

DOBOS Imre – GELEI Andrea

BIZTONSÁGI KÉSZLETEK MEGÁLLAPÍTÁSA ELŐREJELZÉS ALAPJÁN

ESETTANULMÁNY EGY GYÓGYSZER-KERESKEDELMI VÁLLALAT GYAKORLATÁBÓL

A vállalati készletgazdálkodás és a kereslet-előrejelzés két olyan egymással összefüggő gazdálkodási terület, mely közvetlenül és jelentős mértékben képes befolyásolni a működés hatékonyságát és gazdaságosságát. A szerzők cikkükben elméleti jelleggel, de egy konkrét gyógyszeripari vállalat esettanulmányán keresztül a gyakorlatban is bemutatják e két terület összefüggésrendszerét, egymásra hatását. Ennek során kiemelik a kereslet sporadicitásának problémáját. A kereslet sporadikussága annak időbeni szórtságát jelenti. Az ilyen termékekre a klasszikus előrejelzési módszerek nem adnak jó előrejelzést. Ezért cikkükben röviden bemutatják a sporadikus termékek keresletének előrejelzéséhez ajánlott módszereket. A kereslet sporadicitása a nemzetközi szakirodalomban is viszonylag új témakör, ezzel kapcsolatos magyar nyelvű publikáció pedig tudomásunk szerint eddig még nem született. Ezért különösen fontosnak tartják, hogy a hazai vállalati szakemberek számára magyar nyelven is elérhető legyen ez az ismeretanyag.

Kulcsszavak: készletezés, biztonsági készlet, kereslet-előrejelzés, sporadikus kereslet, statisztikai módszer, esettanulmány

A vállalati készletgazdálkodás és a kereslet-előrejelzés két olyan egymással összefüggő gazdálkodási terület, mely közvetlenül és jelentős mértékben képes befolyásolni a működés hatékonyságát és gazdaságosságát. Cikkünkben elméleti jelleggel, de egy konkrét gyógyszeripari vállalat esettanulmányán keresztül a gyakorlatban is bemutatjuk e két terület összefüggésrendszerét, egymásra hatását. Ennek során kiemeljük a kereslet sporadicitásának problémáját. A kereslet sporadikussága annak időbeni szórtságát jelenti. Az ilyen termékekre a klasszikus előrejelzési módszerek nem adnak jó előrejelzést. Ezért cikkünkben röviden bemutatjuk a sporadikus termékek keresletének előrejelzéséhez ajánlott módszereket. A kereslet sporadicitása a nemzetközi szakirodalomban is viszonylag új témakör, ezzel kapcsolatos magyar nyelvű publikáció pedig tudomásunk szerint eddig még nem született. Ezért különösen fontosnak tartjuk, hogy a hazai vállalati szakem-

berek számára magyar nyelven is elérhető legyen ez az ismeretanyag.¹

Cikkünkben elsőként egy hazai gyógyszeripari nagykereskedelmi vállalat (a továbbiakban legyen Pharma) példáján bemutatjuk a kereslet-előrejelzés és a készletgazdálkodás közötti elméleti kapcsolatot, ismertetjük és értékeljük a vállalat készletgazdálkodásának jelenlegi gyakorlatát, majd javaslatot teszünk annak fejlesztésére. Mint azt látni fogjuk, javaslataink szükségessé teszik a vizsgált vállalat kereslet-előrejelzési gyakorlatának fejlesztését is. Minél megbízhatóbb ugyanis a kereslet előrejelzése, annál alacsonyabb készletbefektetés szükséges ugyan annak a vevőkiszolgálási színvonalnak a biztosításához. Külön problémát jelent, hogy a Pharma termékportfóliójában viszonylag magas a sporadikus kereslettel rendelkező termékek aránya, ezért szükséges azoknak az előrejelzési módszereknek az ismertetése és elemzésünkbe történő bevonása. Ezekkel a módszerek-

kel foglalkozik munkánk második fejezete. A harmadik fejezetben a megismert elméleti módszerek alkalmazására kerül sor. Az itt bemutatott számítások segítségével termékspecifikus módon azonosítani tudjuk a legjobb előrejelzést biztosító módszert, amit aztán a Pharma számára javasolt készletgazdálkodási mechanizmus paramétereinek számítása során alkalmazunk majd. Ezt tartalmazza a negyedik fejezet.

A készletgazdálkodási alapok és kapcsolatok a kereslet-előrejelzéssel – a Pharma esete

Az esettanulmányban szereplő Pharma alapvető célja a megfelelő kiszolgálási színvonalon történő működés fenntartása mellett a készletbefektetés mértékének jelentős csökkentése. Ennek érdekében a vállalat készletgazdálkodási rendszerének felülvizsgálatára és fejlesztésére volt szükség. Mielőtt ismertetnénk a Pharma korábbi készletgazdálkodási rendszerének főbb jellemzőit, elsőként röviden bemutatjuk a vállalati készletezési mechanizmusok típusait. A vállalati gyakorlatban alapvetően két hasznos és relatíve könnyen kezelhető készletezési mechanizmus, illetve ezek kombinációi terjedtek el (Chikán – Nagy, 1976):

- A folytonos felülvizsgálati rendszer, amikor a készletszinteket gyakorlatilag a működés bármely pillanatában meg tudjuk vizsgálni, és az adott pillanat jellemzői alapján szükség esetén döntést tudunk hozni. A döntési változók ebben az esetben a rendelési mennyiség (q) és a jelzőkészletnek (s), vagyis annak a készletszintnek a meghatározása, melynél az előre meghatározott mennyiségre a rendelést feladjuk. Ezt a készletezési mechanizmust nevezzük (s, q) mechanizmusnak.
- Periodikus felülvizsgálati rendszer esetén a készletszintet csak bizonyos előre rögzített időközönként (pl. hetente, havonta) vizsgáljuk meg (t_p), s ennek alapján döntünk a rendelési mennyiség nagyságáról. A feladott rendelési mennyiség ennél a mechanizmusnál időben változik, és a felülvizsgálati periódusban mért aktuális készletállomány nagyságától függ. A rendelési mennyiség ebben az esetben a lehetséges maximális készletszint (S) és a megfigyelés időpontjában mért aktuális készletnagyság (I_a) különbségeként áll elő. Ezt a mechanizmust (t_p, S) készletmechanizmusnak nevezzük.

Az ún. (s, q) készletezési mechanizmus esetén az újrendelési pont (vagy újrendelési szint) politikát szokás választani. Ebben a mechanizmusban s -sel jelöljük azt a készletszintet, ahol új rendelést kell feladni, míg q -val az alkalmazott rendelési mennyiséget.

Biztonsági készlet felhalmozásával az ellen védekezik a vállalat, hogy mind az utánpótlási idő alatt felmerülő, mind a várható keresletet meghaladó vevői igényt képes legyen kielégíteni, azaz ne fordulhasson elő hiány, ki nem elégített kereslet. Számításaink során két paramétert határoztunk meg. Az első az újrendelési szint (s) és a biztonsági készlet (SS , azaz Safety Stock). A biztonsági készlet számításához használt képlet a következő (Vollman et al., 1984):

$$SS = z_{SL} \cdot \sigma_D \cdot \sqrt{LT},$$

ahol z_{SL} az egy adott nagyságú kiszolgálási színvonalhoz tartozó szorzó, σ_D a kereslet napi szórása és \sqrt{LT} az a szorzó, amely a keresletet és az átfutási időt (Lead Time) azonos szintre hozza, amennyiben a kereslet és az utánpótlási idő nem azonos idődimenzióban van megadva. Az adott kiszolgálási színvonalhoz tartozó z_{SL} szorzót a normális eloszlás táblázatából lehet kikeresni.

Fontos megjegyezni, hogy a biztonsági készlet nagysága alapvetően függ a vállalat által elérni kívánt, célul tűzött kiszolgálási színvonal szintjétől. Amennyiben növeljük az elvárt kiszolgálási színvonalat – pl. 95%-ról 98%-ra –, nyilvánvalóan nőni fog az a készletmennyiség, melyet biztonsági célból fel kell halmozni ahhoz, hogy az előre nem várható keresletingadozásokból adódó készlet hiány valószínűségét csökkentjük. Az elvárt kiszolgálási színvonal meghatározása fontos menedzsmentfeladat!

Az újrendelési szint értékét az alábbi képlettel határozhatjuk meg:

$$s = \bar{x} \cdot \bar{LT} + SS.$$

Ebben a képletben az \bar{x} az átlagos napi keresletet jelöli, míg \bar{LT} az átlagos átfutási időt mutatja napban megadva. A biztonsági készletet (SS) a fentiekben már meghatároztuk. Itt ismét hangsúlyozzuk, hogy az átlagos keresletnek és az átfutási időnek azonos idődimenzióban kell lennie, vagyis nap, hét vagy hónap e mutatók mértékegysége!

Amennyiben egy vállalat a (t_p, S) mechanizmust alkalmazza, úgy a maximális készletszint (S) kiszámítása a következőképpen alakul:

$$S = \bar{x} \cdot (T + \bar{LT}) + SS,$$

ahol T a felülvizsgálati periódus hossza, míg a többi paraméter értelmezése megegyezik az előbbiekben leírtakkal.

Az előzőekben két klasszikus és igen elterjedt készletezési mechanizmust emeltünk ki, de a vállalati gyakorlatban vegyes készletezési stratégiákat is alkalmaznak, amelyek e két tiszta rendszer egyes elemeit kombinálják.

VEZETÉSTUDOMÁNY

Az egyik ilyen vegyes rendszer a (t_p, S) mechanizmust kiegészíti azzal a feltétellel, hogy állandó készletfigyelést enged meg, tehát a tervszerű rendelési időpontok rögzítettek, de rendkívüli rendelésre a kereslet, illetve a készlet szint alakulásának függvényében lehetőséget nyújt. Ennek a jelölése (t_p, s, S) .

Amennyiben egy vállalat ezt a mechanizmust választja, úgy – mint azt az előzőekben láttuk – szükség van a σ_D szórás kalkulálására, melyet a kereslet-előrejelzés jóságának megállapításához alkalmazott MAD (várható abszolút eltérés, azaz Mean Absolute Deviation) mutató alapján el lehet végezni. A keresleti adatok eloszlásának ismerete is fontos, de nagy elemszámnál, vagyis nagyszámú eladott termék esetén a normális eloszlást feltehetjük. E feltétel mellett az alapstatisztikákból ismert, hogy $MAD = 0,8 \cdot \sigma_D$, vagyis a kereslet szórását a kiszámított MAD-et 1,25-dal szorozva kaphatjuk meg (Wild, 2002).

A kereslet-előrejelzés nem más, mint egy korrigált statisztikai becslés. E becslés minőségét, jóságát méri tehát az ún. átlagos abszolút eltérés mutatója (MAD), amely jelzi, hogy az előre jelzett és a ténylegesen megfigyelt értékek különbsége mekkora (Chase – Aquilano, 1985):

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |d_i - f_i|}{n},$$

ahol n a megfigyelések száma, d_i a kereslet az i -ik periódusban és f_i az előrejelzett érték (forecast). A továbbiakban mi is ezt a mutatót használjuk.

A fokozott pontosság érdekében a mutatót ajánlatos az előrejelzés időhorizontjával azonos dimenzióban számítani. A képletben az abszolút érték alkalmazásának azért van jelentősége, mert a kereslet alá- és fölülbecslése egyaránt hatékonyságvesztéséget okoz.

Mivel a biztonsági készlet nagyságát a várható abszolút eltérés (MAD) alapján számíthatjuk, így a legkisebb MAD-értéket adó előrejelzési módszer egyben a legalacsonyabb biztonsági készletet is adja majd, és ezzel a legkisebb tőkelekötést is eredményezi (Wild, 2002). A kereslet-előrejelzési módszer megfelelő kiválasztása tehát kiemelten fontos a vállalatok, így a Pharma készletgazdálkodásának hatékonysága szempontjából, hiszen ettől függhet a biztonsági készlet megállapításának pontossága és az azzal járó pótlólagos költségek.

A készletgazdálkodási alapok bemutatását követően munkánk következő részében ismertetjük a Pharma jelenlegi gyakorlatának értékelését és megfogalmazzuk az általunk javasolt készletezési mechanizmust, és esettanulmány jelleggel bemutatjuk a javaslatunkhoz kapcsolódó kereslet-előrejelzési módszerek alkalmazását.

A Pharma vizsgálatunk kezdetekor egy (t_p, S) rendszert működtetett, ahol a t_p a termékek többségére egy hét, az S pedig jellemzően háromheti korábbi értékesítési adatok átlagaként számított SAP-automatizmus segítségével. Természetesen az így kapott értéket a termékmenedzserek szakértői becsléssel felülbírálhatták. Az SAP-algoritmus paramétereit a beszerzés munkatársai jellemzően ugyanakkor nem változtatták. A vállalat biztonsági készletet nem határozott meg.

Értékelésünk szerint a vállalat jelenleg alkalmazott (t_p, S) készletmechanizmusa alapvetően megfelelő, javaslatunk ennek megtartása, jelzőkészlet bevezetése mellett. Ez gyakorlatilag a (t_p, s, S) vegyes mechanizmusra való áttérést jelenti, és külön kiemeli a megfelelő, azaz a MAD-mutatója alapján a várható keresletre legjobb becslést adó kereslet-előrejelzési módszer kiválasztását. Következő fejezetünk ezért részletesen tárgyalja e kérdéskört.

A sporadikus keresletű termékek és előrejelzésük módszertani megfontolásai

A kereslet előrejelzése a vállalat reálfolyamatainak tervezése során az egyik legfontosabb tevékenység. A kereslet-előrejelzés történhet kvalitatív és kvantitatív módszerekkel is. Cikkünkben a vállalati kereslet-előrejelzési rendszer kvantitatív, statisztikai problémáit tárgyaljuk.

A kereslet-előrejelzési módszerekkel foglalkozó klasszikus irodalom hangsúlyozza, hogy a vállalati gyakorlat számára jó fogódzót nyújtanak a múltbeli keresleti adatok, ha azok nagy számban állnak rendelkezésre és az információk relatív szórása, azaz a szórás átlaghoz viszonyított aránya viszonylag alacsony. A kereslet volumenének alakulása relatív szórással ragadható meg. A relatív szórást a következőképpen definiálhatjuk:

$$CV_D = \frac{D(X)}{E(X)},$$

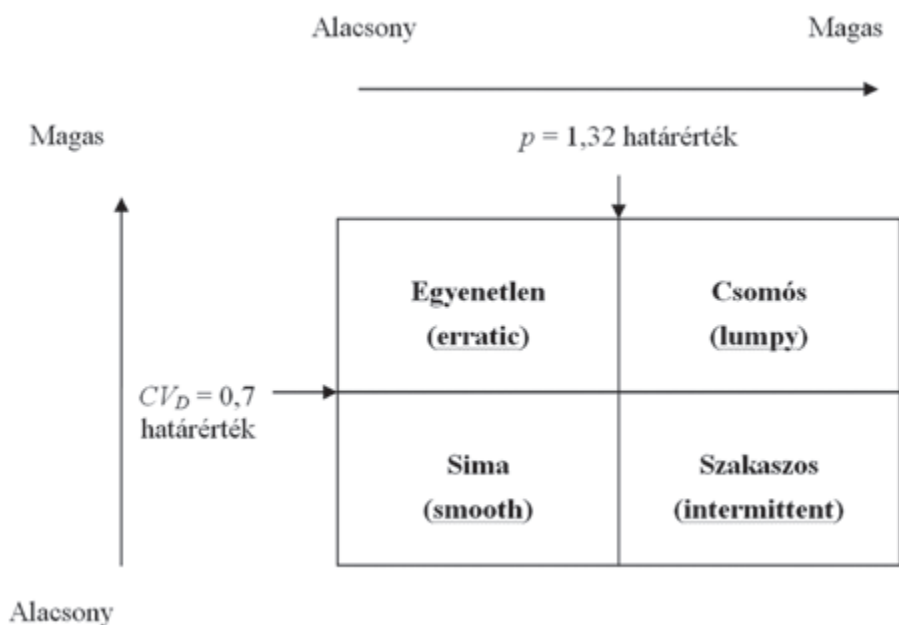
ahol $D(X)$ az X valószínűségi változó szórása és $E(X)$ a várható értéke. A relatív szórás mutatójára korábbi vizsgálatok a 0,45-os határértéket javasolják, amely érték alatt a szükséges rendelési mennyiség meghatározására az EOQ, az optimális tétel nagyság ajánlható (Peterson – Silver, 1985). E változó esetén elemzésünk során a 0,7-es határértéket tekintjük irányadónak, amit Boylan et al. (2008) javasol.

Az elmúlt évtizedben a múltbeli kereslet relatív szórásának vizsgálata mellett a kereslet-előrejelzéssel foglalkozó kutatók egy további keresleti jellemzőre, a kereslet ún. sporadicitására, időbeni szórtságára is felhívták a figyelmet (Syntetos – Boylan, 2001; Boylan et al., 2008; Chitturi et al., 2010).

A termék időbeni szórtságát, sporadicitását a hozzá nem nyúlással rendelkező, azaz kereslet nélküli időintervallumok eloszlásának várható értékével (p) ragadhatjuk meg. E várható érték azért választható, mert a nemzetközi szakirodalom az e jellemző alapján történő tipizáláshoz is elfogadott hüvelykujjszabályokat dolgozott ki (Babiloni et al., 2010; Chitturi et al., 2010). Ezek a hüvelykujjszabályok a vizsgált időintervallumok hosszára vonatkozóan 1,25 és 1,32 között szórnak. Dolgozatunkban az 1,32-es határértékkel dolgozunk.

A fentiekben tárgyalt két kiemelt jellemző mentén a termékeket a kereslet-előrejelzés szempontjából az 1. ábrán látható négy csoportba sorolhatjuk (Boylan et al., 2008) termékek. Az alacsony relatív szórással és a hozzá nem nyúlással rendelkező időintervallumok alacsony átlagos értékével rendelkező termékek az ún. sima keresletű (smooth). Az alacsony relatív szórású, de a hozzá nem nyúlással rendelkező időintervallumok magas átlagos értékével rendelkező termékeket a szakirodalom szakaszos keresletű (intermittent) terméknek nevezi. Amennyiben a termék keresletének

A termékek keresleti jellemzők szerinti alaptípusai (Boylan et al., 2008)



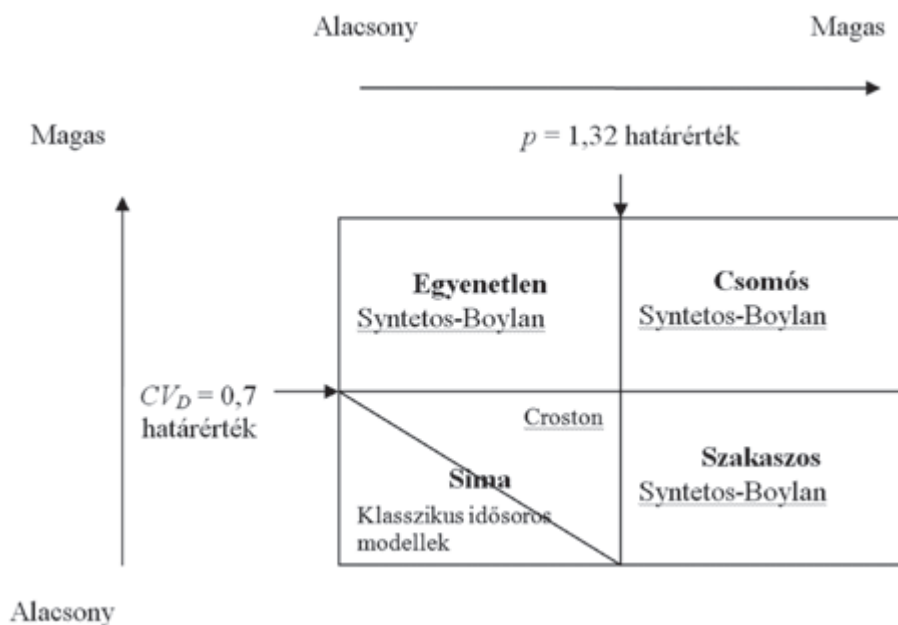
1. ábra

relatív szórása magas, de a hozzá nem nyúlással rendelkező időintervallumok átlagos értéke alacsony, egyenetlen keresletű (erratic) termékről beszélünk. Azok a termékek, melyek esetében mindkét keresleti jellemző a határérték feletti, csomós keresletű (lumpy) termékek.

A szakirodalom a fenti különböző terméktípusokhoz eltérő kereslet-előrejelzési módszerek alkalmazását javasolja. (Meg kell jegyeznünk, hogy ezek a

2. ábra

A terméktípusokhoz javasolt kereslet-előrejelzési módszerek (Babiloni et al., 2010)



javaslatok sokkal inkább ajánlásokként értelmezhetők, mint egyértelmű megoldásokként, hiszen a rendelkezésre álló adatok szerkezetétől is nagyban függ a legkisebb előrejelzési hibát produkáló módszer, ezért sokszor érdemes minél több előrejelzési módszert és hatékonysági metrikát is kipróbálni.)

A szerzők ajánlása szerint a magas (0,7 feletti) relatív szórással és/vagy a kereslettel nem rendelkező időperiódusok magas átlagértékével (p értéke 1,32 feletti) rendelkező termékek esetén a Syntetos-Boylan módszer alkalmazandó, alacsony relatív szórás és p érték mellett pedig a klasszikus idősoros modellek és/vagy a Croston módszer javasolt (2. ábra).

VEZETÉSTUDOMÁNY

A javaslatban szereplő klasszikus idősoros modellek (pl. mozgó átlag, exponenciális simítás) jól ismertek a magyar szakemberek számára, és számos klasszikus szakkönyvben megtalálhatóak (Chase – Aquilano, 1985). A sporadicitás jelenségét is kezelő Croston és a Syntetos-Boylan módszerei viszonya a hazai szakirodalomban kevésbé ismertek, ezért kitérünk azok rövid ismertetésére.

Croston módszere sporadikus termékek előrejelzésére

A Croston- (1972) módszer az exponenciális simítás módszerének egy, a sporadikus keresletű termékekre kiterjesztett speciális változata. Az egyszerű exponenciális simítás ugyanis nem kezeli az olyan periódusokat, ahol nem jelenik meg kereslet. A Croston-módszer alap gondolata, hogy határozzuk meg azon periódusok számát, amelyre nem jelenik meg kereslet. Ezzel egy újabb simítási egyenletet vezetnek be.

A módszer matematikai formája a következő:

$$f_t = \begin{cases} f_{t-1} & d_{t-1} = 0 \\ \alpha \cdot x_{t-1} + (1-\alpha) \cdot f_{t-1} & d_{t-1} > 0 \end{cases}, (t=1,2,\dots,T)$$

$$p_t = \begin{cases} p_{t-1} & d_{t-1} = 0 \\ \alpha \cdot q_{t-1} + (1-\alpha) \cdot p_{t-1} & d_{t-1} > 0 \end{cases}, (t=1,2,\dots,T)$$

$$q_t = \begin{cases} q_{t-1} + 1 & d_{t-1} = 0 \\ 1 & d_{t-1} > 0 \end{cases}, (t=1,2,\dots,T)$$

A fenti képletekben az f_t érték az előrejelzett keresletet jelzi. Amint az a képletből látható, ha kereslet az adott periódusban nulla, akkor az előrejelzés megegyezik az előző periódus keresletével. Amennyiben a kereslet pozitív, akkor a klasszikus exponenciális simítás alapján határozható meg az előrejelzés. A p_t változó szintén egy simítási változó. Azonban ebben az esetben a pozitív kereslettel rendelkező intervallumok hosszát „simítjuk”, átlagoljuk. A q_t változó egy számláló mérték, amely azt számolja, hogy egymást követően hány periódusban nincs kereslet két olyan időpont között, amikor fellép kereslet, vagyis ez a változó leszámolja a hozzányúlással nem rendelkező, egymást nem metsző időintervallumok hosszát.

A fenti összefüggések segítségével lehet az előrejelzést kiszámítani:

$$\hat{f}_t = \frac{f_t}{p_t}, (t=1,2,\dots,T)$$

A fenti hányados nem más, mint az átlagos periódushosszra eső átlagos előrejelzett kereslet. Meg kell jegyeznünk, hogy abban az esetben, ha nincsenek kereslet nélküli periódusok, akkor ez a módszer megegyezik az egyszerű exponenciális simítással, hiszen, ekkor q_t megegyezik eggyel minden periódusban, és p_t változó is egy lesz.

Syntetos és Boylan módszere

Syntetos és Boylan (2001) bebizonyította, hogy Croston módszere torzított becslést ad. A következő becslés a Croston módszerre ad torzítatlan becslést. Az előrejelzés ebben az esetben:

$$\hat{f}_t = \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right) \cdot \frac{f_t}{p_t}, (t=1,2,\dots,T),$$

ami kisebb, mint a Croston módszerével adott előrejelzés. Az α érték becslésére hüvelykujj szabályokat lehet felállítani.

A kereslet-előrejelzés klasszikus módszertanának részletes leírásáról jó áttekintést nyújtanak a hagyományos termelésmenedzsment-tankönyvek (Vollman et al., 1984; Chase – Aquilano, 1985). A sporadicitás kapcsán megjelent szakirodalom azonban viszonylag szűkös (Croston, 1972; Sani – Kingsman, 1997).

A bemutatandó előrejelzési módszerek mindegyike csak egy-egy periódusra tud előre „jelezni”. Az ennél távolabbi időintervallumokra feltételezi az irodalom, hogy ez az előrejelzés megmarad, azaz stacionaritás áll fenn. Ugyanakkor jellemzően gördülő tervezéssel van dolgunk, mert az előrejelzést minden időszakra külön-külön el kell végezni, amint a termék rendelését is. A következőkben ezeknek a módszereknek az elméleti hátterét mutatjuk be röviden.

A Pharma termékkörének vizsgálata a kereslet-előrejelzési módszerek jóságát szempontjából

Esettanulmányunkba a Pharma mintegy 12.000 termékét vontuk be. E termékkör kapcsán a 2011. január 3-a és 2011. május 20-a közötti korábbi értékesítési adatok rendelkezésünkre álltak. Ez összesen 97 munkanapnyi időintervallum, ami statisztikai értelemben elég hosszú idősnak számít. Mivel egy jól működő adattárolással volt dolgunk, a két időpont között minden munkanapra vonatkozóan rendelkezünk a termékekre adattal.

A napi adatok alapján tipizáltuk a vállalat termékportfólióját, és az 1. táblázatot kaptuk.

Táblázatunk kissé különbözik az 1. ábrában látható tipizálási struktúrától. Ez abból fakad, hogy a p érték és a kereslet relatív szórása két esetben nem értelmezhető. A p értéket nem lehet meghatározni, ha minden napon

volt kereslet a termék iránt. Ugyanakkor a kereslet relatív szórását nem lehet kiszámítani, ha a vizsgált időintervallumban csak egyszer jelentkezett kereslet egy termék iránt. A szakirodalom által javasolt tipizálási táblázatot ezért egy sorral és egy oszloppal bővítettük ki, így ebbe a táblázatba a Pharma valamennyi terméke besorolhatóvá vált.

deléssel jellemezhető. 4124 olyan terméket találtunk, ahol a kereslet relatív szórása viszonylag alacsony, de a rendelési gyakoriság már jelentősen kisebb. Ezt a termékkört szakaszos keresletű termékeknek nevezzük.

Szintén 4124 termék került elemzésünk eredményeképpen az ún. csomós kereslettel rendelkező, míg 1043 az ún. egyetlen kereslettel rendelkező termékkörbe.

1. táblázat

A vizsgált termékkörnek a kereslet relatív szórása és a hozzá nem nyúlási időintervallumok átlaga alapján történt tipizálásának eredménye – napi adatok

| Kereslet | Idő | $m = 0$ | $m \geq 1$ | | Összeg |
|---------------|-----------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| | | | $p < 1,32$ | $p \geq 1,32$ | |
| $n \geq 2$ | $CV_D < 0,7$ | 573 | 1043 | 4124 | 5740 |
| | $CV_D \geq 0,7$ | 1038 | 503 | 4124 | 5665 |
| $n = 1$ | | 0 | 0 | 519 | 519 |
| Összeg | | 1611 | 1546 | 8762 | 11 924 |

Mint az 1. táblázatból kiolvasható 1611 olyan termék volt a vállalatnak, mely a vizsgált periódusban mindennap kiszállításra került. Ezekből a termékekből 1038 tekinthető többé-kevésbé egyenletes keresletűnek, míg a maradék 573 termék esetében a kereslet ingadozása viszonylag nagy.

Az is látszik, hogy 519 termékhez a vizsgált periódusban csak egyszer kellett hozzányúlni. Már most előrebocsátjuk, hogy ez az a termékkör, melyre a hozzányúlások alacsony száma miatt nem rendelkezünk megfelelő számú adattal, ezért ezek statisztikai vizsgálata (kereslet-előrejelzése) nem lehetséges. Amennyiben a vizsgálati periódus hosszát jelentősen növeljük (pl. a 97 nap helyett egy teljes évre), úgy ez a termékkör várhatóan szűkül.

5665 termék esetén a kereslet mennyiségének relatív szórása viszonylag alacsony, e termékek kereslete erősen stacionáriusnak tekinthető, vagyis periódusonként viszonylag egyenletes kereslettel rendelkeznek. 5704 termék kereslete pedig nagy relatív szórású.

Az 1. táblázatban vastagítva szereplő négy termékcsoport kiemelten érdekes további elemzésünk szempontjából, s különösen igaz ez az ún. sporadikus kereslettel jellemezhető termékekre. Ezek esetén nyújthat komolyabb gazdálkodási előnyöket a kereslet-előrejelzés módszertanának fejlesztése. Ezekre értelmezhető a 2. ábra, mely az egyes terméktípusok keresletének előrejelzéséhez javasolt módszertani ajánlásokat foglalja össze.

Az általunk vizsgált termékkörben 503 sima keresletű terméket találtunk, mely a kereslet viszonylag alacsony relatív szórásával és viszonylag gyakori ren-

Esettanulmányunk további részében két konkrét, jelentős sporadicitást mutató, ezért kimondottan problémásnak tekinthető termék esetén végeztünk kereslet-előrejelzést több módszer alkalmazásával. Célunk a legalacsonyabb MAD-értékkel rendelkező előrejelzési módszer megtalálása volt, hiszen így biztosítható az adott kiszolgálási színvonalhoz tartozó legalacsonyabb biztonsági készletszint meghatározása. (E célunk mellett természetesen számításaink a javasolt, empirikusan azonban még csak korlátozottan igazolt szakirodalmi ajánlások tesztelésének is tekinthetők.) Az előrejelzési rendszer demonstrálására egy szakaszos (intermittent) és egy csomós (lumpy) keresletű terméket választottunk ki.

A szakaszos (intermittent) keresletű csoportot reprezentáló termék esettanulmánya

A szakaszos keresletű terméktípust képviseli DOLIVA ARCKRÉM REGENERÁLÓ ÉJSZAKAI 50 ML (továbbiakban Doliva) nevű termék. A Doliva keresletvolumenének relatív szórása 0,7, ami alacsony, de csoportosításunkban a szakaszos keresletű termékek határértékét jelöli. A p értéke 2, ami erős közepes, de túl van az 1,32-es határértéken.

A termék múltbéli keresleti adatait felhasználva ez alkalommal is a bemutatott módszerek segítségével végeztünk kereslet-előrejelzést. A leginkább használható előrejelzési módszer kiválasztásánál a MAD legkisebb értéke az irányadó. A vizsgált termék esetében a napi adatokra a Croston-módszer és az exponenciális simítás adta a legkisebb MAD-értéket.

VEZETÉSTUDOMÁNY

A Doliva a szakaszos keresletű termékek csoportjába tartozik, ahol a kereslet relatív szórása viszonylag alacsony, tehát nagyjából egyenletes kereslettel lehet számolni. A probléma a kereslet felmerülésének időbelisége, szakaszossága. Az ilyen termékek keresletének előrejelzésére dolgozták ki a Croston és a Syntetos-Boylan-módszereket. A Doliva termék esetében ugyanakkor a kereslet relatív szórása 0,7, tehát a termékcsoportosításnál használt határérték. A vizsgált termék esetén a hozzányúlással nem rendelkező periódusok száma is relatíve alacsony, hiszen a 97 megfigyelésből 46 esetében volt rendelés. Ezek a tulajdonságok magyarázhatják, hogy nem feltétlenül a kifinomultabb módszerek adnak jobb megoldást, hanem már az exponenciális simítás is kielégítő módszernek mutatkozik (2. táblázat).

következtethetünk, hogy szezonális termékkel állunk szemben, mely termék forgalmának nagy része a téli hónapokban realizálódik. Esettanulmányaink során a megfigyelések alacsony száma miatt (97 nap) feltételeztük a kereslet stacionárius jellegét, így a szezonalitással nem foglalkoztuk. Ehhez legalább egy évi megfigyelésekre lenne szükség.

A termék múltbéli keresleti adatait felhasználva ez alkalommal is a bemutatott módszerek segítségével végeztünk kereslet-előrejelzést.

A vizsgált termék esetében a napi adatokra a Syntetos-Boylan-módszer vezetett a legkisebb MAD-értékhez. A heti keresleti adatok esetén a mozgó átlag használata hozta a legjobb eredményt, míg a havi aggregált adatoknál pedig ismét a Syntetos-Boylan-módszer vezetett legjobb MAD-értékekhez (3. táblázat).

2. táblázat

**A Doliva termékre végzett kereslet-előrejelzés eredményei
(napi keresleti adatok)**

| Előrejelzési módszer | Előre jelzett kereslet (2011. május 21-re) | Abszolút átlagos eltérés (MAD) |
|------------------------------|---|-----------------------------------|
| Mozgó átlag | 0,33 | 1,76 |
| Exponenciális simítás | 0,93 | 1,70 |
| Croston-módszer | 1,19 | 1,70 |
| Syntetos-Boylan módszere | 0,74 | 1,62 |

3. táblázat

**A Menthae termékre végzett kereslet-előrejelzés eredményei
(napi keresleti adatok)**

| Előrejelzési módszer | Előre jelzett kereslet (2011. május 21-re) | Abszolút átlagos eltérés (MAD) |
|---------------------------------|---|-----------------------------------|
| Mozgó átlag | 2,50 | 2,38 |
| Exponenciális simítás | 2,61 | 2,42 |
| Croston-módszer | 2,91 | 2,61 |
| Syntetos-Boylan módszere | 2,20 | 2,31 |

A csomós (lumpy) keresletű csoportot reprezentáló termék esettanulmánya

A csomós keresletű terméktípust képviselik a MENTHAЕ PIPERITAE AETHEROLEUM 100 G (továbbiakban Menthae) nevű termékek. A csomós keresletű termékkör általunk kiválasztott reprezentánsa, a Menthae esetében a kereslet volumenének relatív szórása 0,99, ami magas érték. A termék 1,35-ös p értékkel rendelkezik, mely éppen a határérték fölött található.

A termék érdekessége, hogy magas a megfigyelések száma, a 97 napból 70 esetében volt a termékhez hozzányúlás a raktárban. A keresleti adatok alapján arra

Számításunk eredményei a Doliva és Menthae termékek esetében visszaigazolták az irodalomban megfogalmazott ajánlásokat, tehát az elméleti ajánlásoknak megfelelően a Syntetos-Boylan és a Croston, vagy az exponenciális simítás módszerei vezettek el a legjobb előrejelzéshez (legalacsonyabb MAD-értékekhez).

A kereslet-előrejelzés jóságának kérdése és kapcsolata a készletgazdálkodási paraméterek számításával

Következő fejezetünkben visszakanyarodunk a Pharma készletgazdálkodási rendszerének fejlesztési kérdéséhez. Mint azt az első fejezetben már megfo-

galmaztuk, a Pharma számára a (t_p, s, S) készletezési mechanizmus használatát javasoltuk. Ez igényli a biztonsági készlet használatát és számítását. Mint arról szintén volt szó, a legjobb minőségű, azaz a legalacsonyabb MAD-értéket eredményező kereslet-előrejelzés segítségével határozható meg az elvárt kiszolgálási színvonal biztosításához szükséges minimális biztonsági készlet nagysága. Fejezetünkben a Menthae termék példáját használva e számítás bemutatásával fejezzük be esettanulmányunkat.

A biztonsági készletet a Menthae termék esetében a következőképpen számítjuk:

Feltesszük, hogy ennek a terméknek a készletfigyelési periódusa egy hét, azaz öt munkanap. A vállalati gyakorlat alapján élhetünk azzal a feltételezéssel is, hogy az utánpótlási idő, azaz a rendelésseladás és -beérkezés közötti idő erre a termékre kettő munkanap.

A termékre vonatkozó keresleti megfigyeléseink 2011. január 3-a és május 20-a közé estek. Esettanulmányunkban a 2011. május 23-a és május 27-e közötti (21. hétre vonatkozó) kereslet-előrejelzést, és ennek alapján az erre a hétre eső rendelési mennyiséget kívántuk meghatározni.

Elsőként nézzük meg az előrejelzéssel meghatározott értékeket a várható keresletre! A Menthae termékre végzett és a kereslet-előrejelzésre vonatkozó esettanulmányunk során megállapítottuk, hogy a napi keresleti adatok alapján a javasolható előrejelzési módszer Syntetos-Boylan módszere, mely a szóban forgó hétre 2,20 db napi várható keresletet jelzett előre, és a MAD alapján a napi szórás becslése $1,25 \cdot 2,31 = 2,8875$. Ez azt is jelenti, hogy a május 23-a és 27-e közötti héten, a hét mindegyik napján ekkora várható kereslettel számolhatunk.

A készletgazdálkodás elméleti alapjainak bemutatása során már ismertetett, meghatározandó paraméterek az s (jelzőkészlet), az S (maximálási készlet) és az SS (biztonsági készlet). Követező lépésként a termék valószínűségi jellemzői és a kapott előrejelzési érték alapján számoljuk ki ezek konkrét értékeit. Ehhez először a biztonsági készletet határozzuk meg (SS).

Tételezzük fel, hogy a vállalat e termékből 80%-os kiszolgálási színvonalat kíván tartani. Így a választott kiszolgálási színvonalon a biztonsági készletet az alábbi képlettel számíthatjuk ki:

$$SS_{napj} = z_{0,80} \cdot 1,25 \cdot MAD = 0,84 \cdot 2,8875 = 2,4255,$$

vagyis a biztonsági készlet 2,4255 darab naponta, ami az átfutási idő alatt, azaz két nap alatt

$$SS_{LT} = z_{0,80} \cdot 1,25 \cdot MAD \cdot \sqrt{LT} = 0,84 \cdot 2,8875 \cdot \sqrt{2} \approx 3,4297.$$

A választott termék esetén is a szükséges s értékét az elméleti részben összefoglaltak alapján határozhatjuk meg:

$$s = \bar{x} \cdot \bar{LT} + SS = 2,20 \cdot 2 + 3,4297 = 7,8297,$$

azaz nagyjából 8-as készletszint elérésénél kell rendkívüli rendelést feladni.

Az S érték meghatározása:

$$S = \bar{x} \cdot (T + \bar{LT}) + SS = 2,20 \cdot (5 + 2) + 3,4297 = 18,8297.$$

A készletezési mechanizmus tehát egy $(t_p = 5$ nap, $s = 8$ db, $S = 19$ db) hármassal írható le.

Amennyiben a készletmérési időpontban adott a készletállomány nagysága, akkor a rendelési mennyiség is meghatározható. Tételezzük fel, hogy a készletállomány $I_0 = 13$ db volt a hétfői készletvizsgálatkor. Ebben az esetben a rendelési mennyiség:

$$q = S - I_0 = 19 \text{ db} - 13 \text{ db} = 6 \text{ db}.$$

A fenti eljárás mentén a vállalat valamennyi termékére számolni tudja a javasolt vegyes készletezési mechanizmus működtetéséhez szükséges paramétereket. A számításokhoz természetesen szükséges a kereslet-előrejelzés során kalkulált várható kereslet adatainak felhasználása is és a tervezési időhorizont hosszának (napi, heti, havi, esetleg negyedéves) meghatározása.

Befejezés

Kutatásunk célja az volt, hogy valós adatok segítségével, esettanulmány-jelleggel elemezzük a Pharma vállalat 11.924 termékére rendelkezésünkre bocsátott 97 napnyi keresleti adatokat, és ennek alapján „testre szabott” kereslet-előrejelzési és ennek alapján készletezési módszertant javasoljunk a vállalat számára. Az elemzéshez felhasznált adataink napi keresleti adatok voltak. Ezeket a kereslet-előrejelzés és a készletgazdálkodás között fennálló összefüggéseket a Pharma által rendelkezésünkre bocsátott adatok alapján szám példával is tudtuk illusztrálni. Cikkünk elméleti síkon, de gyakorlat példával alátámasztva is bemutatja e két terület közötti összefüggésrendszert, és bemutatja a gyakorló szakemberek számára, miként lehet a kereslet-előrejelzés minőségének növelésével a vállalat működéséhez szükséges készletbefektetés mértékét csökkenteni.

Véleményünk szerint cikkünk értékét növeli, hogy vizsgálatunkba bevontuk a vállalat azon termékeit is, melyek kereslete jelentős időbeni szórtsággal rendelkezik. E sporadikus termékek esetén a kereslet-előrejelzés

VEZETÉSTUDOMÁNY

során alkalmazott módszerekbe bevontuk azokat is, melyek a szakirodalmi ajánlások alapján e termékkör esetén jól alkalmazhatók. Ezek a módszerek nemzetközileg is újak számítanak, Magyarországon pedig kimondottan újdonságértékük van. Elemzésünk megerősítette e szakirodalmi ajánlásokat, valóban a sporadikus kereslet esetén alkalmazott módszerek vezettek el a legjobb előrejelzéshez, ami azután hatékonyabb készletgazdálkodást, alacsonyabb készletleköttést is lehetővé tesz.

Lábjegyzet

¹ Köszönetnyilvánítás: Dobos Imre köszöni a PIAC_13-1-2013-0176 számú kutatási projekt támogatását.

Felhasznált szakirodalom

Babiloni, E. – Cardós, M. – Albarracín, J.M. – Palmer, M.E. (2010): Demand categorisation, forecasting and inventory control for intermittent demand items. *South African Journal of Industrial Engineering*, 21: p. 115–130.

Boylan, J.E. – Syntetos, A.A. – Karakostas, G.C. (2008): Classification for forecasting and stock control: A case study. *Journal of the Operational Research Society*, 59: p. 473–481.

Chase, R.B. – Aquilano, N.J. (1985): *Production and operations management*. 4th ed., Homewood, IL: Irwin

Chikán A. – Nagy M. (1976): *Készletgazdálkodás*. Kézirat. Budapest: Tankönyvkiadó

Chitturi, P. – Gershon, M. – Chen, J. – Boyarski, J. (2010): Identification and classification of intermittent demand patterns. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 6: p. 304–317.

Croston, J.D. (1972): Forecasting and stock control for intermittent demand. *Operational Research Quarterly*, 23: p. 289–304.

Peterson, R. – Silver, E. (1985): *Decision Systems for Inventory Management and Production Planning*. New York: Wiley

Sani, B. – Kingsman, B.G. (1997): Selecting the best periodic inventory control and demand forecasting methods for low demand items. *Journal of the Operational Research Society*, 48: p. 700–713.

Syntetos, A.A. – Boylan, J.E. (2001): On the bias of intermittent demand estimates. *International Journal of Production Economics*, 7: p. 457–466.

Vollmann, Th.E. – Berry, W.L. – Whybark, D.C. (1984): *Manufacturing planning and control systems*. Homewood, IL: Irwin

Wild, T. (2002): *Best practice in inventory management*. 2nd ed., Oxford: Butterworth/Heinemann