és fenntartási költségelemzés három becslési technika kombinációját használja: parametrikus-, analóg- és mérnöki becslés.

A *parametrikus becslés* lényege, hogy az egész rendszert, megvalósítást, működtetést jellemző költségeket egyenletekkel, képletekkel határozzuk meg. Ez a technika általában egy rendszer beindításakor vagy akkor használatos, ha csak korlátozottan állnak rendelkezésre technikai és költség adatok. A felhasznált relációknak (rendszerjellemezők és költségvonzataik között) alkalmazhatónak kell lenniük az adatokra. Ahogy a rendelkezésre álló adatok változnak, újra kell értékelni a relációk érvényességét. A nem megfelelően alkalmazott költségbecslési relációk komoly becslési hibára vezethetnek.

Az *analóg becslés* esetén egy már üzemben lévő, megvalósításban és működésben hasonló rendszer költségeinek igazításával becsüljük a költségeket. Sokszor előfordul, hogy a tervezett rendszernek csak bizonyos részrendszereihez találunk referencia (rész)rendszereket. Ennek a módszernek az alkalmazásával elkerülhetjük a parametrikus becslés negatív aspektusait, de alkalmazása erősen függ az analóg rendszereket ismerő szakértők véleményétől.

A *mérnöki megközelítés* egy "bottom-up" jellegű becslést eredményez. A három technika közül ez a leginkább időigényes. A becslés lényege, hogy a teljes rendszer költségeit kisebb működési egységek költségeiből határozzuk meg. A cél az, hogy a valódi működés minél több részletét minél pontosabban vegyük figyelembe. A rendszert általában alsóbb szintű komponensekre kell bontani, és ezek költségeit külön-külön meghatározni. Ez a módszer nagy munkaigényű, valamint sok és részletes működési adatra van szükség. A módszer használhatóságát az érintett rendszer életciklusbeli helye, és az adatok megbízhatósága befolyásolja.

A gyakorlatban az úgynevezett *könyvelési modellt* használják költségbecslésre. Ez a modell az előző három technika kombinációjából áll. Különböző képletekkel meghatározzák a rendszer elemeinek költségeit (egyszerűrelációkkal illetve közvetlen költség adatok bevitelével), majd aggregálják őket. Bizonyos elemeknél például egységárat, máshol különféle modelleket használnak.

#### *Adatforrások, paraméterek*

A költségbecslésekben háromféle adatot lehet felhasználni: működési/műveleti adatok (paraméterek), technikai adatok (attribútum adatok) és költség adatok. Ezek az adatok

rendelkezésre állhatnak nyers vagy feldolgozott formában. A nyers adatok használhatók működő rendszerek historikus költségelemzésére. A nyers adatok általában az egység vagy műhely szintű karbantartási napló adatbázisokban állnak rendelkezésre. A feldolgozott adatok általában már költség jellegű, aggregált adatokat jelentenek. Ilyen adatokat a működtetéssel kapcsolatos tranzakció feldolgozó rendszerek adatbázisai felett kialakított sok szempontú elemző vagy adatbányászati alkalmazásokból nyerhetünk.

## **A KÖLTSÉGFA MODELL**

### *Költség meghatározás költségfával*

A mérnöki elemzési/becslési megközelítés esetén szóba jöhet, jól használható költségbecslési modell (költségelem struktúra) a költségfa. Ez a költségbecslési módszer tulajdonképpen a könyvelési modellt valósítja meg.

A költségfa a költségelemzés alapját képező objektumok, tevékenységek (költségelemek) attribútumai alapján teszi lehetővé a költségek összesítését. A költségstruktúra hierarchikus lebontása után, az elemi költségtényezők ismert vagy megfelelően becsült adatai alapján a hierarchia magasabb szintjeire, költség kategóriákra meghatározhatók az aggregált költségek. A módszer kellően rugalmas többféle becslési módszer egyidejű alkalmazására, így alkalmas különböző életciklus-fázisban lévő részrendszerek együttes figyelembe vételére. A rendszer költségeinek aggregálása kétféle csomóponton keresztül valósul meg: egyrészt a költségelemek attribútumaiból valamilyen formula és paraméterek segítségével (formula-aggregáció) meghatározásra kerül az adott elemi költség, majd ezen költségekből összesíthetők a magasabb szintek költségei (tétel-aggregáció). A különbözőtípusú elemi költségek kezelésére létrehozhatunk az adott költség kiszámítására használható paraméterezhető költség modulokat. Az ilyen módon kidolgozott modulok (sztereotípiák) újrafelhasználhatók az azonos típusú, de a hierarchia különbözőpontjain megjelenő és esetleg eltérő paraméterekkel rendelkező költségek figyelembevételénél. A költségek meghatározásánál figyelembe veendő objektumok tetszőleges költség meghatározási alapot jelentő egységek lehetnek (pl. járművek, raktárak, műhelyek). Ezen objektumok költség szempontból meghatározó attribútumainak tárolására egy úgynevezett objektum-adatbázis szolgál. Az adatbázis tartalmazza az objektumok azonosításához és a költségek becsléséhez szükséges adatokat.

A költség modulokban felhasznált, működési adatokat jelentő paramétereket szintén el lehet helyezni egy paramétertárba, mely biztosítaná ezen adatok egyszeres tárolását, egységes, centralizált és kényelmes menedzselését.

### *Paraméterek meghatározása*

Ha az üzemeltetés és fenntartás során keletkező működési adatok lekérdezhetők, aggregálhatók a költség meghatározás szempontjából fontos attribútumok szerint, akkor a paraméterek meghatározásának legjobb módszere az adatok feldolgozása egy tudás kinyerő vagy adatbányászati alkalmazással. Ezek az eszközök képesek létrehozni a több szempontú elemzés megkívánta adatkockákat, és képesek hatékonyan kezelni őket. Komplex költségbecslési feladatoknál ez különösen fontos, ugyanis általában nagy adathalmazokból kell bonyolult aggregálással paramétereket meghatározni, vagy nagyszámú elemzést kell elvégezni sok paraméter meghatározására, változó feltételek mellett.

### *Költségkeret felosztás*

Ha a költségfa módszert használjuk a tényleges költségek meghatározására, akkor ez a rendszer kielégítő modellként szolgálhat egy meghatározott költségkeret felosztására is.

Ebben az esetben a felosztásban érdekelt egységeket szerepeltetni kell az aggregáló hierarchiában, így a költségkeretet a tényleges igények arányában lehet felosztani. Ilyenkor természetes követelmény, hogy a hierarchián belül konzisztens módon határozzuk meg a költségigényeket a részhierarchiák számára. A felosztáskor gyakran előfordul, hogy figyelembe kell venni egyéb korrekciós tényezőket (például költségigény prioritások, biztonsági tartalékok stb.) is.

## **A DÖNTÉSTÁMOGATÓ SZOFTVER**

### *Speciális követelmények*

Az előzőekben ismertetett költségbecslési módszer alkalmazása valódi környezetben csak annak szoftveres implementációja esetén képzelhető el komplex alkalmazási környezet esetén. Jelen cikkben ismertetett implementáció nem egy általános célú megvalósítása a módszernek, hanem egy speciális területen való alkalmazása. Az implementáció továbbra is nyílt és rugalmas, csak a teljesítmény optimalizálás szempontjából és a megvalósítás egyszerűsítése miatt tartalmaz speciálisan kötött elemeket. Az általunk megvalósított alkalmazás felhasználója egy nagy közlekedési vállalat, amelynek járműpark karbantartási, valamint felújítási költségkeretének optimális felosztását kell támogatni. A három költségbecslési eljárás ötvözetét kellett implementálni. Ahogy a későbbi leírásból látható, ezek a követelmények leginkább az objektum-adatbázis szerkezetére, valamint a parametrikus becslések esetén kialakítható formula-aggregációs megoldásokra voltak hatással.

### *Az objektum-adatbázis*

A konkrét feladat jellegéből fakadóan az objektum adatbázis elemei a közlekedési vállalat járműveivel kapcsolatos adatokat tartalmazzák. Ezek az adatok az előzőpénzügyi időszakra vonatkozó, a járművek karbantartási ráfordításait valamint a becslési formulákban szerepet játszó műszaki paramétereket tartalmazzák, járművenként egy bejegyzést.

Az aggregált adatok előállítását a cég SAP rendszerében történik, és off-line módon importálhatók a döntéstámogató rendszer saját adatbázisába. A bejegyzések száma 10000-es nagyságrendű. Az adatok importálása után a szoftver lehetővé teszi a klasszikus adatbányászati adatkarbantartási műveletek elvégzését, adattisztítást: adatok törlése, javítása nagy tömegben.

Az objektum-adatbázis tulajdonképpen egy adatkockát képez a következődimenziókkal: járműkategória, beszerzési év, km futás, telephely, felújítás éve, költségadatok. Ezen dimenziók mellett hat szabadon definiálható numerikus érték rendelhető az egyes bejegyzésekhez. Ezek az értékek a formula-aggregációkban használhatók (főleg paraméteres becslés) és az adatkarbantartás során tölthetők fel értékekkel. Ezek az adatok megjelenhetnek az adatkocka dimenzióiként is. Értékük lehet megadott konstans, vagy tetszőleges nem string dimenzióra végrehajtott leképezés. A leképezések a dimenziók értékészletét képezik le szakaszonként konstans vagy lineáris, a felhasználó által definiálható függvények segítségével. Ez természetesen korlátozást jelent, de a mérnöki gyakorlathoz elegendő (domén modelljeink csak ilyen jellegű függvényeket tartalmaztak) és effektíven megvalósíthatók. A költségfa és csomópontjai A költségfa kétféle csomópontból áll: elemi költségek meghatározására szolgáló csomópontból és a költségek összesítésére szolgáló aggregáló csomópontból (*I. ábra*).

Az elemi költségcsomópontok a jelen megvalósításban tetszőleges számú tétel összeszorzását tudják elvégezni. A szorzat elemei ad hoc konstansok, névvel ellátott és a

paramétertárban tárolt konstansok vagy az objektum-adatbázison végrehajtott, numerikus eredményre vezető lekérdezések lehetnek (2. ábra).

### 1. ábra

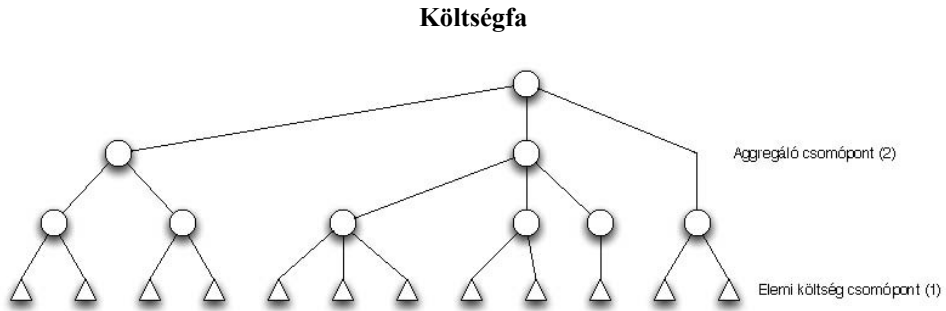


Figure 1: Cost tree

Elementary cost node(1), Aggregation node(2)

### 2. ábra

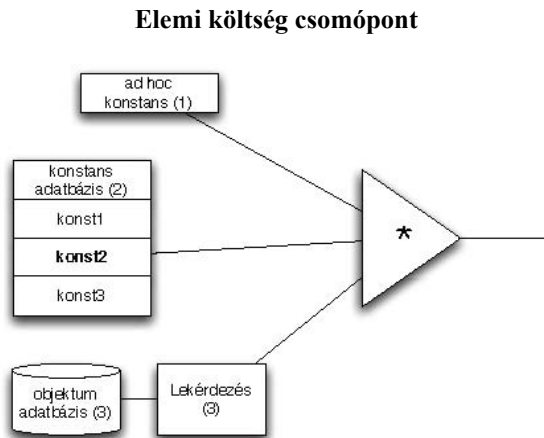


Figure 2: Elementary cost node

Ad hoc constant(1), Constant database(2), Object database(3), Query(3)

Az aggregáló csomópontok kettős szerepet töltenek be: egyrészt összesítik a hozzájuk tartozó részfák költségeit, valamint a csatlakozó elemi költségcsomópontok lekérdezéseinek feltételeit egészítik ki. Ez azért kényelmes, mert maguk a csomópontok adott dimenzió menti hierarchikus felbontást jelentenek általában. Így az egyes költségcsomópontok változatlan formában felhasználhatók a hierarchia különbözőpontjain (3. ábra).

3. ábra

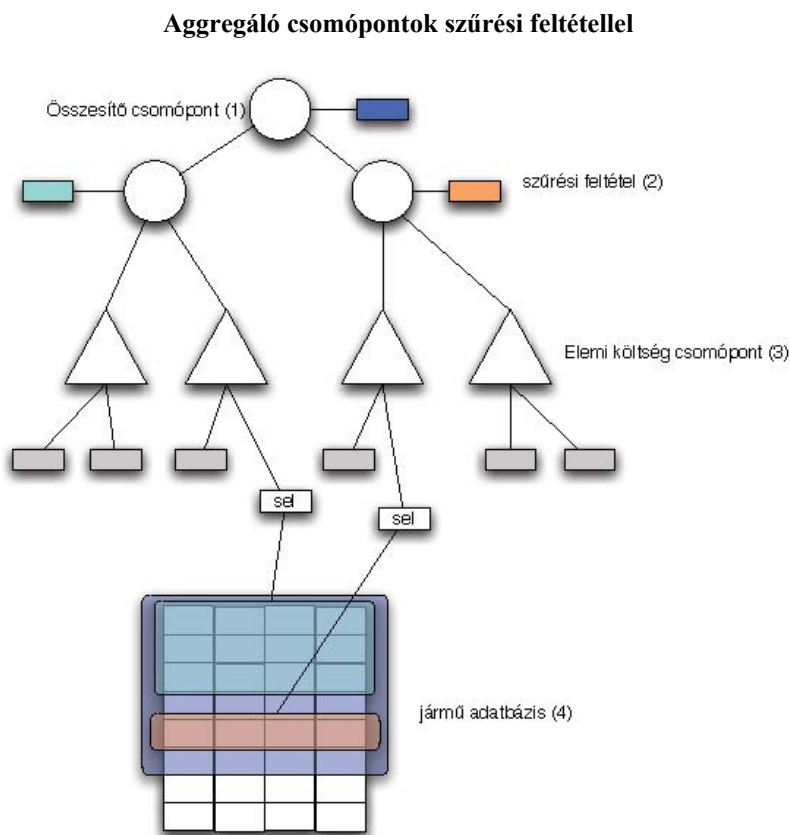


Figure 3: Aggregation node with filtering condition

Aggregation node(1), Filtering condition(2), Elementary cost node (3), Vehicle database(4)

*Elemzési lehetőségek*

Mivel a szoftverrel szemben elvárás volt, hogy a problématulajdonos a szakértők által javasolt becslési összefüggések mellett az adatokat elemezni is tudja, a költség csomópontokban használható lekérdezés-definiáló felületről tetszőleges, az adatkockára vonatkozó lekérdezést lehet megadni és kiértékelni, valamint vizuálisan egy paraméter (dimenzió) szerinti exploratív érzékenységvizsgálatot is el lehet végezni. Normatív költségbecslési modell Az objektum-adatbázis szerkezet, valamint a szoftverben megvalósított funkcionalitás kialakítása a domén szakértők által létrehozott költségbecslési modellre épült, de a rugalmas használat miatt bizonyos kereteken belül a lehetőségek szerint független, abban az értelemben, hogy a költségfa struktúrája szabadon kialakítható, újabb költségtényezők és paramétereik beépíthetők. A legszorosabb megkötések az objektum-adatbázisra érvényesek, mely ebben az esetben egy jármű adatbázis.

A szakértők által megadott modellek normatív jellegűek, a nemzetközi tapasztalat alapján szükségesnek ítélt működtetési költségekből indulnak ki. A költségek becslésére felhasznált jármű-és egyéb műszaki paraméterek a következők: járműtípusa, életkora, km-futása, üzemanyag felhasználása, váratlan meghibásodások száma, a telephelyre jellemző járműkiadási ráta és túlfuttatási arány. Ezek az adatok jelennek meg természetesen a jármű adatbázisban is.

A becslési egyenletek a különböző tényezők által implikált költségeket adják meg általában a beszerzési érték arányában. Két tényező, a járművek életkora, valamint a km-futás játsza a legfontosabb szerepet. A járműéletkora továbbá jelentősen meghatározza a többi tényező által generált költségeknek a súlyát. Mindezen költségeket a modellek különböző járműcsoportokra vonatkoztatva adják meg, szakaszonként lineáris függvények formájában.

#### *A modell leképezése a szoftverben*

A modell operacionalizálása a szoftverben a szoftverarchitektúra különböző komponenseiben van elosztva. A modell függvényei által, a járművek műszaki paramétereiből származó értékek kiszámítása az adatbázis feltöltésekor végezhető. Külön tevékenység a járművek típusok szerinti csoportokba sorolása.

A járműadatbázisból származó aggregált értékek (min, max, átlag, darabszám) lekérdezésekkel állíthatók elő. Ezek az értékek közvetlenül felhasználhatók az elemi költségsomópontok számításában (szorzások). A költségek aggregálását járműcsoportokra, telephelyekre, üzemigazgatóságokra a költségfa összesítő csomópontjai végzik el. A szoftver képes több elemzési adatbázist kezelni, így különbözőbecslési modellek eredménye összehasonlítható.

#### *A felhasználói felület*

A szoftver felhasználói felületének kialakításakor az volt a cél, hogy a megrendelő nem informatikus, műszaki háttérrel rendelkező, a költségelemzési, felosztási eljárásban részvevő munkatársai könnyen, intuitíven tudják használni. Ezt a célt egy viszonylag egyszerű, grafikus Windows MDI felülettel sikerült elérni.

A szoftver menürendszere keskeny és sekély, a műveletek elvégzése inkább a kapcsolódó ablak nyomógombjaival lehetséges, ez közelebb áll a direkt manipulációs interfészek szelleméhez. Az objektum adatbázis megjelenítése egy a táblázatkezelőkéhez hasonló táblázatban történik. Erről a felületről érhetők el az adattisztítási és leképezési funkciók is. A leképezési függvények megadása a töréspontok koordinátáinak megadásával lehetséges. Az ablak képes a megadott függvény grafikus megjelenítésére a koordináták ellenőrzéséhez.

Az adatok elemzésére, illetve a költségsomópontokban felhasználható lekérdezések kialakítására külön ablak szolgál (4. ábra). A lekérdezések feltétel megadása egy táblázattal történik, megfelelő támogatást nyújtó dialógus ablakok segítségével. Erről a felületről végezhető el a lekérdezés egy feltételének automatikus változtatásával a lekérdezés vizuális paraméterérzékenység vizsgálata is.

A költségfa szerkezetének megadására és a fa kiértékelésére külön dokumentumablak szolgál (5. ábra). A fa csomópontjait egy TreeView megjelenítő segítségével lehet kialakítani. Az egyes csomópontok szerkesztése dialógus ablakokban történik. A fa kiértékelésekor egy táblázatot kapunk, mely a költség értékeket, az összköltséghez viszonyított abszolút, valamint szintenkénti relatív súlyokat tartalmazza. Ezek az eredmények megjeleníthetők egy TreeMapként is, ahol a megjelenített szintek száma szabályozható.



4. ábra

### Lekérdezések megadása

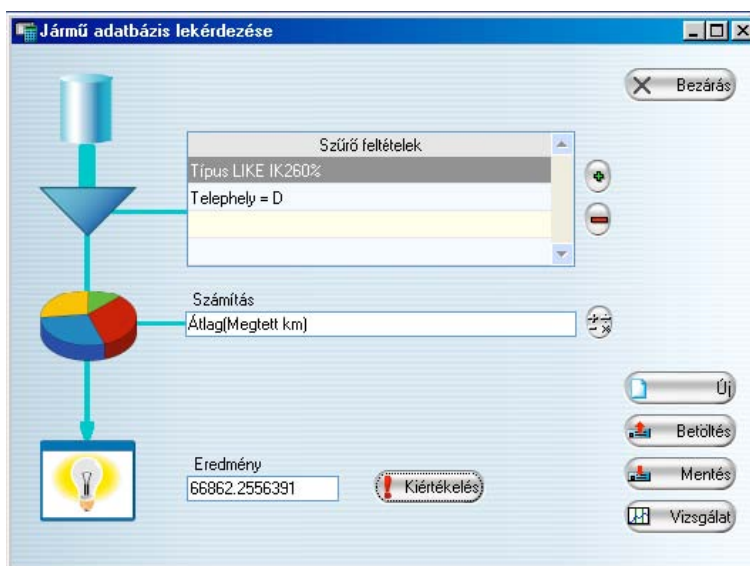


Figure 4: Query specification

5. ábra

### Költségfa ablak

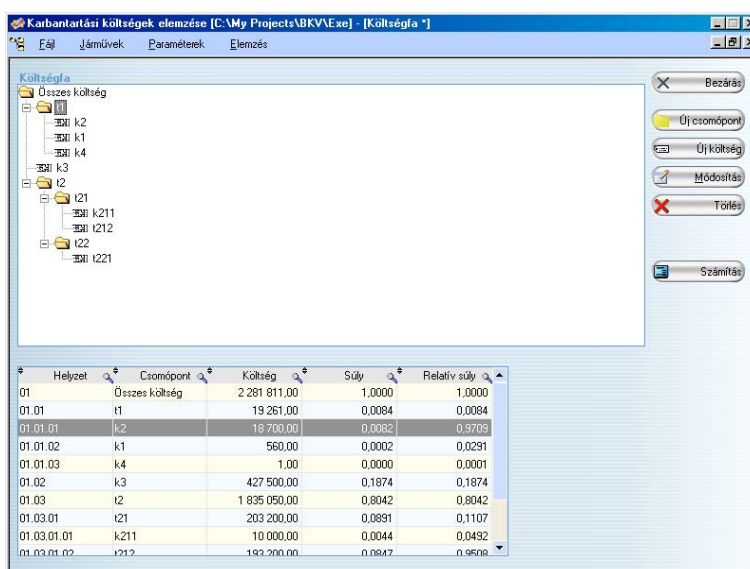


Figure 5: Cost tree window

## IRODALOM

- Su S.Y.W., J. Dujmovic, D.S. Batory, S.B. Navathe, R. Elnicki (1987). A Cost-Benefit Decision Model: Analysis, Comparison, and Selection of Data Management Systems, *ACM Transactions on Database Systems*, 12. 3. Sept. 1987, 472-520.
- Office of the Secretary of Defense Cost Analysis Improvement Group (1992). *Operating and Support Cost-estimating Guide*,
- Asahi, T., Turo D., Shneiderman B. (1995). Visual decision-making: Using treemaps for the Analytic Hierarchy Process, In: *Proceedings of CHI'95: Conference on Human Factors in Computing Systems: Mosaic of Creativity*, 1995, Denver CO.
- Bozóky, L., Nagy V. (2003). Karbantartási és felújítási költségkeretek elosztási módszereinek meghatározására javaslatok kidolgozása, *Kutatási jelentés*, 2003, Győr
- Nagy, V., Bozóky, L. (2001). TENDER, "Komplex rendszerek összemérési vizsgálata" probléma megoldására szoftverrendszer fejlesztése, *Kutatási jelentés*, 2001, Győr

Levelezési cím (*Corresponding author*):

**Heckenast Tamás**

Széchenyi István Egyetem, Informatika Tanszék  
9026 Győr, Egyetem tér 1.

*Széchenyi István University, Department of Informatics  
H-9026, Győr, Egyetem square 1.*

Tel.: 36-96-613-617

e-mail: [heckenas@sze.hu](mailto:heckenas@sze.hu)