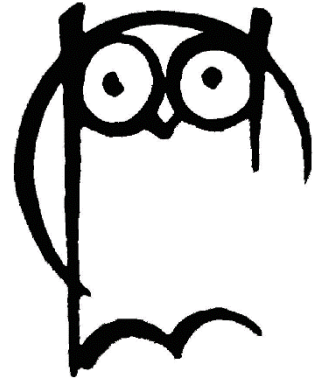




Debreceni Egyetem

Műszaki Kar

Műszaki Menedzsment és Vállalkozási Tanszék

Idősoros elemzés és kereslet előrejelzés készítése gyártó
vállalat számára

Szerző(k): **Soltész Edina**

Műszaki menedzser BSc. hallgató

Témavezető(k): Pusztai László

Tanszékvezető: T. Kiss Judit

Debrecen

2021.

Tartalom

1.	Szakirodalmi áttekintés	1
1.1	Bevezetés	1
1.2	A kereslet alakulását befolyásoló tényezők	1
1.3	Az előrejelzés	1
1.4	A kereslet előrejelzés módszerei, a minta jellemzői	2
1.5	Az állandó jellegű igény előrejelzése	3
1.6	Trend jellegű igény előrejelzése exponenciális simítással (Holt-módszer).....	5
1.7	Szezonaritást is tartalmazó igény előrejelzése exponenciális simítással	6
1.8	Az előrejelzés hibái	7
1.9	A követőjel.....	8
1.10	XYZ-elemzés.....	9
1.11	Relatív szórás.....	10
2.	Anyag és módszer	11
2.1.	Problémafelvetés	11
2.2.	Célkitűzés.....	11
2.3.	A kutatás lépései.....	11
3.	Eredmények.....	13
3.1.	Idősoros elemzés	13
3.2.	Az előrejelzés készítésének alapjai	13
3.3.	XYZ-elemzés	14
3.4.	A szezonaritás vizsgálata	15
3.5.	Eredmények MAD vonatkozásában.....	16
3.6.	Eredmények MSE vonatkozásában.....	16
3.7.	Eredmények MAPE vonatkozásában	17

3.8.	A követőjel alakulása az egyes előrejelzéseknél.....	18
3.8.2.	Követőjel vizsgálata háromtagú mozgóátlagnál	19
3.8.3.	Követőjel vizsgálata kéttagú súlyozott mozgóátlagnál	19
3.8.4.	Követőjel vizsgálata exponenciális simítás esetén.....	20
3.8.5.	Követőjel vizsgálata lineáris trendnél	20
3.9.	A legpontosabb előrejelzési módszer kiválasztása.....	21

Ábrák jegyzéke

1. ábra	Az előrejelzési módszerek a termékéletgörbén (forrás: [2], 2021.)	2
2. ábra	Konstans igény alakulása (forrás: [2], 2021.).....	4
3. ábra	Kutatási lépések (forrás: saját szerkesztés, 2021.)	12
4. ábra	Idősoros elemzés (forrás: saját szerkesztés, 2021.)	13
5. ábra	Szezonalitás alakulása (forrás: saját szerkesztés, 2021.).....	15
6. ábra	MAD mutató alakulása (forrás: saját szerkesztés, 2021.).....	16
7. ábra	MSE mutató alakulása (forrás: saját szerkesztés, 2021.).....	17
8. ábra	MAPE mutató alakulása (forrás: saját szerkesztés, 2021.)	17
9. ábra	Követőjel kéttagú mozgóátlag esetén (forrás: saját szerkesztés, 2021.)	18
10. ábra	Követőjel háromtagú mozgóátlag esetén (forrás: saját szerkesztés, 2021.).....	19
11. ábra	Követőjel kéttagú súlyozott mozgóátlag esetén (forrás: saját szerkesztés, 2021.).....	19
12. ábra	Követőjel exponenciális simítás esetén (forrás: saját szerkesztés, 2021.).....	20
13. ábra	Követőjel lineáris trend esetén (forrás: saját szerkesztés, 2021.).....	20
14. ábra	Excel-számítások (forrás: saját szerkesztés, 2021.)	23
15. ábra	Excel-számítások folytatása (forrás: saját szerkesztés, 2021.)	23

1. Szakirodalmi áttekintés

1.1 Bevezetés

A kereslet előrejelzésnek jelentős szerepe van a vállalati logisztikában. A vállalatoknak szembe kell nézniük azzal a nehézséggel, hogy pontosan nem tudják meghatározni a vevői keresletet. Ha azonban sikerül kiépíteni egy jól működő kereslet előrejelzést, az nagyban növeli egy termék elérhetőségét a piacon, lehetővé teszi a magasabb vevőkiszolgálást mindamellelt, hogy alacsonyabb készletszintet és logisztikai költségeket biztosít. [1]

1.2 A kereslet alakulását befolyásoló tényezők

A kereslet alakulását számos tényező befolyásolhatja, melyek zömmel a múltbéli adatokban rejlő mintázatából határozhatók meg. Általános környezeti hatások alatt azokat a befolyásoló tényezőket értjük, melyek a vállalattól független módon lehetnek hatással egyes termékek keresletére. Ide sorolhatóak a kulturális és földrajzi adottságok, a jövedelmi viszonyok, az állam szabályozása, valamint az egyes ünnepnapok, vagy társadalmi események is. A piaci környezetben is adódnak keresletbefolyásoló tényezők, mint a versenytárstermékek száma és azok piaci szerkezete, a fogyasztói hűség, a márkaismertség, az adott iparág ismertsége. A termékek tulajdonságaik alapján is hatással lehetnek a kereslet alakulására. Ebből a szempontból lényeges a termék szezonalitása, valamint a termékciklusának állapota. A termékek életciklusa négy szakaszra bontható, melyek a piaci bevezetés, a növekedés, az érettség és a hanyatlás. A különböző periódusok eltérő keresletet eredményeznek. [1]

1.3 Az előrejelzés

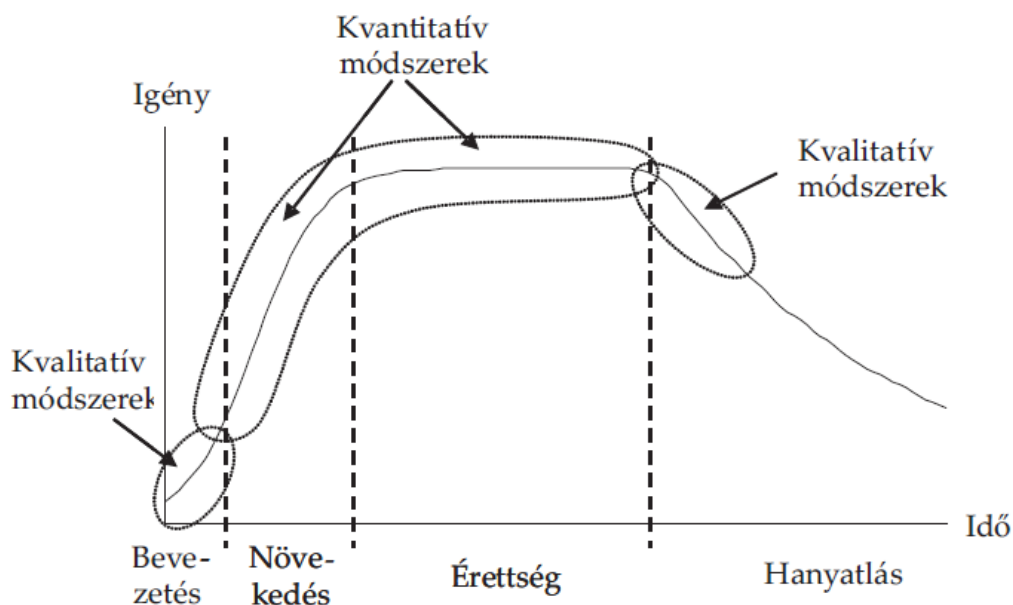
„A kereslet-előrejelzés az a tevékenység, amelynek során a vállalat saját historikus értékesítési adataira, illetve tapasztalataira alapozva meghatározott időtávra (tervezési periódusra) vonatkozóan megbecsli a vállalat által gyártott termékek, illetve termékcsoporthok várható piaci keresletét.” (Mentzer–Moon, 2004 alapján).

Az előrejelzés hatékonyságához hozzátartozik, hogy ez egy periodikus folyamat, tehát időről-időre ismételni kell. Az eljárás sikeressége az adatok milyenségétől is függ. Minél több adat áll rendelkezésünkre, annál pontosabb előrejelzés készíthető. Nagyon fontos, hogy alapos

vizsgálaton essenek át ezek az adatok, hiszen egy-egy megmagyarázhatatlan, kiugró érték nagy mértékben módosíthatja az előrejelzés végeredményét. Az előrejelzést jellemzően a logisztikai szegmens készíti, azonban szükséges a marketinggel, a pénzüggel, a termelésirányítással, valamint az értékesítéssel való aktív kooperáció. [1]

1.4 A kereslet előrejelzés módszerei, a minta jellemzői

A kereslet-előrejelzési módszereket alapvetően két nagy csoportra oszthatjuk, ezek pedig a kvalitatív és kvantitatív módszerek. Kvantitatív módszereket akkor használunk, amikor kellő mennyiségű adat áll rendelkezésünkre az előző időszakokra vonatkozó igényeket tekintve. Ezek statisztikai jellegű előrejelzések, melyen belül megkülönböztetünk idősoros, valamint ok-okozati regressziós modelleket. Kvantitatív módszer a termék életgörbéjének második és harmadik periódusában használható, ugyanis ekkor áll rendelkezésre a legtöbb adat. Kvalitatív módszer abban az esetben használatos, ha nincs elegendő rendelkezésre álló adat az előző időszakokból, vagy az az adat nem alkalmas arra, hogy előrejelzést készíthessünk belőle. A termék bevezetésének időszaka az az időszak, amikor nincsenek előzetes adatok az igényekre vonatkozóan, míg a hanyatlás időszakában a múltbéli adatok már nem relevánsak az előrejelzés készítésének szempontjából. [2]



1. ábra Az előrejelzési módszerek a termékéletgörbén (forrás: [2], 2021.)

Az előzetes adathalmazból különböző minták alakulhatnak ki, melyek reprezentálják a múltbéli igény alakulását a termékre vonatkozóan. A minták az alábbi négy igény kombinációjából adódhatnak:

- állandó (konstans) elem

Akkor beszélünk állandó elemről, ha az igény időszakról-időszakra egy bizonyos tartomány között mozog. [2]

- trendelem

Trendről beszélünk abban az esetben, ha az igény időszakról időszakra vagy nő, vagy csökken. Ha az igény nő, akkor pozitív trend valósul meg, ha csökken, akkor pedig negatív trend. Megkülönböztetünk additív és multiplikatív bővülést. Additívnál egyik időszakról a másikra mindig egy adott értékkel nő az igény, míg multiplikatívnál valahányszorosára nő az igény az egyes időszakokban. [2]

- szezonalitáselem

Szezonalitásról akkor beszélünk, ha a ismétlődő időszakokban az igény meghaladja, vagy éppen nem éri el az átlagos igényt. Itt is megkülönböztetünk additív és multiplikatív jelzőket, melyek ugyanolyan módon szabályozzák az igény alakulását, mint a trendelem esetében. [2]

- véletlenelem

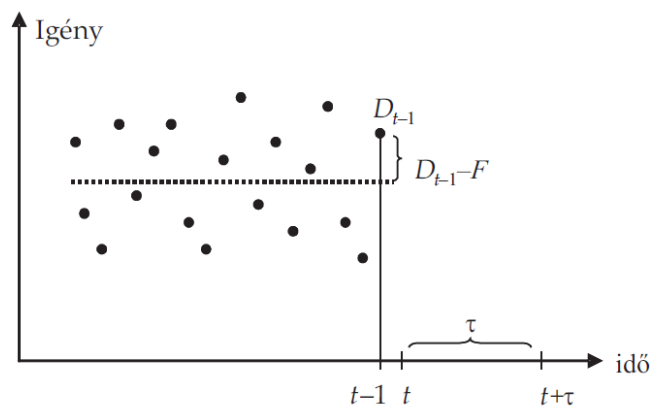
Ennek eredménye egy ponttálmaz, melyben fel kell lelnünk az előrejelzés logikáját. Véletlenelem nélkül az igény pontosan meghatározható lenne, ez azonban a valóságban lehetetlen. [2]

1.5 Az állandó jellegű igény előrejelzése

Ha az igény egy adott időszakban egy megadott tartomány között mozog, akkor állandó jellegű igényről beszélünk. Az állandó jellegű igény az alábbi képlettel számítható:

$$D_t = \mu + \varepsilon_t ; E\{\varepsilon_t\} = 0 ; V AR\{\varepsilon_t\} = \sigma^2$$

A konstans igény szemléltetésére és az adatok reprezentálására az alábbi ábra szolgál. [2]



2. ábra Konstans igény alakulása (forrás: [2], 2021.)

Meghatározása többféleképpen is lehetséges, leggyakrabban azonban a mozgó átlaggal való ellenőrzést és az exponenciális simítást szokták alkalmazni. [2]

1. Előrejelzés mozgó átlaggal

A fenti ábrán látható egyenes pontos meghatározásával megkaphatjuk az előre jelzett értéket. Az egyenes abban az esetben lesz a legpontosabb értékű, ha a pontok egyenestől mért távolságnégyzeteinek átlaga (átlagos hibanégyzet, ÁHN) a lehető legkisebb. Ezt az alábbi összefüggéssel tudjuk meghatározni:

$$\hat{A}HN = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (F - D_i)^2 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (F^2 - 2FD_i + D_i^2)$$

A kapott értéket F szerint deriválva, illetve 0-val egyenlővé téve megkapjuk azt az értéket, amely esetén a legkisebb a pontok egyenes körüli szórása. [2]

$$\frac{\partial \hat{A}HN}{\partial F} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (2F - 2D_i) = 0 \rightarrow F = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N D_i$$

Célszerű az utolsó N igényadat értékét számítani, hiszen így érhető el a lehető legfrissebb, legpontosabb előrejelzés. N értéke tetszőleges, azonban érdemes figyelembe venni a termelő vállalat tulajdonságait, sajátosságait, illetve a menedzsment politikáját is ennek meghatározásakor. Az így kapott értéket nevezzük mozgó átlagnak. Ilyen módon a t időszak egy lépéses előrejelzése a következőképpen alakul [2]:

$$F_t = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=t-1}^{t-N} D_i = \frac{1}{N} \cdot (D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-N})$$

2. Előrejelzés exponenciális simítással

Exponenciális simítás számításakor a közvetlenül megelőző időszak tényleges igényének és előre jelzett igényének súlyozott átlagát vesszük:

$$F_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha) \cdot F_{t-1} \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$

Az α (simítási együttható) értéke 0 és 1 között tetszőlegesen választható. Ez az érték azt mutatja meg, hogy milyen mértékben kell (vagy nem kell) változtatnunk az előrejelzésen. Ez a fajta előre jelzés gyakorlatilag a múltbéli igények súlyozott átlaga, ahol a súlyszámok exponenciálisan csökkennek. A csökkenés mértéke függ α -tól, ugyanis minél nagyobb ez az érték, annál kisebb mértékű a súlyszámok csökkenése. [2]

A képletben szereplő F_0 érték meghatározását inicializálásnak nevezzük. Az érték meghatározására azért van szükség, mert a képlet visszafelé a végtelenségig menne, így muszáj megszakítani egy ponton, ez a pont a tetszőlegesen megválasztott F_0 pont. [2]

1.6 Trend jellegű igény előrejelzése exponenciális simítással (Holt-módszer)

Ebben az esetben az igény fokozatosan változik, ez lehet növekedés vagy csökkenés egyaránt. A növekedés mértéke egyenlő az egymást követő periódusok átlagának különbségével. Mivel ez az érték szintén ingadozik, szükség van egy másik simítási együtthatóra, amit β -val jelölünk. Az előrejelzés képlete a következő:

$$F_{t+1} = S_t + G_t$$

ahol

$S_t = \alpha \cdot D_t + (1 - \alpha) \cdot (S_{t-1} + G_{t-1})$ az állandó (átlagos) igény előrejelzése

$G_t = \beta \cdot (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \cdot G_{t-1}$ a trend (növekedési ütem) előrejelzése és

D_t = az igény tényleges (mért) értéke a „t”-edik periódusban.

Minél nagyobb a simító paraméterek nagysága, annál nagyobb súlya lesz az előrejelzésben. [2]

1.7 Szezonaritást is tartalmazó igény előrejelzése exponenciális simítással

A szezon azt jelenti, hogy egy ismétlődő periódusban vannak olyan időszakok, amikor az átlagos igények periodikusan, ugyanabban az irányban és ugyanolyan mértékben térnek el az átlagtól. A jellegzetes szezonok időről-időre ismétlődnek, egy-egy ilyen szezonosorozatot periódusnak nevezünk. Multiplikatív szezonaritás esetén az igény rendszeresen növekszik vagy csökken az adott szezon átlagigényétől. Multiplikatív szezonaritásnál is szükségünk van egy együtthatóra, mely kifejezi, hogy hányszorosa az átlagos igénynek az aktuális igény a szezonban. [2]

1. Winters-modell

A Winters-modell nem más, mint a Holt-módszer kiterjesztett verziója, kiegészülve a szezonaritás előrejelzéssel. Lényege, hogy az additív trendet, valamint a multiplikatív szezonaritást három részre bontjuk, konstans elemre, szezonaritásra és trendre. Ezt a három elemet egymástól függetlenül becsüljük meg exponenciális simítás segítségével. [1] , [2]

Konstans elem becslése:

$$S_t = \alpha \cdot \frac{D_t}{c_{t-N}} + (1 - \alpha) \cdot (S_{t-1} + G_{t-1}) \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$

Trendelem becslése:

$$G_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \cdot G_{t-1} \quad 0 \leq \beta \leq 1$$

Szezonaritáselem becslése:

$$c_t = \gamma \cdot \frac{D_t}{S_t} + (1 - \gamma) \cdot c_{t-N} \quad 0 \leq \gamma \leq 1$$

Ezek alapján az előrejelzés a következőképpen számolható:

$$F_{t,t+\tau} = (S_t + \tau G_t) \cdot c_{t+\tau-kN} \quad (k-1) \cdot N \leq \tau \leq kN$$

Az előrejelzés az α , β és γ értékektől függ, melyeket tetszőlegesen súlyozhatunk.

1.8 Az előrejelzés hibái

Az előrejelzési hiba a jelzett igény és a tényleges igény közti különbséget jelenti. Amennyiben a jelzett igény meghaladja a tényleges igényt, az a raktárkészlet növekedéséhez vezethet. Ellenkező esetben, tehát amikor a jelzett igény nem haladja meg a tényleges igényt, vevői reklamációra számíthatunk. Az előrejelzési hibák értékelése azért fontos, mert ezáltal tisztább képet kap a vállalat a hibák nagyságáról, illetve segítségül szolgálhat annak meghatározásában, hogy a hiba milyen okokra vezethető vissza (igény véletlenszerű változása, vagy téves feltételezés). [2]

1. előrejelzési hiba

$$e_t = F_t - D_t$$

A jelzett és a tényleges igény különbségéből adódik.

2. relatív hiba

$$RH_t = \frac{F_t - D_t}{D_t} \cdot 100$$

A relatív hiba az előrejelzési hibát a tényleges igényhez viszonyítja az adott időszakban.

3. átlagos relatív hiba

Az átlagos relatív hiba a relatív hibák átlaga. Segítségével eldönthető, hogy az átlagos hiba értéke magas, vagy éppen alacsony.

$$\bar{RH}_t = \frac{1}{T} \cdot \sum_{i=t-T}^t \frac{F_i - D_i}{D_i} \cdot 100$$

4. átlagos abszolút hiba

Az átlagos abszolút hiba alkalmazásával megadható az előjel nélküli eltérés mértéke.

$$\bar{AH}_t = \frac{1}{T} \cdot \sum_{i=t-T}^t |F_i - D_i|$$

5. átlagos abszolút relatív hiba

Az átlagos abszolút hiba az előrejelzés szórásával áll kapcsolatban a következő módon:

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \cdot \bar{AH} \approx 1,25 \cdot \bar{AH}$$

Annak megválaszolására, hogy az átlagos abszolút hiba értéke mennyire magas, az átlagos abszolút relatív hiba számítása szolgál.

$$\hat{AARH}_t = \frac{1}{T} \cdot \sum_{i=t-T}^t \left| \frac{F_i - D_i}{D_i} \cdot 100 \right|$$

6. átlagos hibanégyzet

Lényege, hogy a négyzetre emelés miatt eltűnnek az előjelek, illetve hatványozottan jelennek meg a jelentősebb különbségek.

$$\hat{ANH}_t = \frac{1}{T} \cdot \sum_{i=t-T}^t (F_i - D_i)^2$$

Amint az fentebb látható, számos hiba mutató rendelkezésünkre áll az egyes előrejelzések hibáinak értékelése kapcsán. Azonban mindig azt a mutatót kell választanunk, ami az adott esetben a legtöbb információt szolgáltatja nekünk. [2]

1.9 A követőjel

Az előrejelzéseknek időről-időre ellenőriznünk kell az aktualitását, hiszen előfordulhat, hogy egy idő után már nem az igény véletlenszerűsége miatt keletkezik előrejelzési hiba, hanem a nem megfelelő előrejelzés használatából adódóan. Ebben az előrejelzési hiba futó összege adhat nekünk segítséget, mely a következőképp számítható:

$$EHF\ddot{O}_t = \sum_{i=1}^t (F_i - D_i)$$

Ideális esetben az előrejelzési hiba futó összege nulla, ez azonban a valóságban igen ritka. Lehetőség van azonban kiszámítani, hogy $EHF\ddot{O}_t$ mennyire tér el az ideális esettől, azaz nullától. [2]

$$\left| \frac{EHF\ddot{O}_t}{\sigma_{EHF\ddot{O}}} \right| \leq C_1$$

Normál eloszlásnál $\sigma_{EHF\ddot{O}}$ összefüggésben van $\hat{AAH}$ -val, melyre az alábbi képlet alkalmazható:

$$\left| \frac{EHF\ddot{O}_t}{\hat{AAH}_t} \right| \leq C_1 \cdot C_2 = K$$

Az abszolút értékben található kifejezés nem más, mint a követő jel, mely az alábbi módon számolható:

$$KJ_t = \frac{EHF\ddot{O}_t}{\dot{A}AH_t}$$

Ebben az összefüggésben a K érték két konstans tag szorzatából adódik, C_1 -ből és C_2 -ből. Ezen két érték szorzata a gyakorlatban 4 és 6 között ideális. [2]

A követőjel-diagram jellegzetes típusai:

- Ha a követőjel a kontrollhatáron belül zéró értéken belül mozog, az azt jelenti, hogy az előrejelzés statisztikailag megfelelő.
- Ha a követőjel értéke módszeresen lefelé halad, akkor a kapott előrejelzések folyamatosan alábecsülik a tényleges igényeket.
- Ha a követőjel módszeresen felfelé halad, akkor rendszeresen túlbecsültük az igényt.
- Ha a követőjel nem véletlenszerűen, hanem direkt módon változik, akkor vagy figyelmen kívül hagytuk a szezonalitást, vagy szezonalitást tettünk az előrejelzésbe indokolatlanul.

A követőjel folyamatos figyelése azért elengedhetetlen a pontos előrejelzés elkészítése szempontjából, mert előfordulhat, hogy egy előrejelzés jó ideig megállja a helyét, azonban egy termékéletgörbe ciklusváltozásának következtében már nem alkalmazható tovább. Ezt a változást a követőjel-diagram kiválóan szemlélteti, így időben felismerhető a változtatás szükségessége. [2]

1.10 XYZ-elemzés

XYZ-elemzés elvégzésekor az egyes termékeket azok igényeinek változékonysága alapján osztályozzuk. Alapjául a relatív szórás szolgál, melyet úgy kapunk meg, hogy az adatsorunk szórását elosztjuk az adatsorunk számtani átlagával.

$$CV = \frac{\delta}{\bar{x}}$$

- X termék: A termék igényének változékonysága kis mértékű. Ezesetben nagyon egyszerű pontos előrejelzést adni.

- Y termék: Nem beszélhetünk állandó keresletről, viszont némiképp megjósolható a vevői igények későbbi alakulása.
- Z termék: Z termék esetén az igény rendkívül ingadozó, így az előrejelzés sem teljesen megbízható.

Az effajta elemzés hatással van a készletgazdálkodásra. A termék esetén a készletek kezelése teljesen automatizálható, valamint nincs szükség nagy mennyiségű raktári készletekre, ebben az esetben javasolt a Just In Time (JIT) alkalmazása. B termék esetén már előfordulhat, hogy manuális segítségre szorul az automatizált készletkezelés, illetve szükség van bizonyos mennyiségű raktárkészletre. C terméknel nagyon nehéz előrejelzést készíteni, érdemes ebben az esetben a rendelésre történő gyártás. [2]

1.11 Relatív szórás

Más néven szóródási együtthatónak, vagy variációs koefficiensnek is nevezzük. Számítása a következőképpen alakul:

$$V_{\%} = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100$$

Értéke a szórás és az átlag hányadosából adódik, és százalékosan értendő. A relatív szórás hatékonyan alkalmazható a sokaság heterogenitásának vagy homogenitásának megfigyelésére. Ehhez az alábbi tartományok tartoznak:

-10%	állandó, homogén sokaság
10%-20%	közepes változékonyság
20%-30%	erős változékonyság
30%-	szélsőséges ingadozás

[3] , [4]

2. Anyag és módszer

2.1. Problémafelvetés

A vevői igény elég változatos lehet, melyhez a gyártó vállalat igyekszik igazodni és lépést tartani vele. Ezt azonban a gyakorlatban igen nehéz hatékonyan kivitelezni előrejelzés alkalmazása nélkül. Ahhoz, hogy a lehető legkevesebb költséggel, és felgyülemlett készletek nélkül is képes legyen a vállalat hónapról hónapra maradéktalanul kielégíteni a vevői igényeket, pontos előrejelzésre van szükség. Érdemes többféle előrejelzési módszert is kipróbálni, majd kiválasztani az adott termékhez leginkább passzoló előrejelzést, és azt alkalmazni a gyakorlatban. Fontos az előrejelzések időszakos ismételése is, hiszen a vevői igény változhat, mivel rengeteg tényező befolyásolja. Egy pontos előrejelzés sokat lendíthet előre egy vállalat termelésének stabilizálásában, ugyanis az előrejelzésnek köszönhetően a termelés tervezése nagy mértékben leegyszerűsödik, kiszámíthatóbbá válik. Az alábbiakban szeretném ezt a folyamatot bemutatni a gyártó vállalat egy terméke esetén.

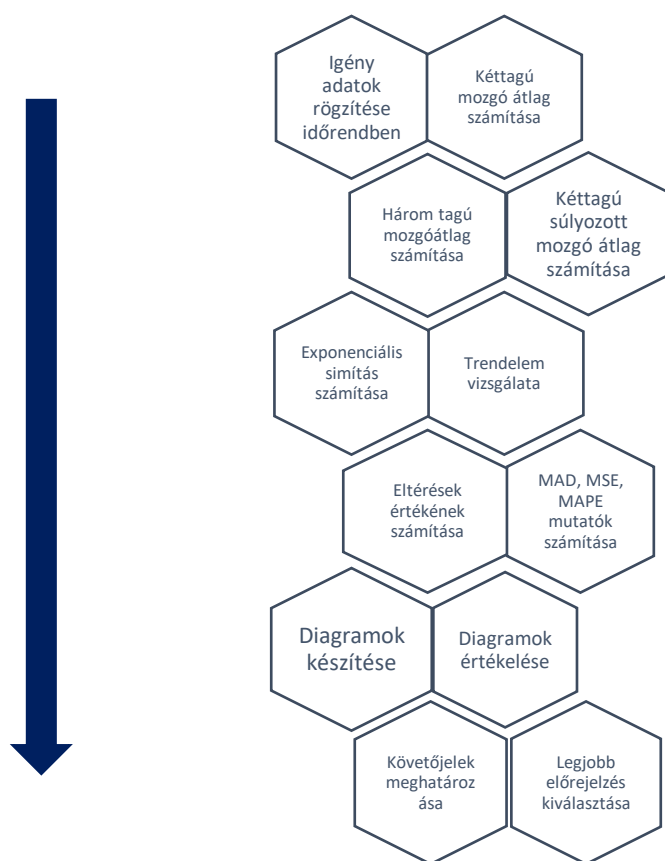
2.2. Célkitűzés

Dolgozatomban szeretném bemutatni a vállalat számára készített vevői igényre szabott előrejelzésem. Először prezentálom az egyes előrejelzési módszereket, amiket az adatok alapján készítettem, majd elemzem a kapott eredményeket. Összehasonlítom az egyes módszerek eredményeit, majd megvizsgálom, melyik bizonyul a legmegfelelőbbnek. Az eredmények tükrében meghatározom a termék esetén legideálisabbnak bizonyuló előrejelzési módszert, majd ezt is elemzem néhány mondatban. Elemzésem végén javaslatokat teszek, hogy milyen körülmények között érdemes az adott előrejelzési módszert továbbra is alkalmazni, és mely esetekben kell másik módszert választani.

2.3. A kutatás lépései

A rendelkezésemre álló adatok a 2019. január 31.-től 2021. augusztus 31.-ig tartó időszakot ölelik fel, mely mindösszesen 31 adatsort tartalmaz. Az igények havi lebontásban érkeznek, ezek alapján van lehetőség az előrejelzési módszerek elkészítésére, majd a legjobb alternatíva kiválasztására az eredmények függvényében. Elemzésemet az adatok mozgó átlagának

kiszámolásával kezdtem. Ebből két típust vizsgáltam, a kéttagú és a három tagú mozgó átlagot. Ezek után két tag esetében megvizsgáltam a súlyozott mozgó átlagot is, a súlyokat a Microsoft Excel-ben található Solver bővítmény segítségével optimalizáltam. Adatsorom következő oszlopául az exponenciális simítás szolgált. Az exponenciális simítást követően azt, vizsgáltam, hogy van-e trendelem az adatsorban, erre a kérdésre a trend függvény adott választ. Ezen adatok függvényében kiszámítottam az eltéréseket kéttagú és három tagú mozgó átlagra, kéttagú súlyozott mozgó átlagra, valamint exponenciális simításra. MAPE (átlagos százalékos abszolút hiba) értékek számításához elengedhetetlen volt az eltérések százalékos megoszlásának meghatározása. A számolt értékek alapján folytattam elemzésem az MAD, MSE és MAPE mutatók kiszámításával. Számításaim által rengeteg adat állt rendelkezésemre, melyek szemléltetésére az alábbiakban látható diagramok fognak segítségül szolgálni. Végezetül az adathalmazból kinyert eredmények alapján kiválasztottam a termékre vonatkozó legpontosabb előrejelzési módszert.

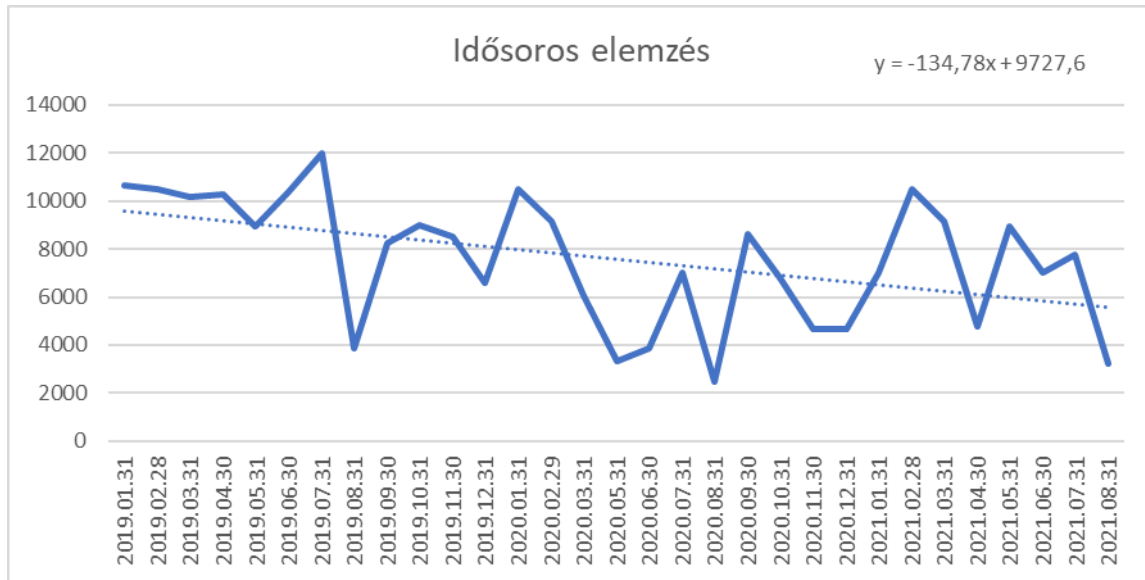


3. ábra Kutatási lépések (forrás: saját szerkesztés, 2021.)

3. Eredmények

3.1. Idősoros elemzés

Az adatok alapján idősoros elemzést végeztem, melyet az alábbi diagram szemléltet.



4. ábra Idősoros elemzés (forrás: saját szerkesztés, 2021.)

A diagramból tökéletesen leolvasható, hogy a vevői igények egyenesen arányosan csökkennek, a trendvonal (szaggatott vonal) is ezt szemlélteti. A diagramból egyértelműen csökkenő trend olvasható ki, az időszakok előrehaladtával közel azonos mértékben csökkent a vevői igény a termék esetében. A csökkenés 134.78 időszakonként, amely az első időszak értékéhez viszonyítva 1,39%-ot tesz ki, míg az utolsó igény adathoz képest az arány 2,43%

3.2. Az előrejelzés készítésének alapjai

Előrejelzésem készítésekor öt módszert alkalmaztam, a kéttagú mozgóátlagot, a háromtagú mozgóátlagot, a súlyozott kéttagú mozgóátlagot, az exponenciális simítást, valamint a lineáris trendet. Ezeket három mutató alapján osztályoztam, ezek pedig az MAD, MSE, és MAPE mutatók voltak. Az alábbiakban részletesen kitérek ezen mutatók által kapott eredményeimre. Az előrejelzések elkészítésekor stacionárius modelleket alkalmaztam. Súlyozott mozgóátlag számításakor a súlyokat a Microsoft Excel Solver bővítményének segítségével határoztam meg, a célfüggvény pedig a következő volt:

$$\text{Min } z = \frac{\sum_{i=1}^n (e_t)^2}{n}$$

az alábbi korlátozó feltételek mellett:

$$0 \leq w_1; w_2 \leq 1$$

Exponenciális simításnál ugyanazon célfüggvény mellett az alábbi korlátozó feltételeket vettem figyelembe:

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

Az eredmények tükrében észrevehető, hogy a kéttagú mozgóátlag (MA2) és a kéttagú súlyozott mozgóátlag (WMA2) értékei nagyon hasonlóak. Ennek az az oka, hogy a Solver általi optimalizálást követően a súlyok a következőképpen alakultak: $w_1 = 0,5651$; $w_2 = 0,4349$

Az előrejelzések precizitását különböző mutatók segítségével vizsgáltam. Először az átlagos négyzetes eltérés (MSE) értékét adtam meg. Ezután kiszámoltam az átlagos abszolút eltérést (MAD) és az átlagos abszolút százalékos hibát (MAPE) is.

1. táblázat Mutatók alakulása az egyes előrejelzéseknél (forrás: saját szerkesztés, 2021.)

	MA(2)	MA(3)	WMA(2)	Exp. simítás	Lin. trend
MSE	8 560 386,04	7 572 383,90	8 519 647,68	6 833 035,03	5 781 764,76
MAD	2 304,32	2 210,86	2 277,96	2 034,06	1 964,18
MAPE	43,43%	42,11%	43,03%	40,94%	37,67%

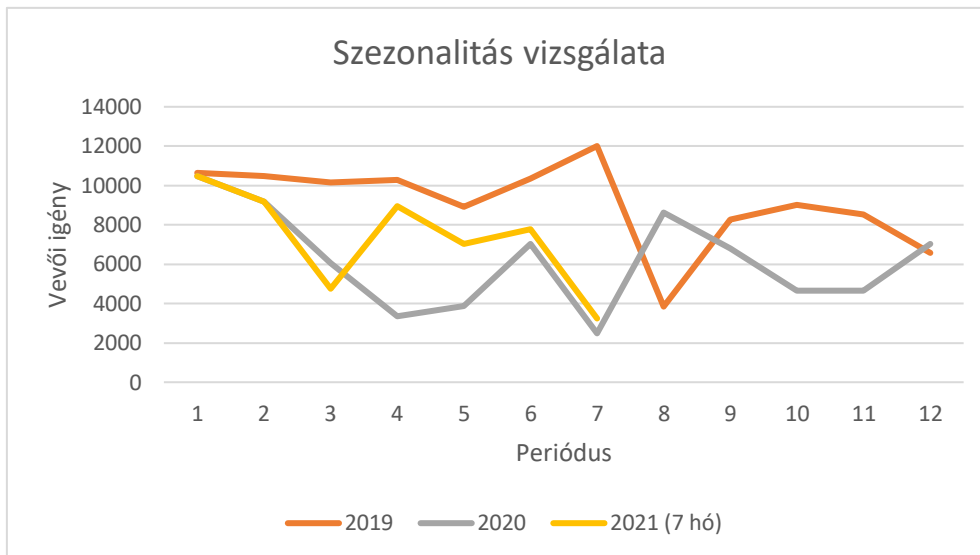
A táblázatban látható színek jelentéssel bírnak, ugyanis a pirostól a zöld színig haladva egyre pontosabb előrejelzést kapunk. Ennek alapján ezen mutatók összehasonlításából adódóan a lineáris trend alkalmazását javasolnám a vállalat számára.

3.3. XYZ-elemzés

A mutatók vizsgálata után végeztem egy XYZ-elemzést a termékre vonatkozóan, hogy megfigyeljem, mennyire változékony a vevői igény. Először kiszámoltam a 31 időszak igényének átlagát, melyre 7571,2-t kaptam eredményül. Ezt követően kiszámítottam ezen adatok szórását, melynek eredménye 2644,6 lett. A szórás és az átlag hányadosaként kaptam a 0,35 értéket, melyből arra a következtetésre jutottam, hogy ez egy „Y” kategóriás termék. „Y”

termék esetén van lehetőség tervezésre, azonban számolni kell ingadozással is, így nem lehet teljes mértékben megjósolni a vevői igények későbbi alakulását.

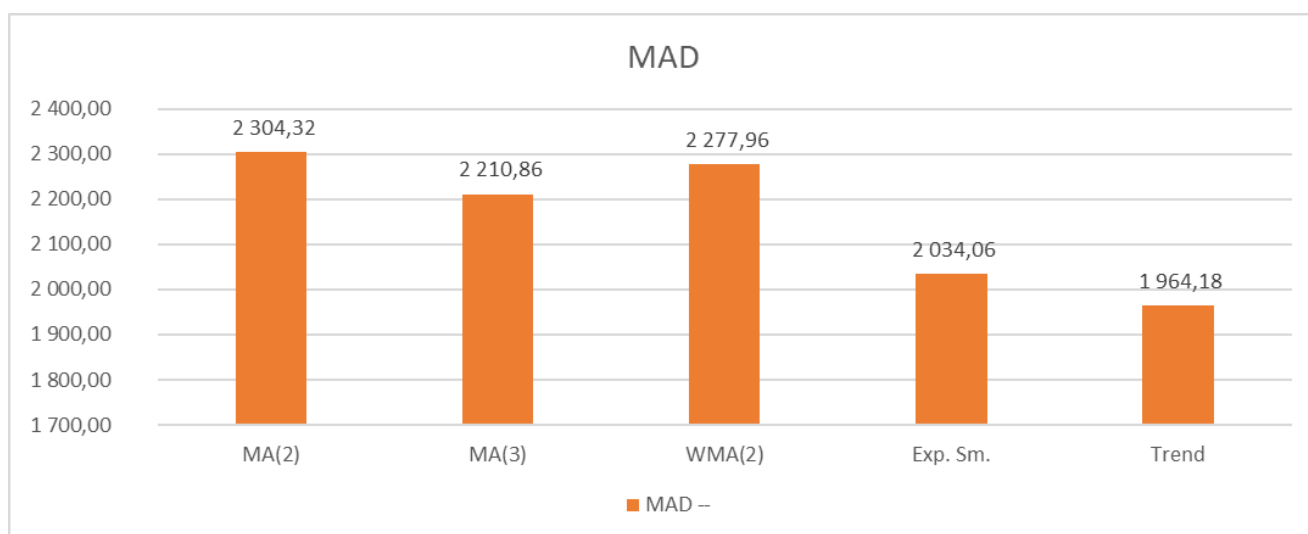
3.4. A szezonális vizsgálata



5. ábra Szezonális alakulása (forrás: saját szerkesztés, 2021.)

A szezonális vizsgálatához rendszerezni kellett a 31 adatot a vevői igényekre vonatkozóan. Ennélfogva évenkénti lebontásban ábrázoltam az eredményeket, mely az utolsó, 2021-es évre 7 hónapot jelent. Az ábrán azt figyeltem meg, hogy hogyan viszonyulnak egymáshoz az egyes vonalak. Ez alapján úgy gondolom, hogy a 2019-es és 2021-es évben felfedezhető szezonális, hiszen januártól márciusig csökkenés, majd egy hónapon keresztül némi növekedés, majd áprilistól májusig ismét növekedés figyelhető meg. Mindent összevetve azonban, mivel a 2020-as év egyáltalán nem mutat hasonlóságot a többi évhez képest, nem számoltam a szezonálisitással.

3.5. Eredmények MAD vonatkozásában



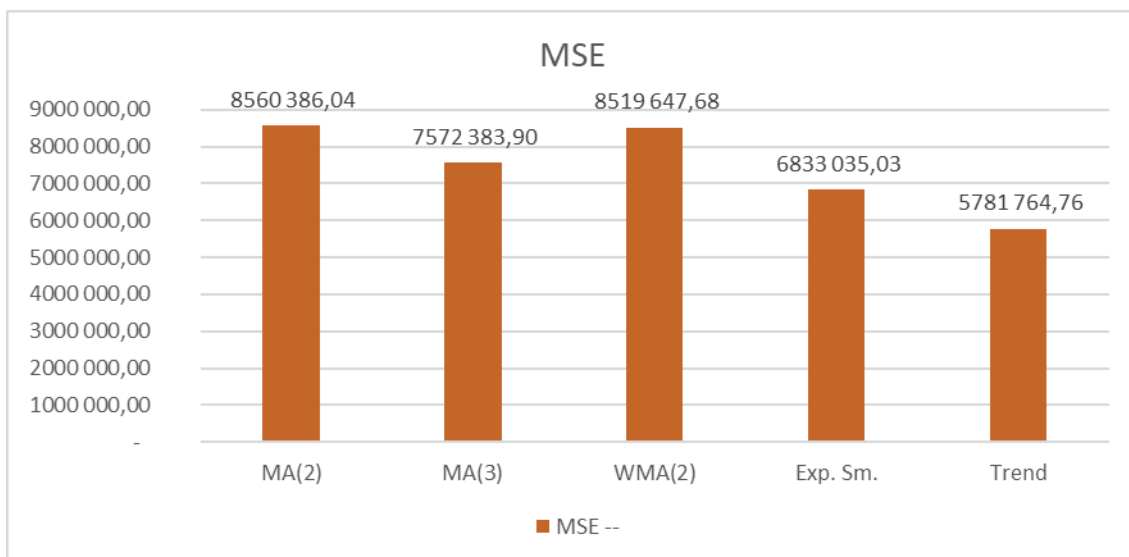
6. ábra MAD mutató alakulása (forrás: saját szerkesztés, 2021.)

Az MAD egy angol eredetű mozaikszó, jelentése Mean Absolute Deviation, azaz átlagos abszolút eltérés. Ebből adódik, hogy annál jobb az előrejelzés, minél kisebb MAD-érték tartozik hozzá.

A fenti diagram szemlélteti a különböző előrejelzések MAD-szerinti alakulását. Az öt típus közül kiemelkedően magas a kéttagú, és a súlyozott kéttagú mozgóátlagnak az értéke, ám nem sokkal kedvezőbb a háromtagú mozgóátlaggal kapott előrejelzésem értéke sem. Ebből a szempontból az exponenciális simítás, illetve a trend típusú előrejelzés használata javasolt.

3.6. Eredmények MSE vonatkozásában

Az MSE szintén egy angol eredetű mozaikszó, melynek jelentése Mean Squared Error, vagyis átlagos négyzetes hiba. Értéke fordítottn arányos az előrejelzés minőségével, így minél kisebb MSE értéket kapunk, annál pontosabb előrejelzésre számíthatunk.

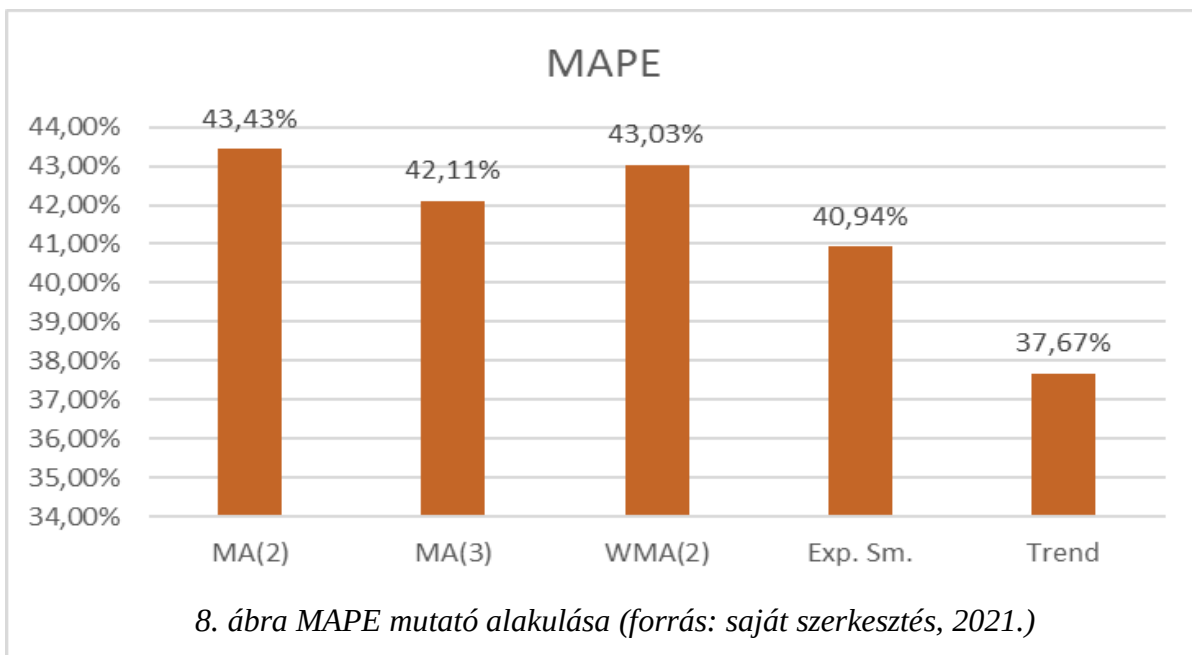


7. ábra MSE mutató alakulása (forrás: saját szerkesztés, 2021.)

Az MSE-értékekben nincs releváns változás az előző mutatóhoz képest, az arányok ugyanis ugyanúgy alakulnak. A legnagyobb értékeket a kéttagú mozgó, a kéttagú súlyozott mozgó, valamint a háromtagú mozgóátlagok adják. Lineáris trend típusú előrejelzés a legcélravezetőbb, ezt a módszert követi az exponenciális simítás.

3.7. Eredmények MAPE vonatkozásában

A MAPE szintén egy angol eredetű mozaikszó, a Mean Absolute Percentage Error rövidítése, amely átlagos százalékos abszolút hibát jelent. Minél alacsonyabb százaléktérteket mutat, annál hasznosabb lesz az adott előrejelzési módszer.



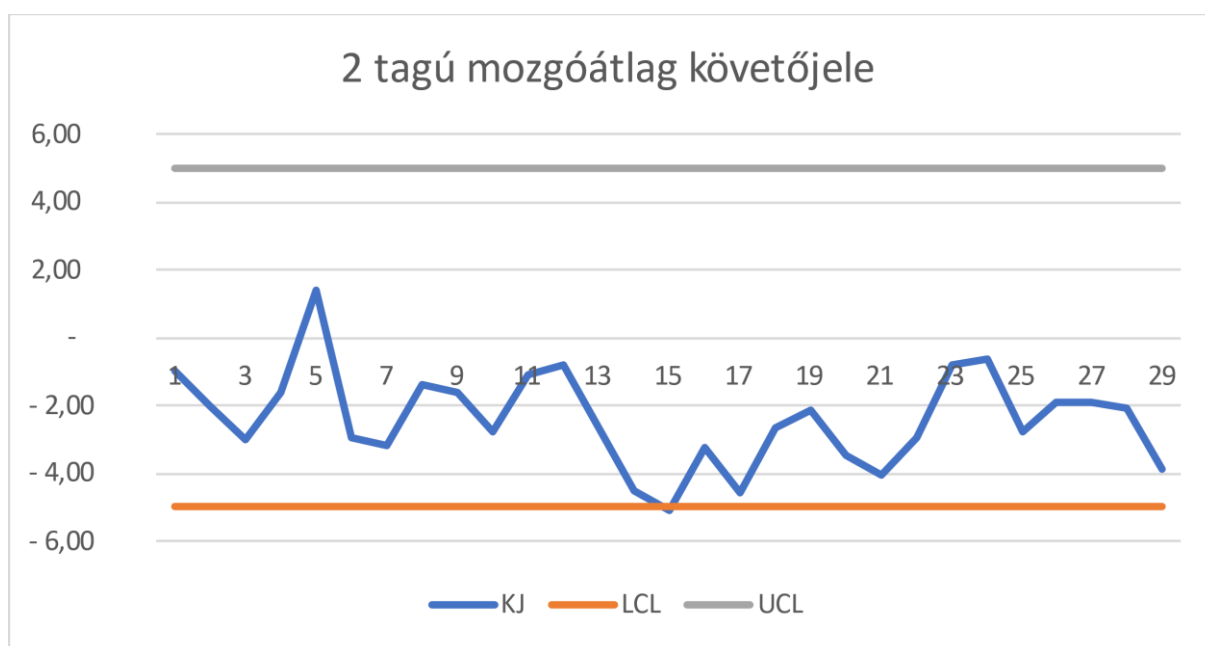
8. ábra MAPE mutató alakulása (forrás: saját szerkesztés, 2021.)

Hasonlóan az előző két mutatóhoz, a MAPE esetében is ugyanaz a következtetés vonható le, miszerint a legjobb előrejelzések rendre: trend, exponenciális simítás, háromtagú mozgóátlag.

Összességében elmondható, hogy mindhárom mutató közel hasonló arányokat vázolt fel az előrejelzésekkel kapcsolatban. A legpontosabb előrejelzést a trend adja, ezután pedig az exponenciális simítást, vagy a háromtagú mozgóátlagot érdemes választanunk.

3.8. A követőjel alakulása az egyes előrejelzéseknél

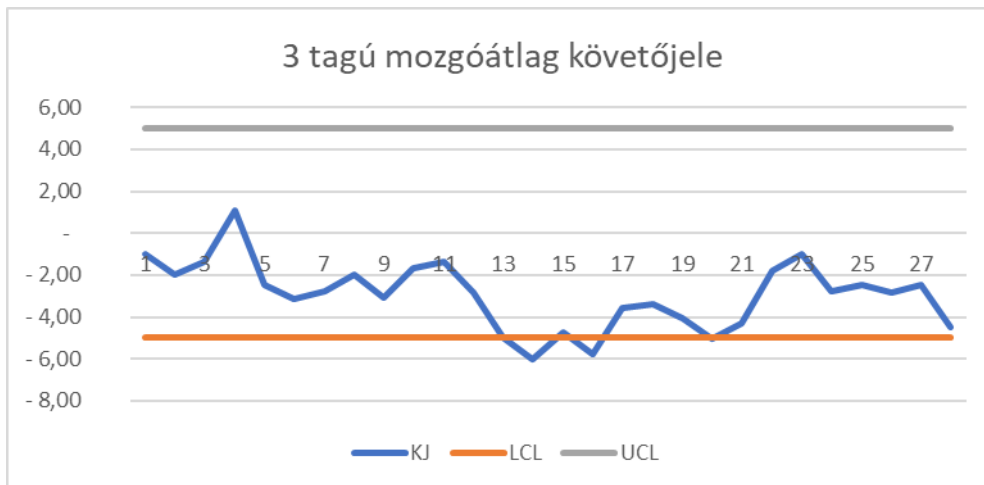
3.8.1. Követőjel vizsgálata kéttagú mozgóátlagnál



9. ábra Követőjel kéttagú mozgóátlag esetén (forrás: saját szerkesztés, 2021.)

A fenti ábrán látható, hogy a követőjel az alsó és felső határok között mozog, ezért elmondható, hogy ez az előrejelzési módszer hatékonyan alkalmazható. A vizsgált időszak elején, körülbelül a 11. időszakig zérus vonzásában helyezkedik el, ami azt jelenti, hogy a 11. időszakig egészen pontos előrejelzést kaphatunk. A 11. időszaktól azonban megfigyelhető, hogy a követőjel folyamatosan zérus alatt helyezkedik el, ez arra enged következtetni, hogy kissé alábecsültem ezen időszakok várható igényét.

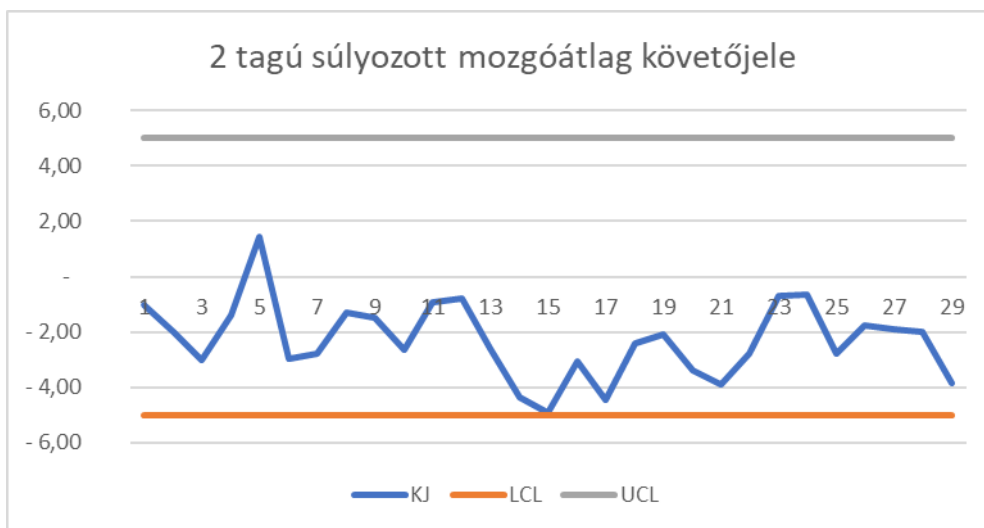
3.8.2. Követőjel vizsgálata háromtagú mozgóátlagnál



10. ábra Követőjel háromtagú mozgóátlag esetén (forrás: saját szerkesztés, 2021.)

A diagramról egyértelműen leolvasható, hogy ez az előrejelzési módszer nem lesz alkalmas pontos előrejelzés elkészítésére, hiszen a követőjel kívül esik az alsó határon. Ezen információk ismeretében kizárom ezt a módszert a legmegfelelőbb előrejelzések közül.

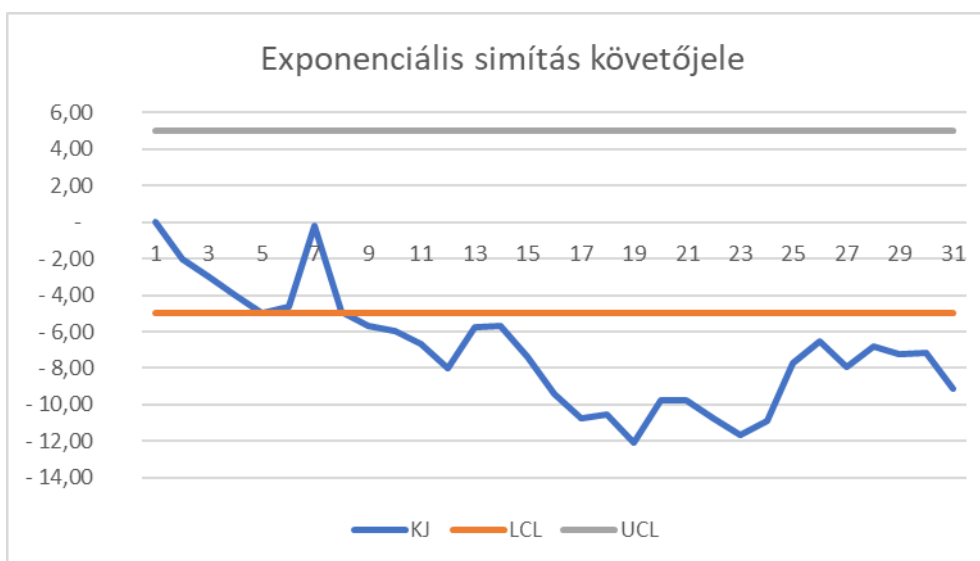
3.8.3. Követőjel vizsgálata kéttagú súlyozott mozgóátlagnál



11. ábra Követőjel kéttagú súlyozott mozgóátlag esetén (forrás: saját szerkesztés, 2021.)

Kéttagú súlyozott mozgóátlagnál látható, hogy a követőjel a kontrollhatárokon belül található, így az előrejelzés jól alkalmazhatónak tűnik. Hasonlóan alakul, mint a kéttagú mozgóátlagnál, hiszen megfigyelhető, hogy a 11. időszakig zérus környéki az elhelyezkedés, majd rendre zérus alatt találhatóak az értékek. Valószínűsíthető, hogy ebben az esetben is kissé alábecsültem ezen időszakok várható igényét.

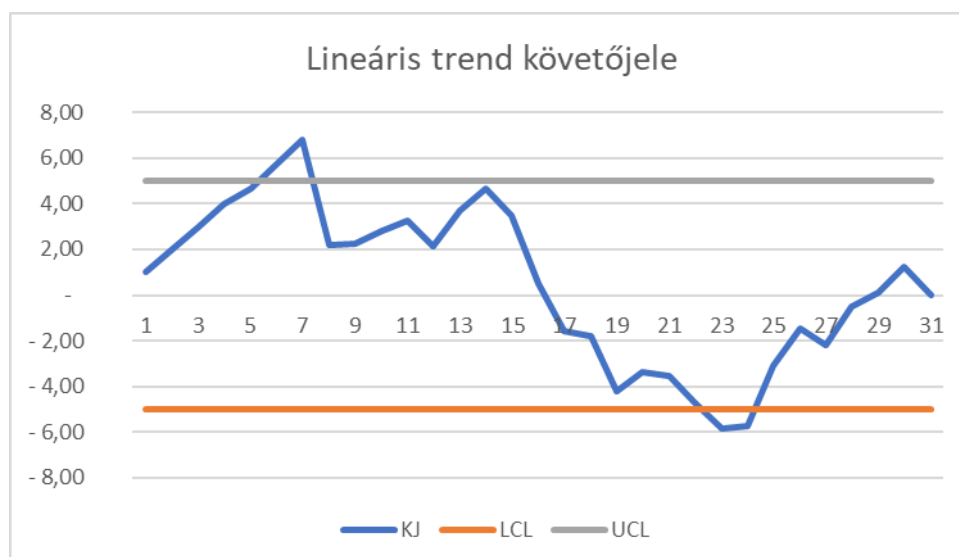
3.8.4. Követőjel vizsgálata exponenciális simítás esetén



12. ábra Követőjel exponenciális simítás esetén (forrás: saját szerkesztés, 2021.)

Érdekes következtetést vonhatunk le a fenti ábrából, ugyanis az MAD, MSE és MAPE mutatók alapján 2. helyen szerepelt az exponenciális simítás által adott előrejelzési módszer, a követőjel mégis rávilágított arra, hogy az előrejelzésünk nem ad pontos értékeket. A 8. időszakot követően a követőjel jócskán aláesik a megszabott alsó határnak, így ez az előrejelzési módszer is kizárható.

3.8.5. Követőjel vizsgálata lineáris trendnél



13. ábra Követőjel lineáris trend esetén (forrás: saját szerkesztés, 2021.)

Látható, hogy lineáris trend esetén előfordul olyan eset is, amikor felülről lépi túl a megszabott határvonalat, illetve olyan eset is, amikor az alsó határon esik túl a követőjel. Ideális esetben a követőjel a határvonalakon belül mozog, így valószínűleg nem ez lesz a legmegfelelőbb előrejelzési forma.

3.9. A legpontosabb előrejelzési módszer kiválasztása

Alapvetően az MSE mutató figyelembevételével állapítottam meg a legpontosabb előrejelzést. Ezt a döntést befolyásolhatta a követőjel vizsgálata, ugyanis ha az általam jónak vélt előrejelzési módszer követőjele a határon kívül esik, mégsem az lesz a legjobb megoldás. Az MSE alapján a legjobb választások rendre a lineáris trend, az exponenciális simítás és a háromtagú mozgóátlag voltak. Ezután ezt a három előrejelzést megnéztem a követőjel vonatkozásában is, ahol sajnálatos módon mindhárom követőjel kívül esett a megengedett határokon, ezért az ezeket követő legjobb előrejelzést, a kéttagú súlyozott mozgóátlagot vizsgáltam. Bár az MSE-mutató alapján nem ez a legjobb előrejelzés, a követőjel ebben az esetben a határvonalakon belül helyezkedik el, így véleményem szerint ez a legjobb előrejelzési módszer, így ezt javasolnám a gyártó vállalat számára.

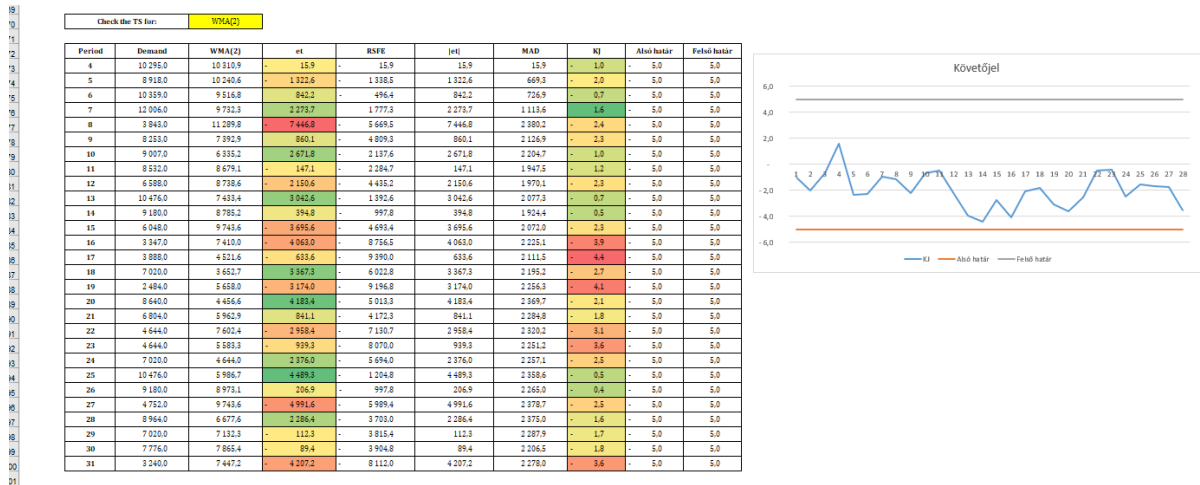
Irodalomjegyzék:

- [1] Gelei Andrea (szerk.): Logisztikai döntések, https://mersz.hu/dokumentum/dj165ld_1/
(internetes forrás, utolsó letöltés dátuma: 2021.10.12.)
- [2] Koltai Tamás: Termelésmenedzsment, ISBN 963-9664-12-X
- [3] Kardos Zoltánné Dr.-Dr. Vargáné Dugonics Rita: Alkalmazott statisztika, ISBN 963-004-281-9
- [4] Hunyadi László, Vita László: Statisztika közgazdászoknak, ISBN 963-215-632-3

Mellékletek:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
1																											
2	Időszak	Period	Product	MA(2)	MA(3)	WMA(2)	Exponential Smoothing																				
3	2019.01.01	1	10 498.0	--	--	--	10 650.0	9952.0																			
4	2019.03.01	2	10 494.0	--	--	--	10 650.0	9460.0																			
5	2019.03.01	3	10 170.0	10 564.0	--	10 504.0	10 601.0	9312.0																			
6	2019.04.01	4	10 296.0	10 512.0	10 454.0	10 515.0	10 493.0	9188.0																			
7	2019.05.01	5	8 918.0	10 512.0	10 517.0	10 540.0	10 444.0	9067.0																			
8	2019.06.01	6	10 510.0	9 668.0	9 794.0	9 516.0	10 960.0	8918.0																			
9	2019.07.01	7	10 064.0	9 688.0	9 807.0	9 701.0	10 102.0	8784.0																			
10	2019.08.01	8	10 610.0	11 182.0	10 427.0	11 289.0	10 801.0	8694.0																			
11	2019.09.01	9	8 253.0	7 545.0	7 766.0	7 382.0	8 965.0	8514.0																			
12	2019.10.01	10	9 007.0	6 040.0	8 094.0	6 102.0	8 741.0	8079.0																			
13	2019.11.01	11	8 532.0	8 400.0	7 014.0	8 874.0	8 804.0	8241.0																			
14	2019.12.01	12	6 580.0	8 793.0	8 977.0	8 708.0	8 778.0	8111.0																			
15	2020.01.01	13	10 476.0	7 660.0	8 242.0	7 435.0	8 183.0	7971.0																			
16	2020.02.01	14	9 180.0	8 102.0	8 512.0	8 786.0	8 770.0	7847.0																			
17	2020.03.01	15	8 940.0	9 828.0	8 740.0	9 745.0	8 871.0	7701.0																			
18	2020.03.01	16	9 347.0	7 644.0	8 668.0	7 402.0	8 164.0	7571.0																			
19	2020.03.01	17	10 880.0	4 097.0	6 191.0	4 021.0	6 912.0	7434.0																			
20	2020.07.01	18	7 020.0	3 617.0	4 427.0	3 627.0	6 182.0	7301.0																			
21	2020.08.01	19	2 484.0	3 441.0	4 711.0	3 610.0	6 910.0	7168.0																			
22	2020.09.01	20	8 140.0	4 752.0	4 441.0	4 454.0	5 403.0	7011.0																			
23	2020.10.01	21	6 894.0	5 162.0	6 040.0	5 162.0	6 222.0	6897.0																			
24	2020.11.01	22	4 444.0	7 721.0	5 976.0	7 402.0	6 385.0	6761.0																			
25	2020.12.01	23	4 444.0	7 721.0	5 976.0	7 402.0	6 385.0	6761.0																			
26	2021.01.01	24	7 020.0	4 444.0	5 964.0	4 444.0	5 613.0	6481.0																			
27	2021.02.01	25	10 476.0	5 812.0	6 416.0	5 106.0	5 964.0	6302.0																			
28	2021.03.01	26	9 180.0	8 748.0	7 880.0	8 971.0	7 994.0	6214.0																			
29	2021.04.01	27	4 752.0	9 828.0	8 952.0	9 745.0	7 621.0	6086.0																			
30	2021.05.01	28	8 940.0	8 940.0	8 116.0	6 677.0	6 903.0	5911.0																			
31	2021.06.01	29	7 020.0	6 888.0	7 612.0	7 102.0	7 421.0	5831.0																			
32	2021.07.01	30	7 776.0	7 962.0	8 914.0	7 964.0	8 914.0	5711.0																			
33	2021.08.01	31	3 240.0	7 398.0	7 920.0	7 447.0	7 437.0	5649.0																			
34																											
35																											

14. ábra Excel-számítások (forrás: saját szerkesztés, 2021.)



15. ábra Excel-számítások folytatása (forrás: saját szerkesztés, 2021.)