

A bizonytalanság, a kockázat értékelése fejlesztések tervezésénél*

Jelen cikk egy Monte Carló módszerű szimulációs számítást mutat be. A számítás célja a bizonytalanság és a kockázatok értékelése volt egy konkrét vállalati döntés esetében. A tárgyalást ezen döntési probléma ismertetésére építjük; az elemzések kapcsán azonban általános kérdéseket is érintünk. Feladatunk vázolója után a Monte Carlo számítások módszereit írjuk le. Ezt követően elemezzük a szimuláció révén kapott eredményeket (döntési ajánlásokat) és rámutatunk munkánk ipargazdasági és gazdaságmatematikai tapasztalataira. Végül kitérünk egy általában ritkán vizsgált speciális módszertani kérdéskörre, nevezetesen foglalkozunk azokkal a problémákkal, melyek az eljárás inputjaként felhasznált mutatószámok összefüggéséből adódnak.

A feladat

A tervek, előkalkulációk, prognózisok bizonytalanságának több oka lehet, hiszen:

- a jövőbeli események soha nem pontosan előreláthatók,
- az előrejelzés céljaira alkalmazott számítási sémák általában torzítanak, és
- a felhasznált információk gyakran pontatlanok.

A gazdaságvezetésben fontos, hogy a döntéshozók információkkal rendelkezzenek a tervekben és a prognózisokban rejlő bizonytalanság szintjéről, a döntések során vállalt kockázatok** mértékéről. A vezetők számára többnyire nem megfelelőek az egyetlen lehetőség figyelembevételével kialakított koncepciók, a mereven rögzített összefüggésrendszer alapján végzett számítások, a valamennyi felhasznált paraméterre egy-egy konstans értéket figyelembe vevő kalkulációk stb. E determinisztikus elemzések eredményeit a bizonytalanság gyakran kérdéssé teszi.

A bizonytalanság, a kockázatok értékelése kiemelkedő jelentőségű a fejlesztési tevékenységek tervezésénél. A fejlesztési koncepciók esetében mindig nagyok a prognózisok hibahatárai, hiszen a fejlesztés, az újítások eredményeiről nem lehetnek előzetesen pontos információk, tapasztalatok. Növeli a kockázat-elemzés indokoltságát, hogy a fejlesztés általában hosszabb távra kiható,

* Az V. Magyar Operációkutatási Konferencián 1973. október 4-én Balatonfüreden elhangzott előadás alapján.

** Jelen cikk szerzői nem kívánnak kitérni a bizonytalanság és a kockázat kérdéskörével kapcsolatos terminológiai vitára. Cikkünkben olyan helyzeteknél beszélünk bizonytalanságról, amikor az eredmény nem biztos; kockázatvállalásról pedig akkor van szó, ha a bizonytalan helyzetben a döntéshozó tudomásul veszi a bizonyos valószínűséggel bekövetkező veszteség lehetőségét a valószínű nyereség reményében.

hosszabb időhorizontú értékelést igénylő tevékenység, mert a kalkulációk bizonytalansága az időtáv növelésével jelentős mértékben fokozódik.

Az elmondottak miatt számos szerző foglalkozott intenzíven a gazdasági bizonytalanság kérdésével, így F. H. Knight, J. Neumann és O. Morgenstern, W. J. Baumol stb. Az elemzések fegyvertárába N. Metropolis és S. Ulam névadó publikációját követően bekerültek a Monte Carlo módszerek* is. A vállalati szintű fejlesztési tevékenység gazdaságosságának értékelésénél azonban csak D. B. Hertz használta először e technikát [2]. Az első módszertani kísérletek sokat ígérőeknek tűntek. Azonban az eljárás problémáit tárgyaló legújabb munkák, pl. L. Kryzanowski, P. Lusztig és B. Schwab [3] publikációja is hangsúlyozzák a további kutatások fontosságát egyes elvi és alkalmazás-technikai kérdések terén.

Cikkünkben — egy kísérleti számítás tapasztalataira építve — arra keressük választ, hogy miként használható a Monte Carlo technika a bizonytalanság és a kockázatok értékelésére iparvállalataink esetében. Kísérletünk elvi és módszertani tapasztalatait, valamint a felmerült problémákat egy esettanulmány ismertetése során fejtjük ki.

Az ismertetésre kerülő esettanulmány egy ipari nagyvállalat termékszerkezet-fejlesztési problémáit elemzi, a témakör egyik döntési feladata számára ad ajánlásokat. A szóban forgó döntést az tette szükségessé, hogy a vállalat egyik cikkszoportja iránt rohamosan nőtt a belföldi kereslet, s az igények további növekedésére lehetett számítani. A vállalat — a termékek egyetlen hazai előállítója — feladatának tekintette a fogyasztói igények kielégítését. A vezetők három utat láttak a belföldi kereslet kielégítésére:

a) Tekintettel arra, hogy a termék előállítása csak tömeggyártás esetén gazdaságos, szóba jöhetett a teljes időszak szükségleteinek import útján történő fedezése. Bár a cikkszoportban jelentős volumenű választékcseré-forgalmunk van a szocialista országokkal is, a többlet-igények kielégítésére elsősorban \$ viszonylatból számíthatunk.

b) Lehetségesnek látszott a termék és a gyártási technológia azonnali fejlesztése licencvásárlással, a szükséges beruházások 1973—75-ben történő kivitelezésével. Mivel a célszerű minimális termelési volumen magas és a termelés 1975-ben lényegesen meghaladná a belföldi szükségleteket, ezért az alternatíva fontos sajátossága, hogy realizálása esetén jelentős exporttal kell számolni. Ez az export azonban a belföldi kereslet növekedése miatt évről évre csökkenhetne, s 1980-ra meg is szűnhetne.

c) Alternatív döntési variánsnak tűnt a fejlesztés elhalasztása, s a beruházás 1980-ra történő befejezése. Ebben az esetben a növekvő belföldi kereslet kielégítéséhez 1975—1980 között importtal kell számolni.

A vázolt döntési probléma helyes megoldása a vállalat számára alapvető jelentőségű, s népgazdasági szinten is fontosnak tekinthető. Erre mutat például az, hogy a beruházások tervezett költsége jelentősen meghaladta a 3 milliárd forintot; továbbá, hogy a fejlesztés elhagyása esetén az import rohamosan növekszik és 1985-re már 100 millió dollár nagyságrendű éves importigény várható.

A fenti összegek nagysága miatt természetes, hogy a döntéshozók — a vállalat vezetői és a felsőbb szervek — jelentős erőfeszítéseket tettek a fejlesztés

* A cikk szinonimákként használja a „Monte Carlo módszer” és a „szimuláció” kifejezéseket.

gazdasági hatásainak prognosztizálására. Nagyszámú adatot gyűjtöttek össze az alkalmazható technológiákról és várható költségeikről, a beruházások méreteiről. Számos prognózist dolgoztak ki és értékelték a várható igényekről, az árak alakulásáról, a devizaszorozókról stb. Az alternatívák gazdaságosságának egybevetése mégsem volt megnyugtató, mivel a kalkulációkat kidolgozó szakértők véleménye arra utalt, hogy a számítások eredményeiben jelentős bizonytalanság rejlik.

Esettanulmányunk közvetlen cékitűzése a vázolt döntési probléma olyan elemzése volt, mely az ismertetett alternatívákkal kapcsolatos bizonytalanság és kockázatok számszerű értékelését is tartalmazza, ezek figyelembevételével ad döntési ajánlásokat.

Célunkat kétféle megközelítés révén kíséreltük meg elérni.

Az egyik típusú megközelítés segítségével azt a bizonytalanságot jellemeztük, melyet azon két ok eredményez, hogy a jövő nem pontosan előrelátható és hogy az információk pontatlanok. A jellemzésnél feltételeztük, hogy a vállalati szakemberek pontosabb információkat adnak a gazdaságossági számítások kiinduló adataiban rejlő bizonytalanságról, mint az ezen adatokból kiszámítható szintetikus mutatószámok bizonytalanságáról. Ezért e megközelítésnél az alapadatok jellemzőiből indultunk ki. A vizsgálatok során a szakemberektől „hármás becslést” kértünk minden alapadatra vonatkozóan; azt kértük, hogy ezen adatok esetében adják meg a minimális, legvalószínűbb és maximális adatértékeket. Az összegyűjtött adatok értékelését szimulációs algoritmusunk feladatává tettük, tehát eljárásunktól vártuk, hogy az adathármasok felhasználásával kimutassa: az alapadatok bizonytalansága hogyan hat a szintetikus mutatókra (pontosabban, hogy a véletlen adat-értékek valószínűség-eloszlásait megállapítsa és ezen „valószínűségi változók” bizonyos függvényeinek valószínűség-eloszlását megadja).

Másik megközelítési típusunk azt a bizonytalanságot kísérli meg jellemezni, amelyet a gazdaságosságszámítás eredményeiben a számítási sémák esetleges torzításai hoztak létre. Ezen — „szisztematikus” — hibalehetőségek vizsgálatát az indokolta, hogy a felülvizsgált alternatívák gazdaságossága több eltérő módszerrel is értékelhetőnek látszott. A szóban forgó fejlesztés jelentős beruházással járt, így a döntésnél irányadó lehetett a beruházás-gazdaságossági számítás. Úgy tűnt azonban, hogy számolnunk kell az elérhető fedezeti nyereség összegével is; az elemzett fejlesztés révén jelentősen változik ugyanis a vállalat termékszerkezete és a szerkezeti változások célszerűségének elemzésére egyes szerzők e mutatót ajánlják. További kalkulációs elvek is szóba jöhetnek (pl. az alternatívák devizaigényeinek vizsgálata stb.). A vázolt módszerbeli eltérések pedig bizonytalan helyzetet eredményeztek, mert a különböző számítások különböző ajánlásokra vezettek és nem volt egyértelmű, hogy melyik számítási mód határozza meg a jövőben valóban előnyösnek bizonyuló alternatívát.

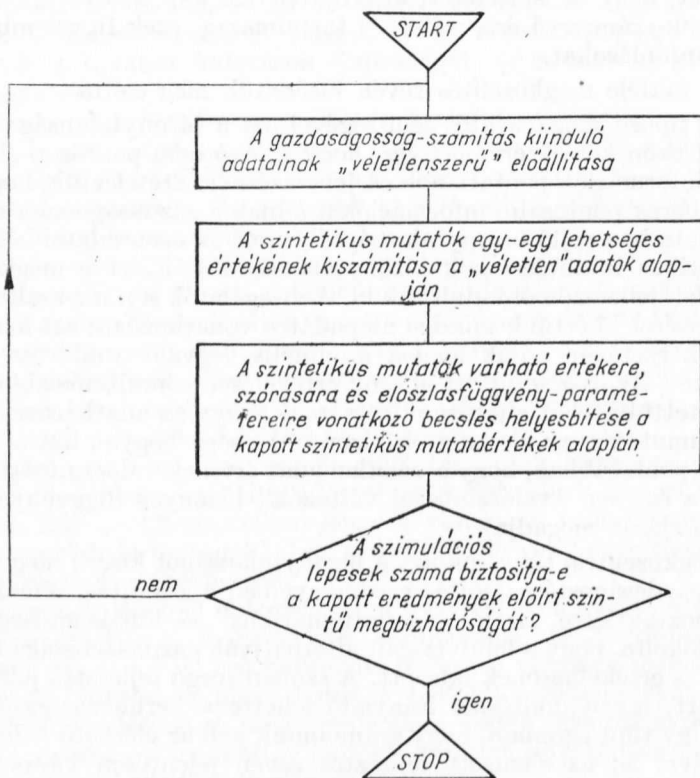
A most tárgyalt szisztematikus hibák elemzésére kialakított — második — megközelítésünk lényegében azt írta elő, hogy valamennyi számítást többféle képlet alapján is elvégezzünk. S ezúttal azt tekintettük szimulációs modellünk feladatának, hogy kimutassa: a különböző mutatószám-képzési elvek hogyan hatnak a számítások eredményeire.

Monte Carlo modellünkben a feladatmegoldás fenti kétféle megközelítését együttesen alkalmazzuk. A következőkben e modellt ismertetjük.

A szimulációs eljárás

Monte Carlo modellünk kidolgozásakor arra törekedtünk, hogy a vállalati szakemberek nehézségek nélkül interpretálhassák mind számításainkat, mind ezek eredményeit. Ezért szimulációs számításaink alapelve viszonylag egyszerű. A legfontosabb három műveletsoportot és kapcsolataikat az alábbi ábra szemlélteti:

1. sz. ábra



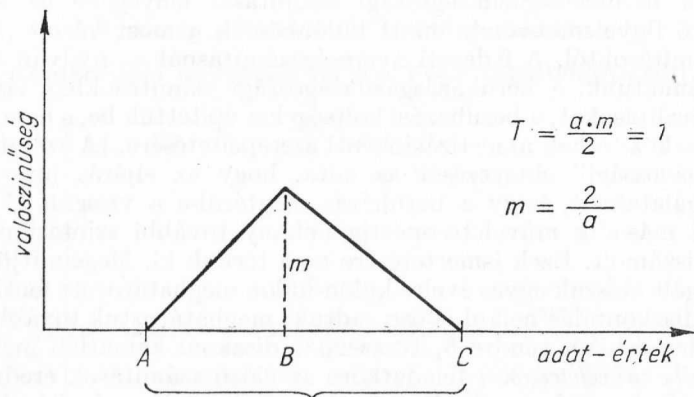
Modellünk — mint ezt az 1. ábra mutatja — iterációs eljárást foglal magában. Az algoritmusok egy-egy véletlenszerűen előállított kiinduló adathalmaz felhasználásával egymás után többször végrehajtják a szintetikus mutatók képzéséhez szükséges számítási műveleteket, s az iterációs lépések eredményei alapján számszerű jellemzést adnak a gazdasági mutatószámok lehetséges „ingadozásairól”.

Az első műveletsoport a gazdaságossági számítás kiinduló adatait képezi, mintegy 300 adatot — II évre évenként kb. 30 mutatót — határoz meg véletlenszerűen (ezen „valószínűségi változók” egy-egy véletlen realizációját adja meg). A számításokhoz kiindulásként az adatértékek valószínűségeloszlása szükséges, erről azonban a vállalati szakemberek nem tudtak a már említett „három becslésen” túlmenő információkat adni. Ezért feltételeztük, hogy

a vonatkozó sűrűségfüggvények lineárisak és a 2. ábrán bemutatott „háromszög alakúak”. (Az ábrán A jelöli a minimális, B a legvalószínűbb és C a maximális adatértéket.)

Megjegyezzük, hogy egyes szerzők a fenti adathármashoz a béta eloszlás illesztését ajánlják. A [3] publikáció viszont az eloszlásfüggvény linearitását feltételező modellt mutat be. Eljárásunk az esetek többségében könnyebb számítási eljárást tesz lehetővé, mint ezek a megoldások.

2. sz. ábra



„Háromszög alakú” sűrűségfüggvényeink segítségével modellünk első műveletcsoportja olyan véletlen számokat állít elő, melyek a hármas becslésekkel „meghatározott” eloszlásokból származtak. E feladatot algoritmusunk a Monte Carlo technika egyik szokásos eljárása szerint teljesítette; tehát egyenletes eloszlásból származó véletlen számokat generált, majd x -re megoldotta az alábbi integrálegyenletet:

$$V = \int_{-\infty}^x f(y) dy$$

ahol V egyenletes eloszlásból származó véletlen szám

$f(y)$ a vizsgált adatérték valószínűségeloszlásának sűrűségfüggvénye, adott esetben a 2. ábrán feltüntetett háromszögoldalak egyenlete.

A vázolt módon meghatározott mintegy 300 „véletlen” kiinduló adat alapján algoritmusunk második műveletcsoportja szintetikus gazdaságossági mutatószámokat számított az 1975—1985 közötti időszakra. E mutatók közt fontosnak tekintettük

— az egyes alternatívák megvalósítása esetén 1975—1985 között elérhető fedezeti nyereség összegét,

— a szokásos beruházás-gazdaságossági számítások elvei alapján összeállított mutatót és

— e mutatók diszkontált értékeit.

A számítások során elsőként az alternatívák fedezeti nyereségtartalmát határoztuk meg a vizsgálati időszak egyes éveire a „véletlen” belföldi egységárak és a közvetlen termelési költség fajlagosok alapján. Ezen értéket a meg-

termelt mennyiséggel szorozva hagyományos fedezeti nyereség-hozam mutatók idősorát kaptuk. Majd korrigáltuk a hagyományos mutatókat. Egyrészt szükség szerint helyesbítettük értéküket a belföldi egységártól eltérő export-, illetve importegységáraknak megfelelően; e műveletnél speciális devizaszorókat használtunk és figyelembe vettünk bizonyos többlet exportköltségeket is. Másrészt a kiszámolt nyereség-mutatók értékéből egy összegben levontuk a termelés fix költségeit (ezen, a hagyományos „fedezeti” elvtől lényegesen eltérő lépéssel biztosítottuk a számított nyereség-összegnek az egyéb mutatókkal való összehasonlíthatóságát).

Modellünk beruhásgazdaságossági számításai lényegébe az állóeszköz-terhek eltérő figyelembevétele miatt különböztek a most vázolt „fedezeti”^{*} nyereségszámításoktól. A fedezeti nyereségszámításnál — nyilván — amortizációval számoltunk. A beruhásgazdaságossági számításokban viszont mint egyszeri ráfordításokat, a beruházási költségeket építettük be, s nem volt szükség az állóeszköz-terhek amortizációkénti szerepeltetésére. (A számítás „beruhásgazdaságossági” elnevezését az adta, hogy az eljárás interpretálható annak vizsgálataként, hogy a beruházás megtérül-e a vizsgált 11 év alatt.)

A modell második műveletcsoportja néhány további szintetikus mutatószámot is kiszámolt. Ezek ismertetésére nem térünk ki. Megemlítjük viszont, hogy a vizsgált időszak egyes éveire külön-külön meghatározott fenti nyereségösszegeket diszkontálás nélkül is összeadtuk; meghatároztuk továbbá a 11 évi nyereség jelen értékét rendre 5, 10 és 20% diszkont-kamatláb mellett.

A harmadik műveletcsoport feladatköre az előző számítások eredményeinek rögzítése (nyilvántartása) volt. Ennek során az iterációs számítások többszöri megismétlésével kapott szintetikus mutatószám-sorozatokból a mutatóértékek tapasztalati eloszlásfüggvényének paramétereit becsültük meg. A hagyományos képleteket felhasználó eljárásokat nem részletezzük. Utalunk viszont arra, hogy — Ju. A. Srejgyer és szerzőtársai ajánlásai értelmében [5] — a számítások pontosságának ellenőrzésekor a tapasztalati eloszlásfüggvény-paraméterek megbízhatóságát vizsgáltuk meg.

Eredményeink

Szimulációs eljárásunk a vizsgált termékszerkezet-fejlesztési alternatívák révén elérhető nyereségértékről és ezek elérésének valószínűségéről adott információkat; az említett gazdaságossági mutatók (az így értelmezett valószínűségi változók) tapasztalati sűrűségfüggvényeinek jellemzőit becsülte meg. A becsülés alapja a szimulációs kísérletekkel kapott „véletlen” nyereségértékek gyakorisági eloszlása, melynek paraméterei nagyszámú kísérlet esetén a keresett valószínűségek közelítésének tekinthetők [5]. Ilyen módon például az 1975—1985 között elérhető „fedezeti” nyereség bruttó összegével kapcsolatosan a 3. ábrán szemléltetett eredményeket kaptuk.

A 3. ábra tartalmi elemzése során elsőként arra kell rámutatnunk, hogy a „fedezeti” nyereségszámítás az alternatívák igen határozott minősítését adta. Az adatok szerint ugyanis az azonnali fejlesztés a legkedvezőbb alter-

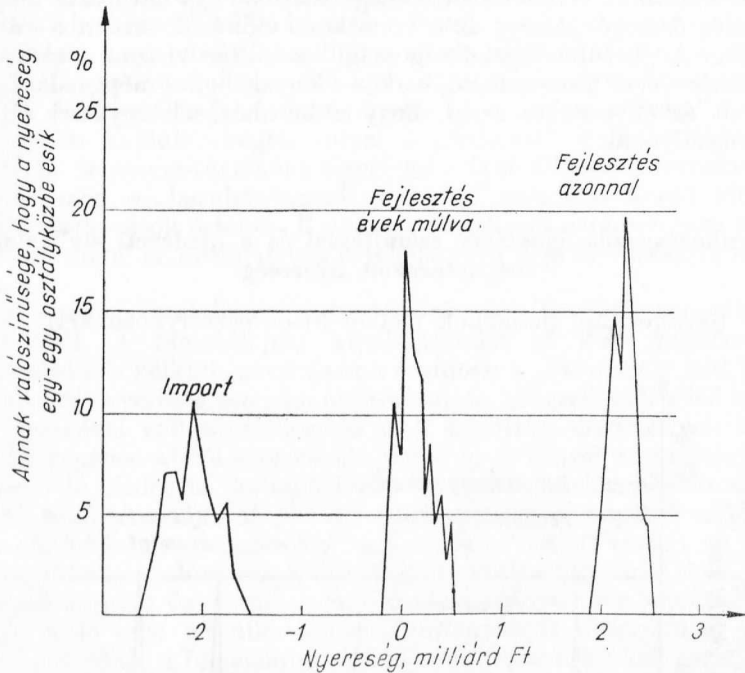
^{*} A továbbiakban a „fedezeti nyereség” és a „beruhásgazdaságossági számítások” szavakat idézőjelbe tesszük, ha hangsúlyozni kívánjuk, hogy a vázolt módon korrigált értékekről van szó.

natíva, melynek realizálása jelentős nyereséggel kecsegtet. A fejlesztés elhagyásával a várható nyereség szerény összeggé törpül, az import alternatívája pedig nagy veszteséggel járna. Fel kell hívnunk továbbá a figyelmet arra, hogy a számítás szerint a várható nyereség (veszteség) összege mindhárom alternatívánál igen bizonytalan. A nyereségtértek lehetséges ingadozása valamennyi alternatíva esetén nagyobb félmilliárd forintnál. Ez az összeg csaknem egy-negyede az azonnali fejlesztéssel elérhető nyereségnek.

3. sz. ábra

Nyereség „fedezeti elv” szerint számítva

(Gyakorisági poligonok 60 000 Ft-os osztályközökkel)



Lehet, hogy a 3. ábra nem győzi meg az Olvasót a szimuláció hatékonyságáról. Az ábrán bemutatott, jelentős gazdasági különbségeket tükröző poligonok alapján úgy tűnhet, hogy egy jó közgazdász „józan ész” segítségével is megbecsülheti az alternatívák gazdasági sajátosságait. Természetesen e felvetés vitatható. Ezúttal azt hangsúlyozzuk, hogy a „fedezeti” nyereségműtatókból levont fenti következtetéseket a további szintetikus műtatószámokkal kapcsolatos szimulációs eredmények jelentősen módosítják. Úgy véljük, hogy az ismertetésre kerülő — vagy ehhez hasonló — több oldalú értékelések hagyományos módszerekkel nem végezhetőek el kielégítő pontossággal. Kiemeljük a „fedezeti” nyereségre és a „beruházás-gazdaságossági” elvekre alapozott kalkulációk különbözőségét. Az eredményeket a 4. ábrán hasonlítjuk össze.

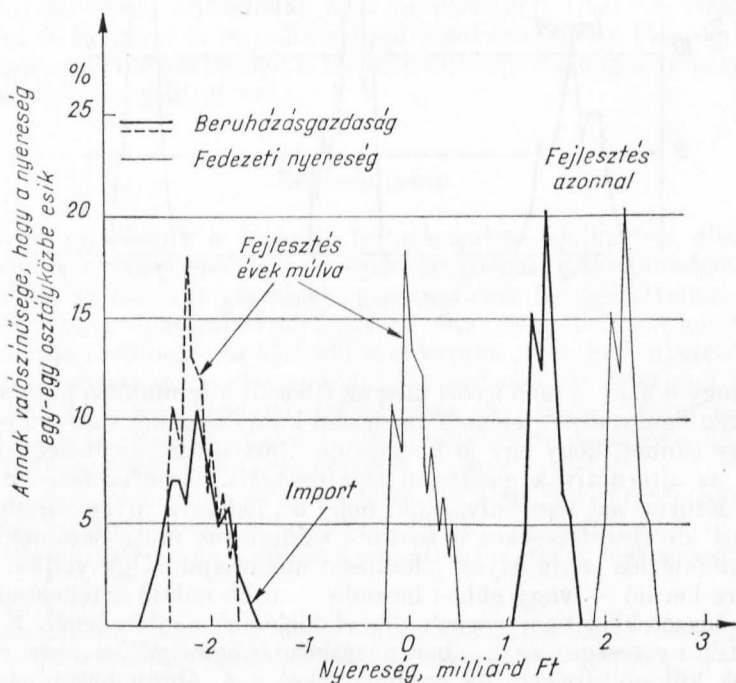
A 4. ábra valóban igen jelentős eltéréseket mutat ki a különböző gazdasági számítások eredményeiben. Az azonnali fejlesztéstől várható nyereség a „beruházásgazdaságossági” számítás szerint alig több a „fedezeti” elv alapján meghatározott nyereség felénél, a különbség csaknem 1 milliárd forint. Ennél is nagyobb eltérés adódik az elhalasztott fejlesztés gazdaságosságánál, ahol módosul az alternatívák értékelési sorrendje is. Bár a legkedvezőbb döntés a „beruházásgazdaságossági” számítás szerint is az azonnali fejlesztés, azonban a fejlesztés elhalasztása ezúttal az import alternatívájánál is kedvezőtlenebbnek tűnik.

Megemlítjük, hogy véleményünk szerint a 4. ábrán bemutatott különbségek jelentős részben a vizsgált fejlesztési alternatívák vállalati és népgazdasági értékelésének különbözőségét tükrözik. „Fedezeti” nyereségszámításunk ugyanis — az amortizáció figyelembevételével — a vállalat pénzügyi-számviteli elszámolásainak elveit követte, megközelítően úgy határozta meg a várható nyereség összegét, ahogy ez a vonatkozó előírások szerint a vállalatnál képződni fog. A „beruházásgazdaságossági” számítás viszont a szóban forgó nagyberuházás végső finanszírozójának — lényegében a népgazdaságnak — szempontjait érvényesítette azzal, hogy a beruházások egyszeri ráfordítás-jellegét hangsúlyozta.

4. sz. ábra

A „beruházásgazdaságossági” számítással és a „fedezeti elv” alapján meghatározott nyereség

(Gyakorisági poligonok 60 000 Ft-os osztályközökkel)



Vizsgálataink folytatásához diszkontálást is tartalmazó számításokat használtunk. (A diszkontálás — az $\frac{1}{(1+i)^t}$; $t = 0, 1 \dots 10$ szorzótényezők —

elhagyása ugyanis annak a teljesen irreális feltételezésnek elfogadását jelentette volna, hogy „ i ”, a kamatláb zérus.) Kapott eredményeink sajátosságait az 5. ábrán az egyik alternatíva „beruházásgazdaságossági” típusú nyereségmutatójának alakulásával szemléltetjük. Az ábra alapján két általános megállapítást tehetünk:*

— a diszkontálás a beruházások gazdaságossági mutatóit „rontja”. (Ennek az az oka, hogy a diszkontálás az azonnali ráfordítások értékét alig változtatja meg, a beruházástól várható bevételek összegét viszont — a realizálás idejéig eltérő idő hosszával arányosan növekvő mértékben — csökkenti.)

— a diszkontálás során alkalmazott kamatláb növekedésekor csökken a számítási eredmények bizonytalansága. (Ez annak a következménye, hogy a kalkulációkban kisebb súlyt kapnak a távoli jövő igen bizonytalan adatai.)

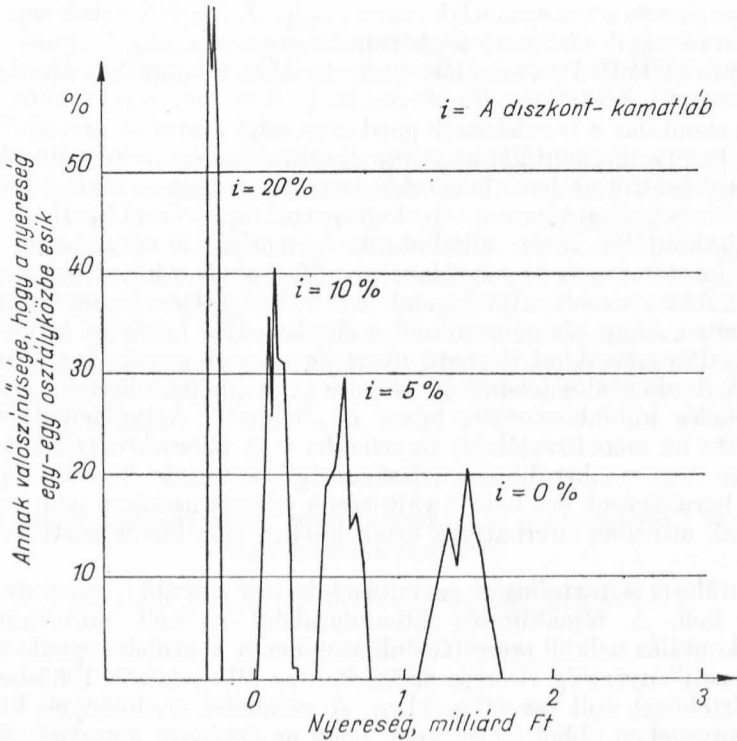
Természetes, hogy vizsgálatunknál a diszkontálás hatására is módosultak a vizsgált alternatívákkal elérhető nyereségösszegek egymáshoz viszonyított arányai. A diszkontálás jelentősen növelte pl. a „népgazdasági” és a „vállalati” értékelés különbözőségét, mivel a „fedezeti” kalkulációkban tovább csökkentette az amortizációként figyelembe vett állóeszközterheket, de nem változtatta meg a „beruházásgazdaságossági” számítás kezdő időpontjánál elszámolt beruházások értékét. E változások jellegét azonban nem szemléltetjük ábrával, mivel az alternatívák értékelésében nem következett be rangsorváltozás.

Diszkontálást is tartalmazó számításaink egy további tapasztalatára is utalnunk kell. A témakifejtés kiindulásaként rá kell mutatnunk arra, hogy diszkontálás nélküli számításaink esetében a „beruházásgazdaságossági” és a „fedezeti” nyereség eltérése elsősorban az állóeszközök 1985-ben még le nem írt értékével volt összefüggésben. A számítási eredmények különbsége ugyanis lényegében abból származott, hogy az érvényes amortizációs kulcsokat felhasználó „fedezeti” kalkulációk az új épületekkel kapcsolatos ráfordításokat csak részben számolták el 1975—1985 között, az egyszeri ráfordításokat értékelő „beruházásgazdaságossági” számítások viszont ezeket az összegeket teljes egészükben tartalmazták.** S fel kell hívnunk a figyelmet arra, hogy megállapításunk alapján úgy tűnik: számítási eredményeinket jelentősen befolyásolta egy, a le nem írt állóeszközérték nagyságát determináló szubjektív tényező; konkrétan: a figyelembe vett időszak hossza. Ki kell emelnünk azonban, hogy a diszkontálás alkalmazásával jelentősen — és a számításban figyelembe vett időtartam hosszával arányos mértékben — csökken az ezen időtartam megválasztásával a számítási eredményekre gyakorolt hatás (hiszen csökken a le nem írt állóeszközérték jelentősége). Ez ugyanis arra enged követ-

* Megállapításaink természetesen összhangban vannak a diszkontálási módszer ismert sajátosságaival. Éppen e sajátosságokon alapul pl. a beruházás gazdaságosságát értékelő „belső kamatlábás” módszer, valamint a kalkuláció bizonytalanságát „figyelembe vevő” ún. „kockázati diszkont” módszer.

** Az 1985-ig, tehát az általunk vizsgált időszak végéig nem amortizálódott beruházási értéket azért nem vontuk le a „beruházásgazdaságossági” számítások állóeszköz-költségeiből, mert úgy éreztük, hogy ezzel éppen azokat a különbségeket csökkentenénk, amelyeket vizsgálni kívánunk. Ezúttal is az összehasonlíthatóság szempontjai vezettek tehát ahhoz, hogy eltérünk a hagyományos (előírt) beruházásgazdaságossági metodikától.

Az azonnali fejlesztés diszkontált nyereségértékei
(Gyakorisági poligonok 60 000 Ft-os osztályközökkel)



keztetni, hogy a számítási időtartam — az úgynevezett „időhorizont” — megfelelő megválasztásával a diszkontálást tartalmazó számításokban hibahatáron belülivé tehető a le nem írt állóeszközérték hatása, kiküszöbölhető az eredményeket torzító szubjektivitás.

Esettanulmányunk ezidáig részletezett elemzéseit összefoglalva azt állapítjuk meg, hogy az elmondottak alapján — és feltételezve a felhasznált információs bázis realitását* — az azonnali fejlesztés alternatíváját kell a legjobbnak értékelnünk a vázolt döntési problémakörben. Hangsúlyoznunk kell továbbá, hogy vizsgálataink az alternatívától várható nyereség összegét meglehetősen nagy bizonytalansággal becsülhették csak meg. Rá kell mutatnunk arra, hogy a fejlesztés „vállalati” és „népgazdasági” szintű gazdaságossági jellemzői jelentősen eltérnek számszerű nagyságuk tekintetében. S utalunk kell arra is, hogy a bemutatott számítási eredményeket jelentősen torzította a következőkben részletezett módszertani probléma.

* Kísérleti számításaink kiinduló adatait torzította például az aggregáció és a „három becsléseket” adó szakemberek szubjektivitása. (Az utóbbi torzítás az ún. Delphi-módszerrel csökkenthető.)

Összefüggés a felhasznált véletlenszám-sorozatok tagjai között

További elemzéseink során arra törekedtünk, hogy feltárjuk: milyen torzításokat okoznak eredményeinkben a „véletlen” számítási kiindulóadatok képzéséhez felhasznált véletlenszám-sorozatok tulajdonságai, a véletlen számok közti sztochasztikus összefüggések vagy ezek hiánya. Nyilvánvaló ugyanis, hogy pl. a hosszabb távú idősorprognózisokban számolni kell az adatok időben összefüggő voltával (az idő-sorok „autokorrelációjával”). Ismert sztochasztikus összefüggés van a termékek ára és a termék kereslete között, gyakran korrelálnak bizonyos gyártási költségfajlagosok stb. Ezen összefüggések modellezési gyakorlata azonban a Monte Carlo módszerek esetében kialakulatlan, a témakörre vonatkozóan alig vannak módszertani tapasztalatok.

A gyakorlatban alkalmazott szimulációs eljárások többnyire független valószínűségi változókat alkalmaznak. Azaz: bizonyos értékekről feltételezik, hogy valamely adott időszakban a vizsgált „véletlen” mutatószámok konkrét értékei lesznek, majd az időbeli és egyéb összefüggések figyelmen kívül hagyásával „független” prognózisokat adnak a következő időszakokra vonatkozóan is. Csak kezdeti kísérletek ismeretesek a véletlen adatok közt összefüggéseket teremtő számítások terén. Egyes szerzők ezen összefüggések modellezésénél determinisztikus függvényeket használtak fel [3]. Más publikációk viszont a sztochasztikus folyamatok elméletéből ismert úgynevezett átmenet-valószínűségi mátrix felhasználását javasolták.

A kérdéskör vizsgálatára készített algoritmusunkat nem a szakirodalom fenti eljárásait követve állítottuk össze. Úgy tűnt ugyanis, hogy esetünkben a szóban forgó összefüggések jellegére reálisnak látszó munkahipotézist fogadhatunk el, ha a számítások során a Bayes-tételt alkalmazzuk. A modellezni kívánt összefüggés ugyanis sztochasztikus volt, így determinisztikus összefüggések nem látszottak megfelelőnek a leíráshoz. S esetünkben az átmenet-valószínűségek mátrixa is nehezen volt értelmezhető, hiszen folytonos eloszlásokkal dolgoztunk, ahol az adatok közti összefüggések az időben nem voltak állandóaknak tekinthetők. A feltételes valószínűségekkel való számolás viszont megfelelt a probléma természetének.

Számításaink során — kísérletként — a véletlen kiinduló adatok időbeli összefüggéseinek reprezentálását kívántuk biztosítani. Célunk érdekében módosítottuk szimulációs eljárásunk első műveletcsoportját (az algoritmus további lépéseit változatlan formában hajtottuk végre). A változás a gazdaságosság-számítási kiinduló adatok véletlen értékeit előállító transzformációs integrálegenletet érintette. Módosításunk során a kiinduló adatok $t + 1$ -edik évi értékének valószínűségeloszlását a t -edik évi adatértéktől függő feltételes eloszlásként értelmeztük; transzformációs integrálegenletünk általános formája tehát az alábbi volt:

$$\int_{-\infty}^x h(y|\eta = u^*) dy = V$$

- ahol η a szóban forgó adat t -edik évi értékének valószínűségi változója,
 u^* a t -edik évi adat-érték (az η valószínűségi változó egy véletlen realizációja),
 y a $t + 1$ -edik évi adat-érték valószínűségi változója,
 h a feltételes sűrűségfüggvény.

Algoritmusunk a most felírt integrálegyenlet megoldásához használta fel a Bayes-tételt. E tétel értelmében ugyanis

$$\int_{-\infty}^x h(y/\eta = u^*) dy = \int_{-\infty}^x \frac{g(\eta = u^*/\xi = y) \cdot f(y)}{\int_{-\infty}^{\infty} g(\eta = u^*/\xi = t) \cdot f(t) dt} dy$$

ahol f az ún. „a priori” valószínűségek eloszlásának sűrűségfüggvénye (modelünkben a $t + 1$ -edik évi adat-értékek „háromszög alakú” sűrűségfüggvénye),

g a $P(\eta = u^*/y = k)$ $k \in [A, C]$ valószínűségek eloszlásának sűrűségfüggvénye, melyről azt feltételeztük, hogy az u^* értéknél van a maximuma és szintén „háromszög alakú” függvény.

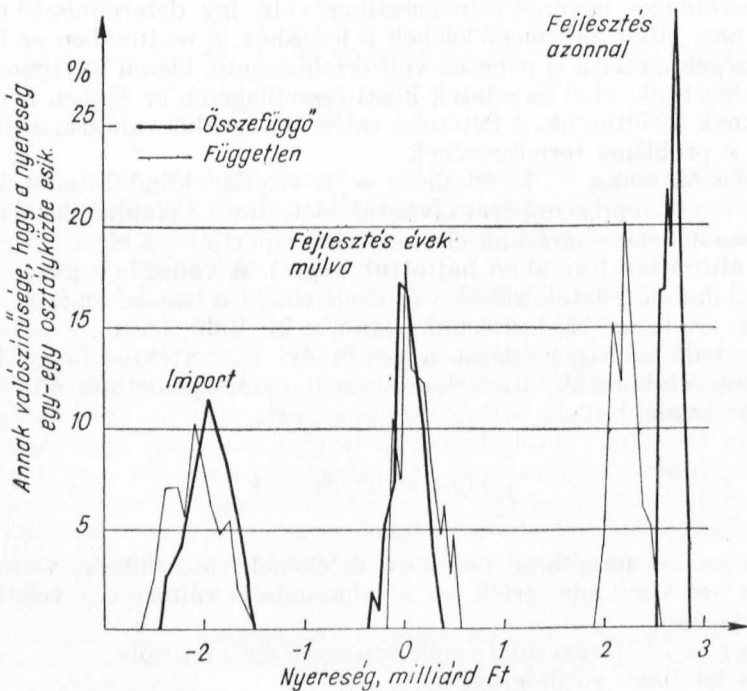
Integrálegyenletünk megoldása során jól hasznosíthatónak bizonyult a sűrűségfüggvények lineritására vonatkozó feltételezésünk. A sűrűségfüggvények szorzatát — a „háromszög”-csúcsok miatt szakaszonként — integrálva ugyanis harmadfokú függvényt kaptunk, transzformációs egyenletünk megoldása tehát egy harmadfokú egyenlet megoldását jelentette.

Számítási eredményeinket a 6. ábrán foglaljuk össze.

6. sz. ábr.

„Fedezeti” nyereség összefüggő- és független valószínűségi változók esetén

(Gyakorisági poligonok 60 000 Ft-os osztályközökkel)



Az ábra alapján úgy tűnik, hogy alternatíváink esetében nem okoznak alapvető változásokat a szintetikus gazdaságossági mutatók értékében a véletlen kiinduló adatok közti időbeli összefüggések.*

Befejező megjegyzések

Iparvállalataink többsége alig foglalkozik a bizonytalanság, a kockázat kérdéseivel. A döntéselőkészítésben gyakran ismeretlenek a témakör főbb megfontolásai, elvei és szempontjai is. Bemutatott gazdaságosság-számítási kísérletünk során például — elsősorban a módszertani kutatás indítékai alapján — meg kívántuk vizsgálni a fejlesztési alternatívák közti választás elhalasztásának gazdasági hatásait is. Célkitűzésünk az adott esetben reálisnak tűnt, mivel a szóban forgó fejlesztéssel kapcsolatosan két év múlva már kisebb volumenű gyártás megindulása volt várható, s feltehető volt, hogy a gyártás révén kapott információk jelentősen csökkenthetik az adatok bizonytalanságából fakadó döntési problémákat. Az illetékes szakemberek azonban (őszinte segítőkészségük ellenére) nem tudtak határozott véleményt kialakítani a pótlólagos információk várható hatásairól, nem tudták a számításokhoz szükséges információkat megadni. Ez okból vonatkozó terveinket el kellett vetnünk. Számos vállalatnál ennél egyszerűbb problémák megoldása is nehézségeket okoz és nem ritkán a kockázatelemzés igénye sem jelentkezik [1].

Az elmondottak miatt megemlítjük, hogy a bemutatott szimulációs számítás számítógépi időigénye kicsi, egy iteráció (az összes szintetikus mutató egy-egy realizációjának meghatározása) 4—5 másodperc az Akadémia CDC 3300-as számítógépén. A modellépítés, a gépi program elkészítése, az elemzés egy fő mintegy két havi munkája. Így aligha vonható kétségbe, hogy sok milliós, olykor milliárdos fejlesztési tervek kidolgozásánál a hasonló — hasonló célú — számítások felhasználása indokolt lenne.

(Beérkezett: 1973. december 5.)

IRODALOM

1. BOTOS B.: A bizonytalanság figyelembevétel az iparvállalatok beruházási döntéseiben. Ipargazdasági Szemle, 1972. 3. sz.
2. HERTZ, D. B.: Risk Analysis in Capital Investments. Harward Business Review, Jan—Febr. 1964. pp 95—106.
3. KRZANOWSKI, L.—LUSZTIG, P.—SCHWAB, B.: Monte Carlo Simulation and Capital Expenditure Decisions — A Case Study. The Engineering Economist, Vol. 18. No. 1. (1972)
4. PAPANEK G.: Utilisation of the Monte Carlo Simulation in the Long-Range Planning of Industrial Enterprises. Tanulmány az Ökonometriai Társaság 1972. évi Európai Konferenciájára (Bp. 1972. szept.)
5. JU. A. SREJGYER (Szerk.): Monte Carlo módszerek. Budapest, 1965. Műszaki Könyvkiadó.

* Fenti megállapításunk — természetesen — a konkrét esetre vonatkozik és nem teszi feleslegessé a hasonló vizsgálatokat.

ESTIMATION OF UNCERTAINTY AND RISK IN DEVELOPMENT PLANNING

The article deals with the problems of uncertainty of economic plans and prognoses. The theme is set forth in a case study. A simulation calculation by the Monte Carlo method serves the analyses.

The decision under consideration emerged in a large industrial enterprise and is connected with the introduction of a new product. The estimates of the rentability of extending the product mix in question were uncertain. This was caused by the facts that future events cannot be seen well beforehand, the calculation schemes, applied for forecasting, operated with errors and available informations were inaccurate.

The authors have made an attempt to obtain information on the uncertainty of economic indices by simulation. They supposed that the probability distribution of data of calculations (i.e. random variables) can be given by „triangular” density functions. The algorithm produced numbers derived from these probability distributions; then the authors calculated synthetic economic indices from the „accidental” values for the period 1975—1985. With several repetitions of the calculation they could estimate the parameters of empirical distribution function of economic indices.

The results of the simulation showed that the rentability of the examined decision alternatives can be forecasted with major uncertainty only. Especially large deviations can come about among different calculation procedures. Therefore, in the authors' view, simulation can give essential information to economic leaders.

ОЦЕНКА НЕТОЧНОСТИ И РИСКА ПРИ ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ

Эта статья занимается проблемами неточности экономических планов и прогнозов. Авторы развертывают тему путем изложения очерка-события. В анализах помогает симуляционный расчет «Монте-Карло».

Необходимость решения, являющегося предметом изучения, возникла у одного крупного промышленного предприятия и связана с внедрением нового продукта. Неточность предварительных расчетов, связанная с рентабельностью вышеупомянутого расширения структуры продуктов, показали искажения расчетных схем, примененных в целях прогноза, неточности наличных информации и то, что будущие события не предвидимы. Авторы пытались получить информации о неточности показателей рентабельности путем симуляционного расчета. Они предполагали, что распределение вероятности исходных элементов расчета рентабельности (этих переменных вероятностей) задаваемое «треугольнообразной» функцией плотности вероятности. Алгоритм показал такие величины, которые произошли из этих распределений вероятности, потом он вычислял из этих «случайных» величин синтетические показатели рентабельности для периода 1975—95 годов. После многократного повторения расчетов можно было оценить параметры функции распределения опытов показателя рентабельности.

Результаты симуляционных расчетов показывали, что рентабельность исследованных альтернатив решения можно прогностизировать только со значительной неточностью. Особенно значительные различия получаются среди рекомендаций разных методов расчетов рентабельности. Поэтому показалось, что симуляционные расчеты могут дать важные информации экономическому управлению.