

Kodolányi János Egyetem

Szakdolgozat

Szabó Tamás

Levelező munkarend

Gazdálkodási és menedzsment alapképzési szak

Budapest

2024

Kodolányi János Egyetem

Gazdálkodási és Menedzsment Tanszék

Raktári készletigény előrejelzés MI támogatással

Konzulens: Dr. Pitlik László

Készítette: Szabó Tamás

Gazdálkodási és menedzsment alapképzési szak

Tartalomjegyzék

ABSZTRAKT.....	4
1. BEVEZETŐ.....	7
1.1 MOTIVÁCIÓ.....	7
1.2 CÉLOK.....	7
1.3 FELADAT	8
1.4 CÉLCSOPORT	9
1.5 HASZNOSSÁG.....	9
1.5.1 A fejlesztések költségei	9
1.5.2 A pontosságnövekedés által elérhető gazdasági előnyök	10
1.6 SZAKDOLGOZAT SZERKEZETE.....	10
2. SZAKIRODALMI HÁTTÉR.....	12
2.1 KÉSZLETGAZDÁLKODÁS ÉS KÉSZLETIGÉNY ELŐREJELZÉS	12
2.1.1 Készletgazdálkodás	12
2.1.2 A készletgazdálkodás célja.....	12
2.1.3 Készletgazdálkodási módszerek.....	13
2.2 KÉSZLETIGÉNY ELŐREJELZÉS JELENTŐSÉGE.....	13
2.2.1 Mozgóátlag alapú előrejelzés	14
2.2.2 A mesterséges intelligencia jövőbeni szerepe a készletgazdálkodásban.....	15
2.3 ELŐREJELZÉS TÍPUSOK.....	16
2.3.1 Naív megközelítés	16
2.3.2 Különböző mozgóátlag típusok	16
2.3.3 Idősoros dekompozíció (Time Series Decomposition)	16
2.3.4 Regressziós elemzés	16
2.3.5 Idősor elemzés: ARIMA modell	17
2.3.6 Gépi tanulás (Machine Learning) és mély tanulás (Deep Learning) modellek	17
2.4 MI ALAPÚ ELŐREJELZÉS.....	18
2.4.1 MI megfogalmazása	18
2.4.2 Hogyan működik az MI-alapú-előrejelzés?.....	19
2.4.3 Döntéstámogatás.....	20

3.	SAJÁT MODELLEK ÉS EREDMÉNYEIK	21
3.1	HIPOTÉZIS.....	21
3.2	MÓDSZERTAN.....	22
3.2.1	Mozgóátlagok meghatározása	22
3.2.2	Mozgóátlagok hibájának kiszámítása	22
3.2.3	Mozgóátlag periódusbeli eltolásának különbsége	22
3.2.4	Mozgóátlag minősítési folyamat	23
3.2.5	Középértékek.....	23
3.2.6	Szórás és az adatszóródás mértéke	23
3.2.7	Tartomány.....	24
3.2.8	Mozgóátlag minősítése a középértékek, tartomány és szórás alapján.....	24
3.2.9	COCO online additív standard Y0 modul	27
3.3	KÍSÉRLETI MODELL.....	27
3.3.1	Adatgyűjtés.....	27
3.3.3	Objektumok	33
3.3.4	Attribútumok	33
3.3.5	Sorszámozás	33
3.3.6	Módszer	34
3.3.7	Eredmények.....	36
3.3.8	Véletlenszerű alternatív megközelítés	38
4.	VITA.....	39
5.	KONKLÚZIÓ.....	40
6.	JÖVŐKÉP	41
6.1	JÖVŐBELI KUTATÁSOK IRÁNYAI ÉS LEHETŐSÉGEI	41
6.2	MI-ALAPÚ RENDSZEREK SZÉLESEBB KÖRŰ ALKALMAZÁSA	42
6.3	KISEBB VÁLLALKOZÁSOK TÁMOGATÁSA.....	42
	ÖSSZEFOGLALÁS.....	43
	ÁBRA, KÉP ÉS TÁBLÁZAT JEGYZÉK	44
	RÖVIDÍTÉSJEGYZÉK.....	45
	IRODALOMJEGYZÉK.....	46

Absztrakt

Szakdolgozatomban bemutatásra kerül rövidtávú, 1 hetes, előrejelzés „egyszerű” mozgóátlag alkalmazásával, amiből adott termék/termékek készletigényére lehet következtetni a közeljövőben. 1–7 periódusú mozgóátlag szemléltetése előnyös, kvázi végtelen hosszú idősorok esetén, mivel ezek a relatív rövid távú átlagok rugalmasan követik az adatváltozásokat, és jól illeszkednek a heti adatsorok elemzéséhez. A rövidebb mozgóátlag-periódusok (például 1–3 hét) az adatok azonnali, rövid távú, például egy hétre vonatkozó trendjeit tükrözik, míg a hosszabbak (például 4–7 hét) kisimítják a rövid távú, szintén egy hétre kiterjedő ingadozásokat, és segítenek felismerni a középtávú trendeket, megmutathatja, hogy a készletigény összességében növekvő vagy csökkenő tendenciát mutat egy több hetes periódus során (vö 3 fejezet). Ez különösen hasznos lehet például raktári készletszint-előrejelzésnél, ahol az áruk iránti kereslet időszakos változásai gyorsan láthatóvá válhatnak.

A mozgóátlag módszer egy népszerű statisztikai eszköz az idősoros adatok elemzésére, amelyet elsősorban vizualizációs célokra, de akár előrejelzési feladatokhoz is alkalmaznak. Az előrejelzés során gyakran benchmarkként szolgál: egy alapvető szint, amelyet a kifinomultabb módszereknek túl kell szárnyalniuk. Az egyik legegyszerűbb előrejelzési megközelítés a „holnap = ma” módszer, amely egy vízszintes vonallal folytatja az utolsó adatpontot, ám ez nem garantálja a helyes értéket – ahogyan egy álló óra is csak véletlenül mutat pontos időt. A mozgóátlagolás ugyan nem tud szigorúan monoton jövőképet mutatni, mint egyes regressziós módszerek, de a múlt adatait lázgörbeszerű formában követve, egy hasonlóan lázgörbeszerű jövőbeli mintázatot rajzol fel, amely a valósághoz közelebb álló képet adhat a trendek alakulásáról (vö. 7. ábra).

A mozgóátlag az egyik legegyszerűbb eljárás, mind felépítését, mind pedig használatát tekintve, ugyanakkor kifejezetten hasznos, mert segíti az adatsorok időbeli mintázatainak felismerését, mint a trendek vagy szezonális hatások és támogatja a megalapozott döntéshozatalt. Mivel könnyen érthető és gyorsan számítható, ideális választás, ha egyszerű elemzési eszközre van szükség készletszintek optimalizálásában. A dolgozat kérdése: vajon adott idősor esetén mely periódus-hosszú mozgóátlagot illik a legideálisabbnak tekinteni, ami egy furcsa periodicitás jellegű paraméter felismerését is jelenti egyben. Az idealitás lényege, hogy a tényadatok és a becslések közötti eltérés minél több mutatószámmal legyen leírva és keressük, hogy ezen n dimenziós jószágértelmezés mellett lehet-e minden periódushossz másként egyformán értékes? Erre a választ antidiszkriminatív (optimalizált) és naiv (optimalizálatlan) módon is meg lehet

kapni. S tudni kell, milyen messze esik egymástól a naiv és az optimális megoldás, mert ez egy fajta kockázatelemzést tesz lehetővé – hiszen a többi aktőr viselkedése zömmel naiv.

A bemutatott adatbázis (vö. 1. táblázat) megmutatja egy adott idősorra vonatkozó adatrész átlagának értékét a nyers adatvagyon és 1-7 periódusú mozgóátlag használatával, elemzi rugalmasságukat, azaz a periódusok számának növelésével vagy csökkentésével – vizsgálható, hogy a modell mennyire képes alkalmazkodni a gyorsan változó vagy épp lassabb ütemben módosuló trendekhez, ami azt jelzi, hogy milyen mértékben képes minimalizálni a rövid távú (1-3 hetes) ingadozásokat, viszonyulásukat a valóság változásaihoz képest, ezért az elemzés során figyelembe veszi, hogy a mozgóátlag mennyire képes a valóságot hűen reprezentálni, vagy éppen túlzott mértékben simítja-e az adatokat, elnyomva a fontos mintázatokat.

A hiba alapkonstrukciója, hogy meghatározza a készletszint és a mozgóátlagok között fennálló eltéréseket egy 1 hetes periódusbeli eltolással, 1 periódusú mozgóátlagtól a 7 periódusú mozgóátlagig (vö. 2. táblázat). Ez a különbség az eredeti készletszint és a mozgóátlag-értékek időben, egy héttel, eltolt értékeinek abszolút eltéréseiből származik. Az egyes statisztikai jellemzők (pl. átlag, maximum, minimum) célja a hibaértékek kiszámítása és elemzése, hogy értékelhető legyen az eltérések mértéke.

A módusz, medián és szórás a középértékeket az adatszórást értékeli, míg a minimum és maximum értékek a tartományt mutatják (vö. 3. fejezet). Az átlag tovább szemlélteti az adatpontok középpontját, ami elengedhetetlen a mozgóátlag méréséhez a különböző adatrészekben.

Alapvetően: a rövidebb, 1-3 periódusú mozgóátlagok ingadozóbbak és gyorsan reagálnak az változásokra, így hasznosak a rövidtávú trendek azonosításához, de hamis pozitív eredményeket is eredményezhetnek.

A középtávú, 4-7 periódusú mozgóátlagok egyensúlyt biztosíthatnak azáltal, hogy elég reaktívak ahhoz, hogy szemléltessenek néhány trendet, miközben kiszűrnék némi zajt.

A hosszabb mozgóátlagok, 8 vagy több periódusú, erős simító hatással rendelkeznek, ami hasznossá teszi őket a tartós trendek megerősítéséhez, de késleltető jellegük miatt csökkenthetik az időben történő döntések meghozatalát.

Továbbá demonstrálásra kerül a választott MI (Mesterséges Intelligencia) támogatása az előrejelzés hatékonyságának növelésére, jelen esetben a hatékonyság növelés azt jelenti, hogy csökkenthetjük ez emberi faktor szerepét az információk feldolgozásában, ezáltal csökkentve a hibákat és a döntési késlekedéseket. A mesterséges intelligencia képes részben automatizálni az adatelemzési folyamatokat. Az alkalmazott COCO (Component-based Object Comparison for Objectivity) Y0 (antidiszkriminatív) online MI-alapú keretrendszerre azért esett a választás, mivel mindenki számára hozzáférhető, relatív egyszerű felhasználási feltételek mellett képes, egy elsődleges OAM (objektum-attribútum-mátrix) megfogalmazásával gyors végeredményt meghozni, ez a megközelítés következetesen előrejelzi az objektumok teljesítményét, majd értékeli a túl- vagy alulteljesítést.

A számítások során használt COCO Y0 modul, vagyis az antidiszkriminatív optimalizálás feltétele, hogy rendelkezésre álljon egy anonim (azaz a sor- és oszlopfejlécek nélkül megadott) OAM, melyben minden X-adat rangsorszámként van ábrázolva (vö. 3.3.5 alfejezet, 8. ábra), míg az Y-ok lehetnek saját mértékegységükben/nagyságrendjükben, ill. az Y-adatok is lehetnek rangsorszámok, de az Y0 esetén ezek a számok egy, a sor/oszlop méretből következő konstans értéket jelentenek (vö. norma = 1000 jóspont).

1. Bevezető

A mai globális gazdaságban, ahol a verseny folyamatosan növekszik, a hatékony (A *hatékony* az egész közgazdaságtan egyik legfontosabb fogalma. Általános értelemben akkor hatékony egy gazdaság, ha adott erőforrásai és technológiája mellett a lehető legkívánatosabb termék- és szolgáltatástömeget nyújtja a fogyasztók számára. (Nordhaus et. al. 2016)) készletgazdálkodás kulcsfontosságú szerepet játszik a vállalatok sikerében. A készletigény előrejelzés elengedhetetlen ahhoz, hogy a vállalatok elkerüljék a túlkészletezést, amely felesleges költségeket generál, valamint a készlethiányt, ami a vevői elégedetlenséghez és bevételkieséshez vezethet. E problémákra figyelemmel, dolgozatom a készletigény előrejelzésére módszertanára összpontosít, különös figyelmet fordítva a mozgóátlag (MÁ) módszerére, s ezen belül is az optimális paraméter-választás automatizálásának mikéntjére

1.1 Motiváció

A téma választásának hátterében személyes tapasztalataim és a modern vállalkozások körében tapasztalható kihívások, többek között raktározási költségek visszaszorítása, raktár helygazdálkodás optimalizálása és a raktári folyamatokat hátrányosan érintő szállítási folyamatok racionalizálása állnak. Az elmúlt években megfigyeltem, hogy sok vállalat nehezen boldogul a készletgazdálkodás teljesítményének javításával. A folyamatosan változó piaci környezet új kihívások elé állítja őket, például a MI és más új technológiák megjelenése is.

Korábbi munkáim során raktár- és műszakvezetőként szembesültem jelentős készlethiányos és túlkészletezett raktárakkal, ezen tapasztalatok motiváltak arra, hogy bemutassam, „csak” fundamentális felkészültséggel és egy kevés logikus gondolkodással, hogyan lehet javítani a raktárak helyzetén, alapvető előrejelzési módszerrel (vö. MÁ), módszertan optimalizálását MI támogatással.

1.2 Célok

Dolgozatom célkitűzése, hogy a MÁ módszerének optimalizálásával felmérjem a raktár készletigényének 1 időegységre, azaz a mindenkor következő hétre történő alakulását, azaz a 2 év adatai alapján előrejelzést készítsék. A kutatás során összegyűjtött adatok (vö. 3.3.1 alfejezet) segítségével olyan konkrét és gyakorlati javaslatokat fogok kidolgozni, melyek elősegítik például a túlkészletezés és a készlethiányok minimalizálását. (vö. 6.3 fejezet)

A dolgozat első részében (vö. 2.2 alfejezet) bemutatom a mozgóátlag számításának alapjait, itt ismertetem azokat a tényezőket, amelyek befolyásolják a készletigény alakulását. A második részben (vö. 3 fejezet) gyakorlatias példákon keresztül demonstrálom a mozgóátlag párhuzamosan létezhető alkalmazásait, végül pedig az előrejelzések többdimenziós pontosságának optimalizáltan aggregált eredményei alapján levont következtetéseimre és javaslataimra összpontosítok.

1.3 Feladat

Egy COCO nevű online MI-alapú keretrendszer segítségével végzek vizsgálatot a módszertanban bemutatott különböző mozgóátlag periódusok (1-2-3-4-5-6-7) között, mert az eltérő periódusok használata hozzájárul az adatok mozgásának részletesebb megértéséhez és a trendek azonosításához.

Elméleti alapok ismertetése:

A mozgóátlag módszerének bemutatása és annak alkalmazási lehetőségei a készletgazdálkodás területén. Kapcsolódó fejezet: 2.2 - Készletigény előrejelzés jelentősége

Adatgyűjtés és előkészítés:

Olyan raktárkészlet-adatok összegyűjtése, amelyek alkalmasak a mozgóátlag és az MI-alapú elemzések alkalmazására. Kapcsolódó fejezet: 3.3.1 - Adatgyűjtés

Az adatok tisztítása és előkészítése az elemzési folyamatok számára. Kapcsolódó fejezet: 3.3 -Kísérleti modell

Eltérő paraméterek alkalmazása:

A mozgóátlag módszer részletes elemzése és ismertetése, illetve az MI-alapú előrejelzési modellek kialakítása a mozgóátlag optimális paraméter értékének levezetése érdekében. Kapcsolódó fejezet: 3.2 – Módszertan

Eredmények értékelése és összehasonlítása:

Az előrejelzési eredmények elemzése, különös tekintettel a túlkészletezés és készlethiány minimalizálására gyakorolt hatásokra. Kapcsolódó fejezet: 5. - Konklúzió

1.4 Célcsoport

Jelen esetben inkább a kisebb vállalkozásokat és a cégeket (pl. 15-30 fő) hivatott segíti ezen leírás, hiszen a vizsgált téma könnyen adaptálható a kisebb szervezetek erőforrásaihoz és működési folyamataihoz, előfordul, hogy munkaerő hiányában a készletgazdálkodási folyamatokat, olyan illető látja el, aki több párhuzamos tevékenység mellett kevés időt tud szánni alapos készlet és készletigény megállapítására.

1.5 Hasznosság

A készletszint előrejelzés pontosságának növelése közvetlen hatással van a vállalat gazdasági teljesítményére. Ennek számszerűsítése nemcsak a döntéshozóknak segít az előnyök megértésében, hanem alátámasztja a rendszer fejlesztési költségeinek és díjazásának létjogosultságát. Az alábbiakban részletesen bemutatom, hogyan lehet a hasznosságot szemléltetni becsült számításokkal.

A számszerűsítéséhez érdemes két fő szemszöveget alapul venni:

- a fejlesztések költségei és
- a pontosságnövekedés által elérhető gazdasági előnyök

1.5.1 A fejlesztések költségei

A rendszer kifejlesztéséhez szükséges becsült idő- és erőforrásigényt, valamint a kapcsolódó költségeket foglalja magában, a rendszer fejlesztéséhez szükséges idő részletezése intervallumokkal:

Az adatbázisok előkészítése az elemzéshez: kb. 40–50 óra.

Módszertan kidolgozása: A mozgóátlag és AI integrációjának tervezése: kb. 40-50 óra.

Rendszer fejlesztése: Szoftveres megoldás implementálása: kb. 100–120 óra.

Tesztelés és finomhangolás: Az előrejelzési modell tesztelése és optimalizálása: kb. 50–60 óra.

Összesen: 230 – 280 óra.

10 000 Ft/óra díjazással számolva a költség:

Alsó határ: $230 \text{ óra} \times 10\,000 \text{ Ft} = 2\,300\,000 \text{ Ft}$

Felső határ: $280 \text{ óra} \times 10\,000 \text{ Ft} = 2\,800\,000 \text{ Ft}$

Összes fejlesztési költség:

2 300 000 – 2 800 000 Ft.

1.5.2 A pontosságnövekedés által elérhető gazdasági előnyök

Túlkészletezés és készlethiány költségei vállalatok számára problémát okoz, ha az előrejelzések pontatlansága miatt túl sok készletet halmoznak fel (túlkészletezés) vagy nem képesek időben kielégíteni a vásárlói igényeket (készlethiány). Ezek költségei az alábbiakból adódnak:

- Túlkészletezés: Raktározási költségek, elavulás, értékvesztés.
- Készlethiány: Elvesztett bevételek, vevői elégedetlenség, piaci részesedés csökkenése, sürgősségi készletpótlás

A lefejlesztett rendszer a készlet-pontosság növekedés esetén az alábbi becsült költségcsökkentést eredményezheti:

Készlet-pontosság növekedés az előrejelzés optimalizálásával: 10%.

Túlkészletezés/készlethiány költsége: 5 000 000 Ft.

Éves megtakarítás: 500 000 Ft.

Megtérülési idő:

Fejlesztési költség / éves megtakarítás $\rightarrow 2\,800\,000\text{ Ft} \div 500\,000\text{ Ft} = 5,6\text{ év}$.

A cégekkel való tárgyalás során javaslatom, hogy a díjazás legyen az éves megtakarítás bizonyos aránya, például az első év megtakarításának 50%-a (250 000 Ft), vagy a teljes fejlesztési költség egyszeri kifizetése.

1.6 Szakdolgozat szerkezete

A dolgozat szerkezete a Kodolányi János Egyetem által megadott szakdolgozati minta az alapja: https://www.kodolanyi.hu/konyvtar/images/tartalom/File/Honlapra/Feltoltes/szakedoli_minta.pdf.

A terjedelmi és tartalmi kereteket konzulensemmel, Dr. Pitlik Lászlóval folytatott konzultációk alapján kerültek meghatározásra. A dolgozat felépítése logikusan tagolódik, az egyes fejezetek célja az Olvasó számára a kutatás eredményeinek, módszereinek és azok gyakorlati jelentőségének közérthető bemutatása.

A bevezetés célja a dolgozat kiindulási helyzetének ismertetése. Ez a rész bemutatja a szakdolgozat témaválasztásának hátterét, célkitűzéseit, a kutatás motivációit és leírását. Az Olvasó képet kaphat a dolgozat fő kérdéseiről és arról, hogy milyen szakmai, illetve gyakorlati indíttatások indokolták az adott téma feldolgozását.

A szakirodalmi fejezet ismerteti a készletgazdálkodás és az előrejelzés szakterületének elméleti alapjait. Itt kerül bemutatásra a mesterséges intelligencia szerepe és kapcsolata az előrejelzési technikákkal, valamint az alkalmazott módszertanok, különösen a mozgóátlag és az MI-alapú elemzések relevanciája.

Saját kutatásom részletesen bemutatja a dolgozat során végzett vizsgálati folyamatokat és a felhasznált módszertant. Az „egyszerű” mozgóátlag és a COCO Y0 modul kombinációjának alkalmazása a központi téma, amely lehetővé tette az előrejelzési periódusok közötti objektív összehasonlítást. A kutatás célja a mozgóátlag jóságának vizsgálata volt a készletszint rövid távú előrejelzésében.

Eredmények és vita részben kerülnek bemutatásra az alkalmazott módszerek és eredményei. Az egyszerű mozgóátlag módszer alkalmazhatóságát az MI támogatásával elemezték, kiemelve a módszerek előnyeit és esetleges korlátait.

A dolgozat fő megállapításainak összegzése, a konklúzió rész összefoglalja, hogy az egyszerű mozgóátlag milyen mértékben képes megfelelni a készletszint előrejelzés kihívásainak, és hogyan járul hozzá az MI-alapú támogatás az előrejelzési folyamatok optimalizálásához.

A jövőkép előretekint a fejezetekben megírt kutatási eredmények alapján, amelyben megfogalmazott javaslatok találhatók a módszertani fejlesztésekre és további kutatási irányokra. A mesterséges intelligencia mélyebb integrációjának lehetőségeit, illetve a készletgazdálkodási eszközök fejlesztési potenciálját is érintik.

2. Szakirodalmi háttér

2.1 Készletgazdálkodás és készletigény előrejelzés

E fejezet bemutatja a készletgazdálkodás alapjait, céljait, valamint a leggyakoribb készletgazdálkodási és előrejelzési módszereket, amelyek a modern vállalatok számára elérhetőek. Az újabb technológiák, mint az MI és a gépi tanulás, lehetővé teszik az összetett piaci trendek és szezonális mintázatok elemzését, így hozzájárulnak a pontosabb és gyorsabb döntéshozatalhoz a készletkezelésben. A készletgazdálkodás és a készletigény előrejelzés szorosan összefügg, mivel mindkettő célja, hogy a vállalat a lehető legjobban szervezze meg és gazdaságosan kezelje a készleteit, biztosítva a megfelelő ellátási szintet: hiszen „*Az előrejelzés a jövőbeli események megjósolásának művészete és tudománya*” (Heizer, Render 2011, 136)

2.1.1 Készletgazdálkodás

A készletgazdálkodás a vállalatok egyik alapvető funkciója, amelynek a feladata, hogy optimális szinten tartsa a készleteket, biztosítva ezzel a folyamatos működést és az ügyféligények kielégítését, ugyanakkor minimalizálja a készlettartási költségeket. A készletek megfelelő szintű menedzselése különösen fontos a kereskedelemben és a gyártásban, ahol a túlzott készlet költségekkel jár, míg az alacsony készletszint készlethiányt okozhat, ami ügyfélvesztéshez vagy termelési leálláshoz vezethet. Gelei Andrea (2016). Logisztikai döntések című könyvében kifejti, hogy „*A készletek fogalmán azokat az anyagi javakat, forgóeszközöket értjük, amelyeket egy adott szervezet azért halmoz fel, hogy ezzel a zökkenőmentes működést, a disztribúciós logisztika esetében a végső fogyasztó kiszolgálását biztosítsa. A logisztikai menedzsment során a készletgazdálkodási döntések mindig tétel szintjén (azaz SKU, Stock Keeping Unit szintjén) merülnek fel,*” (Gelei, 2016).

2.1.2 A készletgazdálkodás célja

„*A készletgazdálkodás célja, hogy egyensúlyt teremtsen a készletbefektetés és az ügyfélszolgálat között. Soha nem érhet el alacsony költségű stratégiát jó készletgazdálkodás nélkül.*” (Heizer, Render 2011, 500)

Folyamatos ellátás biztosítása: Az egyik legfőbb cél, hogy a megfelelő áruk mindig elérhetőek legyenek a gyártás vagy az értékesítés számára.

Fejlesztési háttér: A készlet és az ellátási lánc szorosan összefonódik egymással. A finomított kereslet-előrejelzés hozzájárul az ellátási lánc hatékonyabb kezeléséhez azáltal, hogy előrejelzi

a szükséges készletmennyiséget. Ezen felül csökkentheti a készlet- és ellátáslánc-kezelés során alkalmazott manuális munkafolyamatok számát.

Költségek minimalizálása: A készletfenntartás költségei jelentősek lehetnek, ezért fontos ezek optimalizálása. Ide tartozik a tárolás, biztosítás, romlás és elavulás költségei. (Jenkins, 2022).

2.1.3 Készletgazdálkodási módszerek

A készletek kezelésére több módszer létezik, amelyeket a vállalat típusa és igényei alapján alkalmaznak:

ABC-elemzés: A termékek fontossága alapján csoportosítja azokat, hogy a legértékesebb készletek kiemelt figyelmet kapjanak. (Heizer, Render 2011)

EOQ (gazdaságos rendelési mennyiség): Az optimális rendelési mennyiséget számítja ki, hogy minimalizálja a beszerzési és tárolási költségeket. (Heizer, Render 2011)

Just-In-Time (JIT): Pontos fordítással, Pont időben. A készleteket pontosan a szükséglethez igazítja, így csökkenti a készlettartási költségeket. (Heizer, Render 2011)

ROP (újrarendelési pont): az a készletszint, amelynél a vállalat új rendelést ad le, hogy biztosítsa az áruk folyamatos elérhetőségét, és elkerülje a készlethiányt a rendelési idő alatt. (Heizer, Render 2011)

L4L (Lot for Lot), azaz tételenkénti rendelési mennyiség: Ebben az esetben minden döntési periódusban (pl. hetek során) pont annyit rendelünk, amekkora az adott periódus (hét) várható kereslete. Ekkor a készlettartást gyakorlatilag teljesen kikapcsoljuk, azaz az átlagos készletszint nulla lesz. Algoritmusunk egyben azt is jelenti, hogy minden periódusban adunk fel rendelést. (Gelei, 2016)

2.2 Készletigény előrejelzés jelentősége

A készletek pontos előrejelzése elengedhetetlen a készletgazdálkodáshoz. A készleterőjelzések segítségével a vállalatok jobban tudják tervezni a beszerzéseket, elkerülhetik a hiányt és minimalizálhatják a felesleges készleteket.

Ma már egyre több cég alkalmaz mesterséges intelligencián (MI) és gépi tanuláson alapuló módszereket, hogy pontosabb előrejelzéseket készítsen, figyelembe véve a szezonitást, az értékesítési trendeket és egyéb releváns tényezőket.

"Az előrejelzés a legtöbb operatív tevékenység szükséges előfeltétele. A jövő becslése nélkül nem lehet megtervezni az elvárt tevékenységi szintet, és így nem lehet megbecsülni azokat az erőforrásokat, amelyeket meg kell tervezni, meg kell tervezni és ellenőrizni kell e tevékenységi szint teljesítéséhez." (Lewis, 1997, 1)

A készletigény előrejelzés célja, hogy megjósolja a jövőbeli keresletet és ennek alapján megfelelő szinten tartsa a készleteket. Számos módszer létezik az előrejelzésre ezek későbbi fejezetben részletezésre kerülnek (vö. 2.3 alfejezet), de a legegyszerűbb és legnépszerűbbek közé tartozik a mozgóátlag-módszer, amelyet gyakran alkalmaznak stabil keresletű termékeknél.

2.2.1 Mozgóátlag alapú előrejelzés

A MÁ módszer az egyik legegyszerűbb, mégis pontosabb lehet, mint egy fejlettebb (pl. regresszió alapuló) statisztikai előrejelzési technika. Ez a módszer az időbeli keresleti adatok átlagolásával dolgozik, figyelmen kívül hagyva az esetleges kiugró értékeket, és egy sima, kiegyenlített előrejelzést biztosít.

„A mozgóátlag egyszerű statisztikai módszere jobban utánozhat bizonyos adatokat, mint egy bonyolult matematikai függvény.” (Wilson, Keating, et al 2009, 101)

Az egyszerű mozgóátlag (SMA) egy könnyen alkalmazható módszer készlet-előrejelzésre, amely az időbeli adatok átlagolásával segít megjósolni a jövőbeli készlet szinteket. A módszer alapelve az, hogy az adott időszak (például hét) múltbeli értékeinek átlagát használja a következő időszak előrejelzésére.

A mozgóátlag előnyei és hátrányai:

Előnyök:

Egyszerű alkalmazás: A mozgóátlag könnyen számítható és értelmezhető, így sok szervezet számára ideális választás.

Kisebb adatigény: Nem igényel sok adatot, és jól működik rövid távú előrejelzéseknél.

Jó kiegyenlítés: Segít kiszűrni a véletlenszerű ingadozásokat, és egyenletes keresleti trendet biztosít.

Hátrányok:

Trendre való érzéketlenség: Nem veszi figyelembe a hosszú távú trendeket vagy szezonális változásokat, így idővel pontatlanná válhat.

Késleltetett reakció: A múltbeli adatokra épül, így lassan reagál az aktuális trendekre, különösen az egyszerű mozgóátlag.

A mozgóátlag alapú előrejelzést elsősorban akkor érdemes választani, ha a termékek készletsszintje viszonylag stabil és kevés szezonális ingadozást mutat. Mozgóátlag számítása

Az egyszerű mozgóátlagot az alábbi képlet segítségével számolhatod ki:

$$SMA = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{n}$$

ahol,

SMA az előre jelzett érték az adott időszakra

$A_1, A_2, \dots, A_n$ az előző időszakok tényleges értékei,

n pedig az időablak hossza. (Fernando, 2024).

A mozgóátlag hibájának kiszámítása és értékelése elengedhetetlen a statisztikai és adatelemzési folyamatok során. Segít meghatározni a modellek megbízhatóságát, javítja az előrejelzéseket, és támogatja a döntéshozatalt.

A MSE (Mean Squared Error), azaz az átlagos négyzetes hiba egy statisztikai mérőszám, amely a predikciók és a tényleges (valós) értékek közötti eltérések négyzetének átlagát mutatja. A MSE jellemzően a modellek teljesítményének értékelésére használatos, különösen regressziós problémákban.

A MAE (Mean Absolute Error), azaz az átlagos abszolút hiba egy olyan mérőszám, amely a predikciók és a tényleges (valós) értékek közötti eltérések abszolút értékeinek átlagát mutatja. (Fernando, 2024).

2.2.2 A mesterséges intelligencia jövőbeni szerepe a készletgazdálkodásban

A készletgazdálkodásban az MI technológiák alkalmazása egyre jelentősebbé válik, mivel képesek kezelni a modern ellátási láncok és raktározási rendszerek komplexitását. Az MI alkalmazásával a vállalatok nemcsak a jelenlegi kihívások megoldásában tudják előmozdítani fejlődésüket, hanem képesek lesznek proaktívan előre jelezni a jövőbeli problémákat és igényeket is.

2.3 Előrejelzés típusok

2.3.1 Naív megközelítés

Olyan egyszerű módszer, amely gyakran kiindulópontként szolgál az előrejelzések készítéséhez. Alapja az a feltételezés, hogy a jövőbeli értékek egyenlők lesznek a legutóbbi megfigyelt értékekkel. gyakran használják kiindulási referenciaértékként bonyolultabb modellek összehasonlításához. (Butt, 2023)

2.3.2 Különböző mozgóátlag típusok

Egyszerű mozgóátlag (Simple Moving Average - SMA): Az egyszerű mozgóátlag során a legutóbbi meghatározott számú időszak (pl. hét, hónap) értékeit átlagoljuk. Az előrejelzés a múltbeli időszakok átlagán alapul, így egyenletesen osztja el a keresletet és simítja a rövid távú ingadozásokat. Az SMA alkalmazása akkor célszerű, ha a kereslet stabil, és nincsenek szezonális ingadozások. (Banton, 2024)

Súlyozott mozgóátlag (Weighted Moving Average - WMA): A súlyozott mozgóátlag esetén a közelmúltbeli adatokat nagyobb súllyal vesszük figyelembe, míg a korábbi időszakokat kisebb súllyal. A súlyozott mozgóátlag rugalmasabb az aktuális trendek és változások követésében. (Banton, 2024)

Exponenciális mozgóátlag (Exponential Moving Average - EMA): Az EMA egy továbbfejlesztett változata a súlyozott mozgóátlagnak, ahol az adatoknak exponenciálisan csökkenő súlyt adunk az idő előrehaladtával. Az EMA gyorsabban reagál a legutóbbi változásokra, mint az egyszerű vagy súlyozott mozgóátlag, így alkalmasabb lehet gyorsan változó keresleti mintákhoz. (Banton, 2024)

2.3.3 Idősoros dekompozíció (Time Series Decomposition)

Az idősoros dekompozíció a készletigény adatait szezonális, trend- és véletlen komponensekre bontja, amelyeket külön-külön vizsgál. Ez a módszer szezonális és hosszú távú trendek esetén hasznos, mivel a szezonális mintákat és a trendeket külön előrejelzi. (Wilson, Keating, et. al. 2009)

2.3.4 Regressziós elemzés

A regressziós elemzés során különböző tényezőkkel próbálják modellezni a készletigényt, például az ár, a promóciók vagy a gazdasági mutatók hatásával. A regressziós analízis különösen hasznos ok-okozati modellek kidolgozásához. (Wilson, Keating, et al., 2009)

2.3.5 Idősor elemzés: ARIMA modell

Az ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) modell az idősorok önkorrrelációján alapul, és trendek és szezonális nélküli adatsorok előrejelzésére is használható.

A modell alkalmazásához legalább 50 adatpontból álló hosszú adatesoport szükséges, és még több adatpont ajánlott, ha a sorozat szezonális jellegű. Ezek a modellek képesek kezelni az adatok ingadozását, feltéve, hogy a sorozat állandó, vagy képes állandó sorozattá alakulni. Ez a módszer használható rövid, közép- és hosszú táv előrejelzések készítésére egyaránt. (Wilson, Keating, et. al., 2009)

2.3.6 Gépi tanulás (Machine Learning) és mély tanulás (Deep Learning) modellek

A gépi tanulás és mély tanulás, mint például LSTM (Long Short-Term Memory) és RNN (Recurrent Neural Network) modellek jól működnek időbeli függőségek kezelésére, például összetett idősorok esetén.

Az említett modellek különösen hatékonyak (vö. 6.1 alfejezet), ha nagy mennyiségű adat áll rendelkezésre, és a múltbeli mintázatok összetettek, illetve több tényező hat az adatokra.

(ElseFix.com <https://elsefix.com/hu/tech/tejana/best-machine-learning-models-to-know>)

2.4 MI alapú előrejelzés

2.4.1 MI megfogalmazása

Az MI-nek egyelőre nincs egységes megfogalmazása, így több helyről idézek, mint az MI definíciója:

Pei Wang, On Defining Artificial Intelligence folyóiratában leírt álláspontja:

„Köztudott, hogy a mesterséges intelligenciának nincs széles körben elfogadott definíciója”
(Wang 2019, 1)

Wang analízise szerint,

„... az MI-nak nincs helyes, működő definíciója, mivel mindegyiknek (megfogalmazásnak) elméleti és gyakorlati értéke vannak, így nem helytelenek. Azonban nem minden működő definíció egyformán jó, ha a cikk elején bemutatott kritériumok alapján ítéljük meg. Bár nincs olyan, hogy tökéletes működő definíció, és nem számítok arra, hogy hamarosan konszenzus alakul ki...” (Wang 2019, 29)

Sheikh, H., Prins, C., Schrijvers, E: Artificial Intelligence: Definition and Background. In: Mission AI. Research for Policy leírásából szintén arra enged következtetni, hogy pontos fogalom az MI-ra még nem alakult ki:

„A mesterséges intelligencia meghatározása nem könnyű; valójában nincs általánosan elfogadott definíció a koncepcióról. Számos különbözőt használnak, és ez könnyen zavarhoz vezethet. Ezért fontos tisztázni, hogy hogyan használjuk ezt a kifejezést. Először megvitatjuk az MI különböző definícióit, majd elmagyarázzuk, hogy melyikre telepedtünk le. A köztudatban lévő definíciók pusztán sokfélesége nem a gondatlanságnak köszönhető, hanem magának az MI jelenségében rejlik.” (Sheikh et. al., 2023)

Stuart J. Russell és Peter Norvig, Artificial Intelligence, A Modern Approach könyve alapján az alábbi megfogalmazást teszi az MI definíciójáról:

„A fő egyesítő téma az intelligens ügynök ötlete. Az MI-t olyan ügynök tanulmányozásaként definiáljuk, amelyek érzékelnek a környezetből és műveleteket hajtanak végre. Minden ilyen ügynök megvalósít egy függvényt, amely az érzékelési szekvenciákat cselekvésekre képezi le, és ezeknek a funkcióknak a megjelenítésére különböző módszereket fedünk le, például reaktív ügynökök, valós idejű tervezőket, döntéshozatali rendszereket és mély tanulási rendszereket.”
(Russell, Norvig, 2022 7-8)

Az intelligens ügynök olyan rendszer, amely képes érzékelni a környezetét, és a kapott információk alapján cselekvéseket végrehajtani. Az idézet szerint az MI-kutatás lényege az ilyen ügynökök tanulmányozása: az ügynökök olyan funkciókat valósítanak meg, amelyek az érzékelési adatokból (az érzékelési szekvenciákból) következtetéseket vonnak le és döntéseket hoznak, illetve cselekvéseket választanak.

Az „intelligens ügynök” fogalom itt különböző MI-megközelítésekre terjed ki, például:

Reaktív ügynökök: olyan ügynökök, amelyek közvetlenül az aktuális érzékelésekre reagálnak, anélkül, hogy bonyolult terveket készítenének.

Valós idejű tervezők: ügynökök, amelyek előre megtervezik a cselekvéseiket, de a környezet változására gyorsan tudnak reagálni.

Döntésméleti rendszerek: ügynökök, amelyek a döntéseiket a legjobb eredmény elérésére optimalizálják, valószínűségi vagy statisztikai módszerekkel.

Mély tanulási rendszerek: amelyek a döntéseiket nagy mennyiségű adatból tanulják meg, és neurális hálózatokat használnak a bonyolult mintázatok felismerésére. (Russel, Norvig 2022)

Egységes, átfogó MI definíció kialakítása hosszú folyamat, és lehet, hogy soha nem lesz minden szempontból kielégítő egyetlen meghatározás. A mesterséges intelligencia ugyanis rendkívül összetett terület, amely sokféle technológiát és módszert ötvöz.

Véleményem szerint külön-külön lenne érdemes meghatározni az MI különböző típusait és területeit, például a komplex (például: Robotika MI, orvosi diagnosztikai rendszerek) és az egyszerűbb (például: szűrőrendszerek, mint a spam szűrők vagy szimpla kép- és tárgyfelismerő rendszerek) MI-t, vagy az alkalmazott és a kutatási célú MI-t. Így minden típus a saját keretei között pontosabban leírható lenne, és elkerülhetők lennének az általánosítások, amelyek könnyen félrevezethetnek.

2.4.2 Hogyan működik az MI-alapú-előrejelzés?

Az MI-alapú előrejelzés bonyolult matematikai algoritmusok alkalmazásával képes felismerni az adatmintákat, érzékelni a keresleti jeleket, és összetett kapcsolatokra bukkanni nagyméretű adatállományokban.

Az MI-szoftverek hatalmas mennyiségű adatot elemeznek, így lehetővé teszik az intelligens rendszerek számára a modellek folyamatos fejlesztését és a változó körülményekhez való alkalmazkodást. Ezek a rendszerek különösen hasznosak a volatilitás kezelésében és a pontosabb, megbízhatóbb előrejelzések készítésében összetett helyzetekben. Képzeljünk el egy

vállalatot, amely szezonális keresletingadozásokat tapasztal egy népszerű termék esetében. Hagyományos előrejelzési módszerekkel nehéz lehet megjósolni a csúcsidőszakok keresletét. A gépi tanulás és mesterséges intelligencia segítségével azonban a rendszer képes a múltbeli adatokat elemezni, mintázatokat felismerni és pontosabb kereslet-előrejelzést készíteni, valamint azonosítani a trendeket és a lehetséges problémákat, mielőtt azok nagyobb kihívássá válnának. Az MI-nek köszönhetően a vállalat jobban meg tudja tervezni a termelést, elkerülve a túl- vagy alultermelést, a költséges késéseket és a készlethiányokat, ami végső soron nagyobb nyereséghez vezet. (Raj, 2022)

2.4.3 Döntéstámogatás

A szakdolgozatom címe is tükrözi, hogy célom egy MI alapú döntéstámogató rendszer bemutatása. Véleményem szerint az ilyen rendszerekre fontosak, mivel ezek elősegítik az objektív döntéshozatalt. Bár a rendszerek segítséget nyújtanak, a végső döntés továbbra is az ember kezében marad. A döntések segítéséhez tehát elengedhetetlen a megfelelő döntéstámogató rendszerek alkalmazása. Erről konzulensem Dr. Pitlik László is értekezik: *„A döntéstámogató rendszer olyan számítógépre alapozott rendszer, mely adatok keresésével, rendszerezésével, mesterséges intelligencia használatával segíti a döntések meghozatalát. De nem képes önálló döntések meghozatalára, a döntéshozatal továbbra is emberi feladat marad.”*

(<https://miau.my->

[x.hu/mediawiki/index.php/D%C3%B6nt%C3%A9st%C3%A1mogat%C3%A1s](https://mediawiki/index.php/D%C3%B6nt%C3%A9st%C3%A1mogat%C3%A1s)

Döntéstámogatás – Dr. Pitlik László, Pzsombor).

3. Saját modellek és eredményeik

3.1 Hipotézis

A dolgozat központi kérdése, hogy a mozgóátlag módszer, mint egyszerű és gyors előrejelzési technika, hogyan teljesít a készletszintek előrejelzésében, különösen az MI-alapú megközelítés támogatásával.

A dolgozatban használt COCO Y0 (antidiszkriminatív) modul egy egyszerű, MI-alapú keretrendszer, amely lehetővé teszi az OAM méretének meghatározását a gyors adatbevitelt és feldolgozást. Ez a modul az egyszerűségére alapozva ideális választás a mozgóátlag teszteléséhez, mivel a kutatás célja nem a mély, komplex MI modellek alkalmazása, hanem a mozgóátlag módszer vizsgálata egy bárki számára elérhető MI-vel, limitált forrásokkal rendelkező vállalatok számára.

Az alábbi hipotézis állítható fel a kutatáshoz:

Az egyszerű mozgóátlag módszer elegendően pontos előrejelzést ad a készletszintek 1 hetes előrejelzésére, és az MI használatával gyorsabban lehet meghatározni az optimális mozgóátlag periódust. Az 1-7 periódusú mozgóátlagok előrejelzési hibáinak (MAE) összehasonlításával azonosítható a legkisebb hibával járó, tehát a legpontosabb előrejelzést biztosító periódus. (vö. 3. 3. 7 alfejezet)

A hipotézis alátámasztására a mozgóátlag többféle (1-7) periódussal kerül alkalmazásra az adatsoron, majd kiszámításra kerülnek a hibamérő mutatók (vö. 3. árba). Ezek a metrikák megmutatják, hogy az adott periódusú mozgóátlag milyen pontossággal képes követni az idősor tényleges trendjeit.

Továbbá, a COCO alkalmazhatóságának vizsgálata is részét képezi a hipotézisnek (vö. 3.3.6 alfejezet), amely azt feltételezi, hogy a modul gyorsabbá és egyszerűbbé teszi az előrejelzési kísérletek végrehajtását, minimalizálva az adatbevitellel és feldolgozással kapcsolatos összetettségét.

Összességében a hipotézis arra irányul, hogy a mozgóátlag egyszerűsége és a COCO könnyű kezelhetősége alacsonyabb technikai háttérű felhasználók számára is elérhető és alkalmazható módszert jelenthet.

3.2 Módszertan

Dolgozatomban a fő cél az egyszerű mozgóátlag előrejelzés MI-támogatású vizsgálata és kísérletezése volt. A mozgóátlag módszere azért került a középpontba, mivel ez az egyik legegyszerűbb és mégis eredményes statisztikai előrejelzési technika. Használata nem igényel mélyreható ismereteket, így gyorsan elsajátítható és alkalmazható. Hasonló megfontolásból választottam a COCO Y0 (antidiszkriminatív) modult is.

A mozgóátlag minősítésének folyamata több lépésben történik, amelyek célja, hogy meghatározzuk a legmegfelelőbb mozgóátlag periódust egy adott időszak adatsor előrejelzésére. A következőkben leírom a folyamat főbb lépéseit.

3.2.1 Mozgóátlagok meghatározása

A mozgóátlag egy adott idősor simítására használható módszer, jelen esetben a készletszint értékeinek időbeli ingadozásait csökkenti, lehetővé téve ezzel a készletgazdálkodás számára a trendek és mintázatok könnyebb azonosítását, valamint a jövőbeli igények pontosabb előrejelzését.

3.2.2 Mozgóátlagok hibájának kiszámítása

A mozgóátlag minősítésénél az egyik legfontosabb tényező a hiba (forecast error), ami a mozgóátlag által előrejelzett érték és az eredeti adatsor tényleges értéke közötti különbségből származik. A kísérletben használt hibametrika:

A MAE (Mean Absolute Error), azaz az átlagos abszolút hiba egy olyan mérőszám, amely a predikciók és a tényleges (valós) értékek közötti eltérések abszolút értékeinek átlagát mutatja. A MAE kiszámításához a következő lépéseket követjük:

Meghatározzuk a hibákat (eltéréseket) úgy, hogy kivonjuk a tényleges értéket az előrejelzett értékből. Ezeket a hibákat abszolút értékükre alakítjuk, hogy megszüntessük a negatív jeleket.

Az abszolút eltérések összegét elosztjuk a megfigyelések számával.

3.2.3 Mozgóátlag periódusbeli eltolásának különbsége

A különböző periódusú mozgóátlagok eltérései fontos információt adhatnak az idősor ingadozásairól és a trendek változásairól. Például a 3 és 5 periódusú mozgóátlagok közötti különbség figyelése segíthet az idősor gyors változásainak azonosításában. Ha nagy eltérés van két periódus között, az az adatsorban bekövetkezett nagyobb változásra utalhat.

Ennek az eltérésnek a sorozata lehetővé teszi, hogy értékeljük, mennyire stabil a választott periódus, illetve mennyire követi a valódi adatokat.

3.2.4 Mozgóátlag minősítési folyamat

A minősítés során érdemes a különböző, 1-7 periódusú mozgóátlagokat összehasonlítani a hiba alapján, majd kiválasztani azt az MÁ-t, amelyik a legkisebb hibát eredményezi az előrejelzéshez. A megvizsgált adatbázis esetén a legkisebb hibát eredményező periódus adja a legpontosabb előrejelzést a jövőbeni készletszintre.

3.2.5 Középértékek

A középértékek célja, hogy egyetlen jellemző értékkel írjuk le az adatsor középpontját. Különböző típusú középértékeket használunk attól függően, hogy milyen tulajdonságokat akarunk kiemelni.

Módusz: Az adatsor leggyakrabban előforduló értéke. A mozgóátlag minősítésénél ez nem mindig releváns, mivel folyamatos adatsoroknál (pl. idősoroknál) gyakran nincs egyértelműen kiemelkedő gyakoriságú érték. Azonban hasznos lehet, ha az adatsor valamilyen ismétlődő mintázatot vagy gyakorisági csúcsot mutat.

Medián: Az adatsor középső értéke, amely 50%-ra osztja az adatokat. A medián hasznos, mert kevésbé érzékeny a szélsőséges (szélső) értékekre, így egy robusztusabb képet ad a középértékről. A mozgóátlag minősítésénél a medián értéke segíthet abban, hogy az idősor átlaga mennyire befolyásolódik kiugró értékek által.

Átlag: Az adatsor összes értékének átlaga, ami a leggyakrabban használt középérték. Az átlag jól jellemzi az adatsor általános trendjét, de érzékeny a szélsőséges értékekre.

3.2.6 Szórás és az adatszóródás mértéke

Az adatszóródás jellemzői segítenek abban, hogy megértsük, milyen mértékben térnek el az adatok a középértéktől. A mozgóátlag minősítésénél a szórás és a hasonló mutatók hasznosak lehetnek a hibák és a periódusválasztás minőségének értékeléséhez.

Szórás: Az adatsor értékeinek átlagtól való átlagos eltérése. Minél nagyobb a szórás, annál inkább ingadoznak az értékek az átlag körül. Mozgóátlag használatakor, ha a szórás kicsi, akkor a mozgóátlag pontosan követi az adatokat, míg, ha nagy a szórás, akkor a mozgóátlag kevésbé pontos előrejelzést ad.

3.2.7 Tartomány

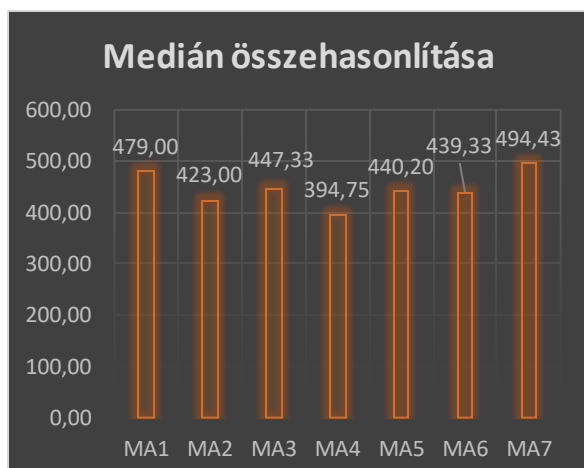
A tartomány az adatsor legkisebb és legnagyobb értéke közötti különbséget mutatja.

Minimum és maximum értékek: Az adatsor legkisebb és legnagyobb értékei. Ezek az értékek fontosak a mozgóátlag minősítésénél, mert megmutatják, hogy milyen szélsőséges értékek fordulnak elő az adatsorban, amelyek befolyásolhatják a mozgóátlag által előrejelzett értékeket.

Ez az érték megmutatja az adatsor terjedelmét, és segíthet annak meghatározásában, hogy mennyire stabil vagy volatilis az idősor. Ha a tartomány nagy, az azt jelenti, hogy az adatok szélsőségesen ingadoznak, ami befolyásolhatja a mozgóátlag előrejelző képességét.

3.2.8 Mozgóátlag minősítése a középértékek, tartomány és szórás alapján

Átlag és medián összehasonlítása: Ha az átlag és medián közötti különbség nagy, akkor lehet, hogy az adatsor aszimmetrikus vagy tartalmaz szélsőséges értékeket, amelyek befolyásolják a mozgóátlag előrejelző képességét. Az MA1 nem kerül figyelembevételre, mivel az a meglévő készlet szint adataival megegyezik, így az összehasonlítások szempontjából nem releváns.



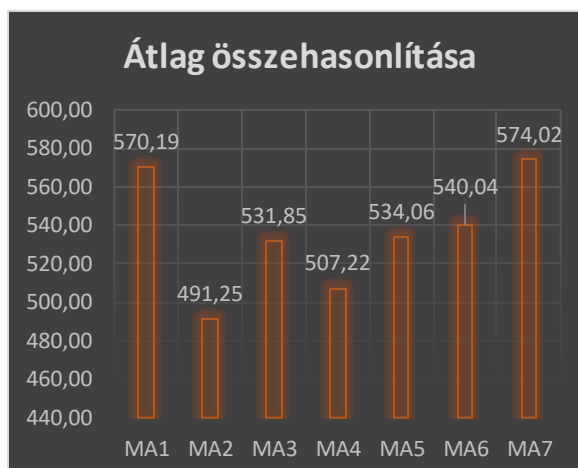
1 ábra:

MA1-MA7 Mediánok összehasonlítás diagramm

Saját forrás (URL: <https://miau.my-x.hu/miau/315/ma1-7.xlsm>

;metrikák_összehasonlítása munkalap)

Mértékegység: db



2 ábra:

MA1-MA7 Átlagok összehasonlítás diagramm

Saját forrás (URL: <https://miau.my-x.hu/miau/315/ma1-7.xlsm>

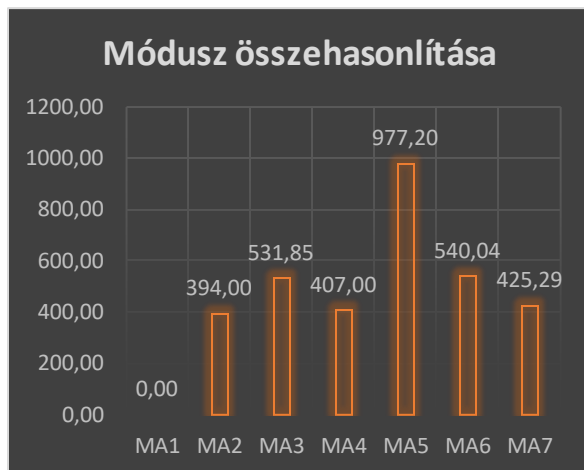
;metrikák_összehasonlítása munkalap)

Mértékegység: db

A fenti 1., 2. ábrákon összehasonlításra kerültek a középértékek (Periódusonkénti statisztikai mutatók OAM-ot tartalmazó értékek alapján, vö. 8. ábra), amiből kiderül, az alacsonyabb átlagérték (pl. MA2) a rövidebb időszak változékonyságát tükrözi, pontosabb előrejelzési képességük valószínűleg megbízhatóbb lesz, viszont a magasabb átlag (pl. MA7) azt tükrözi, hogy a hosszabb időszakokat figyelembe vevő mozgóátlag stabilabb képet ad az adatokról. A magasabb medián (pl. MA7) azt mutatja, hogy a hosszabb mozgóátlagok kiegyensúlyozottabb

középső értékeket mutatnak, ami stabilabb trendekre utal, míg az alacsonyabb (pl. MA3) adatok jobban alkalmazkodnak a trendekhez.

Szórás összehasonlítása (vö.4. ábra) kisebb szórás azt jelenti (pl. MA2), hogy az adatok kevésbé szóródnak az átlag körül, tehát a mozgóátlag pontosabban előrejelezheti az adatokat. Nagy szórás esetén nagyobb periódusú mozgóátlagokra lehet szükség a simításhoz (pl. MA7).



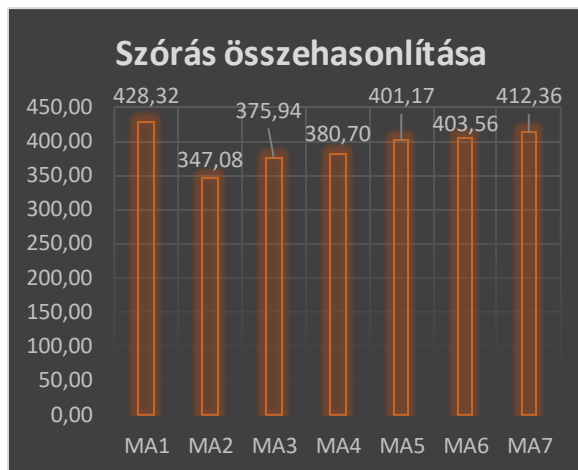
3 ábra:

MA1-MA7 Móduzok összehasonlítás diagramm

Saját forrás (URL: <https://miau.my-x.hu/miau/315/ma1-7.xlsm>

;metrikák_összehasonlítása munkalap)

Mértékegység: db



4 ábra:

MA1-MA7 Szórások összehasonlítás diagramm

Saját forrás (URL: <https://miau.my-x.hu/miau/315/ma1-7.xlsm>

;metrikák_összehasonlítása munkalap)

Mértékegység: db



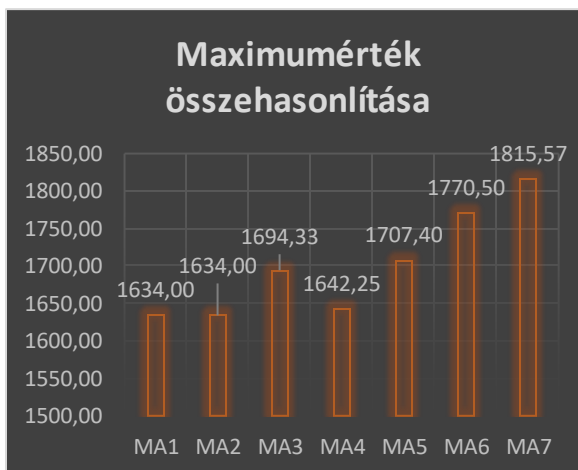
5 ábra:

MA1-MA7 Minimumértékek összehasonlítás diagramm

Saját forrás (URL: <https://miau.my-x.hu/miau/315/ma1-7.xlsm>

;metrikák_összehasonlítása munkalap)

Mértékegység: db



6 ábra:

MA1-MA7 Maximumértékek összehasonlítás diagramm

Saját forrás (URL: <https://miau.my-x.hu/miau/315/ma1-7.xlsm>

;metrikák_összehasonlítása munkalap)

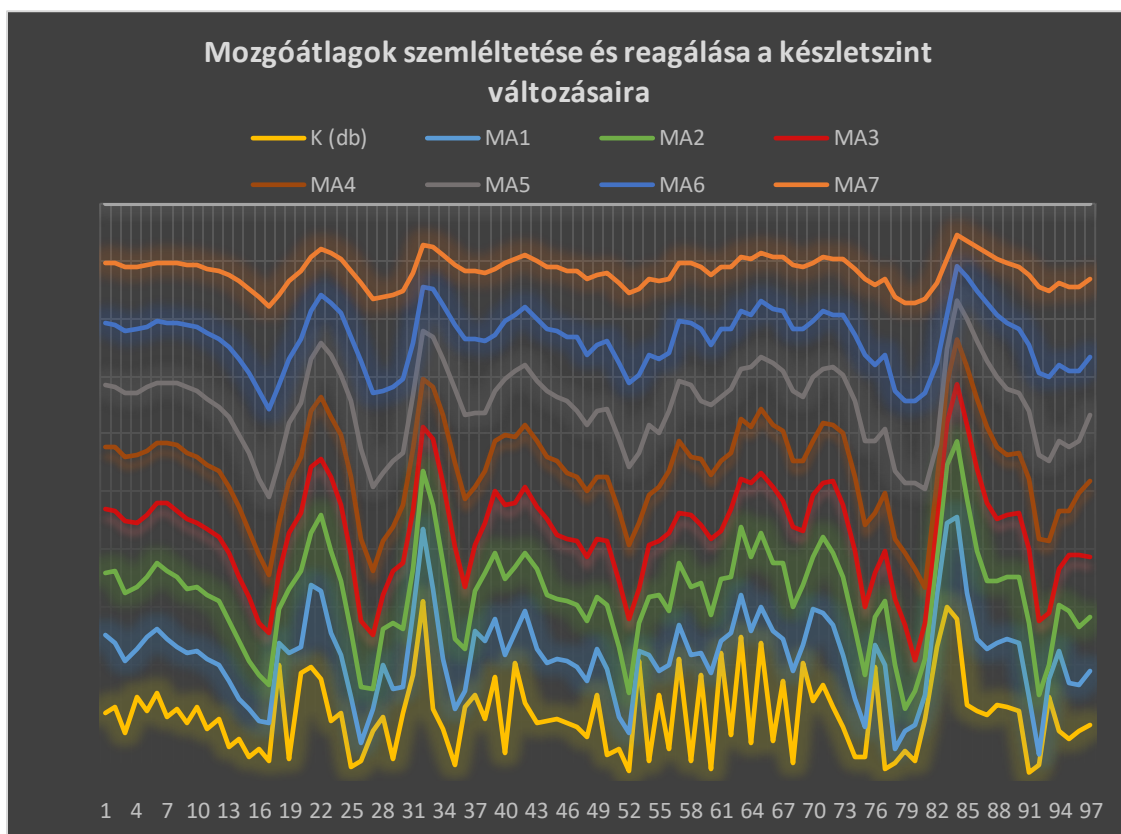
Mértékegység: db

A nullához közeli módusz (pl. MA2, vö. 3 ábra) azt mutatja, hogy a rövidebb mozgóátlagok hajlamosak a hirtelen csökkenő értékek lekövetésére.

A nullához közelítő minimum érték (pl. MA2, vö. 5 ábra) szintén arra utal, hogy a rövidebb mozgóátlagok csökkennek az alacsony értékekkel együtt.

Maximum érték (vö. 6.ábra): A magasabb maximumérték (pl. MA7) azt mutatja, hogy a hosszabb mozgóátlag jobban kiemeli az adatcsúcsokat, de ezek kevésbé befolyásolják a trendet rövid távon.

Következtetés: A rövidebb (MA1-MA3) mozgóátlagok érzékenyebbek a hirtelen kiugrásokra vagy csökkenésekre, ezért gyorsabban követik az adatok változásait rövid távon. A hosszabb (MA4-MA7) mozgóátlagok stabilabbak, simább trendet mutatnak és lassabban követik az adatok változásait. Az 7. ábrán jól látható a készletszinthez (K) viszonyítva, hogyan simul ki a MÁ-ok trendvonala a periódusok növekedésével.



7 ábra:

MA1-MA7 Mozgóátlagok szemléltetése és reagálása a készletszint változásaira diagramm

Saját forrás (URL: <https://miau.my-x.hu/miau/315/ma1-7.xlsm> ;
mozgóátlag_minősítés munkalap) A diagramm a 2. táblázat, MA1-MA7 oszlopok alapján készült

3.2.9 COCO online additív standard Y0 modul

Az COCO online additív standard Y0 modul a mátrix méretét, kulcsszavait és esetleges eltolását határozza meg, majd pozitív egész számokkal tölti fel az adatokat. Az optimalizálás eredményei azonnal megjelennek. Az antidiszkriminációs számítások az átlagtól eltérő, de idealitás irányába mutató objektumokat keresik, az azonosság hangsúlyozásával.

„Elsőként definiálni kell az OAM méretét, vagyis meg kell adni a sorok számát, az X-oszlopok számát (tehát az Y-t nem!), ill. a feladat szöveges azonosítóját (kulcsszavait), s végül az esetleges eltolás mértékét (amennyiben az Y értékek a negatív tartományból el lettek tolva a nulla fölé). Második lépésként fel kell tölteni az OAM-t (mindennemű sor- és oszlopfejléc nélkül), mely keretében kizárólag pozitív egész számok küldése/fogadása engedélyezett. Ezután indítható a futtatás, mely eredményei azonnal a képernyőre kerülnek.”: MIAU (2024) <https://miau.my-x.hu/myx-free/index.php3?x=e0>

„Az antidiszkriminációs számítások-- más néven az ideálkereső, mesterséges fogalom-alkotó modell jelölése --, ahol minden X esetén az idealitás irányába ható irány megadása után optimalizálás keretében keressük az átlagtól leginkább eltérő objektumot úgy, hogy az optimalizálás célja mindvégig az objektumok azonosságának kikényszeríteni akarása (vö. lehet-e minden objektum másként egyforma.” (Pitlik, 2020)

3.3 Kísérleti modell

3.3.1 Adatgyűjtés

A kísérlethez használt EXCEL adatbázis tartalma 2020 és 2021 évben, egy gépjármű alkatrész kimenő, beérkező készlete és készletszintje heti bontásban (vö. 1. táblázat). Továbbá feltüntetésre került az adatok frissítésének időpontja és negyedéves időszakok. Primer kutatási adatokat alkalmaztam egy korábbi munkahelyemről, ezeket anonim módon használhattam fel.

	A	B	C	D	E	F	G
2	2020				Termék_1		
3					Készlet (db)		
4	Negyedév	Hét	Adat frissítés időpontja		Kimenő	Beérkező	Készletszint
5	1	1	2020-01-10 15:00:00		118	0	1898
6		2	2020-01-17 15:00:00		146	0	1752
7		3	2020-01-24 15:00:00		202	1000	2550
8		4	2020-01-31 15:00:00		724	0	1826
9		5	2020-02-07 15:00:00		855	1500	2471
10		6	2020-02-14 15:00:00		908	0	1563
11		7	2020-02-21 15:00:00		259	1500	2804
12		8	2020-02-28 15:00:00		463	0	2341
13		9	2020-03-06 15:00:00		729	1000	2612
14		10	2020-03-13 15:00:00		888	0	1724
15		11	2020-03-20 15:00:00		361	1500	2863
16		12	2020-03-27 15:00:00		285	0	2578
17		13	2020-04-03 15:00:00		624	1500	3454
18	2	14	2020-04-10 15:00:00		748	0	2706
19		15	2020-04-17 15:00:00		596	1000	3110
20		16	2020-04-24 15:00:00		596	0	2515
21		17	2020-05-01 15:00:00		340	1000	3175
22		18	2020-05-08 15:00:00		917	0	2258
23		19	2020-05-15 15:00:00		714	1000	2544
24		20	2020-05-22 15:00:00		1263	0	1281
25		21	2020-05-29 15:00:00		938	1000	1342
26		22	2020-06-05 15:00:00		742	0	601
27		23	2020-06-12 15:00:00		973	1000	628
28	3	24	2020-06-19 15:00:00		326	0	302
29		25	2020-06-26 15:00:00		174	1500	1628
30		26	2020-07-03 15:00:00		1312	0	316
31		27	2020-07-10 15:00:00		1450	2500	1366
32		28	2020-07-17 15:00:00		1021	1500	1845
33		29	2020-07-24 15:00:00		2271	2500	2074
34		30	2020-07-31 15:00:00		2215	1500	1359
35		31	2020-08-07 15:00:00		2336	2500	1523
36		32	2020-08-14 15:00:00		1238	0	285
37		33	2020-08-21 15:00:00		0	0	285
38	4	34	2020-08-28 15:00:00		1655	2000	630
39		35	2020-09-04 15:00:00		1363	1500	767
40		36	2020-09-11 15:00:00		1550	1000	217
41		37	2020-09-18 15:00:00		672	1000	545
42		38	2020-09-25 15:00:00		631	1000	914
43		39	2020-10-02 15:00:00		161	1500	2253
44		40	2020-10-09 15:00:00		1929	1000	1324
45		41	2020-10-16 15:00:00		1884	1500	940
46		42	2020-10-23 15:00:00		1720	1000	220
47		43	2020-10-30 15:00:00		248	1000	972
48	5	44	2020-11-06 15:00:00		1201	1500	1271
49		45	2020-11-13 15:00:00		1272	1000	999
50		46	2020-11-20 15:00:00		1724	2500	1775
51		47	2020-11-27 15:00:00		1283	0	492
52		48	2020-12-04 15:00:00		495	2000	1997
53		49	2020-12-11 15:00:00		378	0	1649
54		50	2020-12-18 15:00:00		356	0	1263
55		51	2020-12-25 15:00:00		0	0	1263
56		52	2021-01-01 15:00:00		0	0	1263

(Folytatás a következő oldalon)

1. táblázat:
Adott termék 2 éves
készletadatai.

Saját forrás:
(<https://miau.my-x.hu/miau/315/ma1-7.xlsm>; alapadatok munkalap)

2020 év készletadatai heti
felosztásban: A5:G56

2021 év készletadatai heti
felosztásban: A57:G108

Mértékegység: db

1. táblázat folytatása

	A	B	C	D	E	F	G
2	2021				Termék_1		
3					Készlet (db)		
4	Negyedév	Hét	Adat frissítés időpontja	Kimenő	Beérkező	Készletszint	
57	1	1	2021-01-08 15:00:00	80	0	1183	
58		2	2021-01-15 15:00:00	172	0	1011	
59		3	2021-01-22 15:00:00	238	0	773	
60		4	2021-01-29 15:00:00	336	1000	1437	
61		5	2021-02-05 15:00:00	546	0	428	
62		6	2021-02-12 15:00:00	426	1000	397	
63		7	2021-02-19 15:00:00	305	0	92	
64		8	2021-02-26 15:00:00	1031	1500	1046	
65		9	2021-03-05 15:00:00	860	0	186	
66		10	2021-03-12 15:00:00	1007	1500	679	
67		11	2021-03-19 15:00:00	1009	0	253	
68		12	2021-03-26 15:00:00	854	1500	899	
69		13	2021-04-02 15:00:00	736	0	163	
70	2	14	2021-04-09 15:00:00	882	1500	781	
71		15	2021-04-16 15:00:00	703	0	78	
72		16	2021-04-23 15:00:00	703	1500	875	
73		17	2021-04-30 15:00:00	501	0	374	
74		18	2021-05-07 15:00:00	205	2000	1292	
75		19	2021-05-14 15:00:00	875	0	417	
76		20	2021-05-21 15:00:00	842	2000	1575	
77		21	2021-05-28 15:00:00	684	0	568	
78		22	2021-06-04 15:00:00	1190	2000	1378	
79		23	2021-06-11 15:00:00	1148	0	230	
80		24	2021-06-18 15:00:00	1007	2000	1546	
81		25	2021-06-25 15:00:00	1082	0	1341	
82		26	2021-07-02 15:00:00	1548	2000	1793	
83	3	27	2021-07-09 15:00:00	1711	1500	1582	
84		28	2021-07-16 15:00:00	2456	2000	1126	
85		29	2021-07-23 15:00:00	2679	2000	447	
86		30	2021-07-30 15:00:00	2613	2500	334	
87		31	2021-08-06 15:00:00	1204	2500	1630	
88		32	2021-08-13 15:00:00	1460	0	170	
89		33	2021-08-20 15:00:00	0	0	170	
90		34	2021-08-27 15:00:00	1952	2000	218	
91		35	2021-09-03 15:00:00	1608	1500	110	
92		36	2021-09-10 15:00:00	1329	1500	281	
93		37	2021-09-17 15:00:00	1092	1500	689	
94		38	2021-09-24 15:00:00	744	1500	1445	
95		39	2021-10-01 15:00:00	689	1500	2256	
96	4	40	2021-10-08 15:00:00	2276	1500	1480	
97		41	2021-10-15 15:00:00	2023	2000	1457	
98		42	2021-10-22 15:00:00	2029	2000	1427	
99		43	2021-10-29 15:00:00	1212	1500	1716	
100		44	2021-11-05 15:00:00	1417	1500	1799	
101		45	2021-11-12 15:00:00	1500	1500	1799	
102		46	2021-11-19 15:00:00	1534	1500	165	
103		47	2021-11-26 15:00:00	1513	0	252	
104		48	2021-12-03 15:00:00	584	1500	1168	
105		49	2021-12-10 15:00:00	446	0	722	
106		50	2021-12-17 15:00:00	200	0	522	
107		51	2021-12-24 15:00:00	0	0	522	
108		52	2021-12-31 15:00:00	0	0	522	

3.3.2 Mozgóátlag és az abszolút eltérések szemléltetése

A mozgóátlag kiszámításához a teljes 2 év adatait vettem alapul, 1-7 periódusú mozgóátlag meghatározásával, illetve a mozgóátlagok eltéréseinek abszolút értékeinek különbsége szemléltetésével (vö. 2. táblázat).

Az egyes mozgóátlag-függvények a következők szerint alakulnak:

A mozgóátlagok az aktuális hét és az azt megelőző hetek készlet szintjeinek átlagából számíthatók, ahol a periódus hossza határozza meg, hány hét adatait veszik figyelembe (pl. MA1: 1 hét, MA7: 7 hét).

Az eltérés kiszámítása az aktuális heti készlet szint és a hozzá tartozó mozgóátlag különbségének abszolút értéke.

2. táblázat:

Készletszint mozgóátlagai és az abszolút eltérések szemléltetése

Saját forrás (URL: <https://miau.my-x.hu/miau/315/ma1-7.xlsm> ; mozgóátlag_minősítés munkalap)

2020 év készlet (K) és mozgóátlagok (MA1-MA7) bemutatása: C3:J106

2021 év abszolút eltérések szemléltetése: K3:Q106

Mértékegység: db

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	2020		2020-2021 év mozgóátlag szemléltetés								Az eltérések abszolút értékének különbsége						
2	Negyedév	Hét	K (db)	MA1	MA2	MA3	MA4	MA5	MA6	MA7	abshiba1	abshiba2	abshiba3	abshiba4	abshiba5	abshiba6	abshiba7
3	1	1	1898	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4		2	1752	1898	-	-	-	-	-	-	146,00	-	-	-	-	-	-
5		3	2550	1752	1825	-	-	-	-	-	798,00	725,00	-	-	-	-	-
6		4	1826	2550	2151	2067	-	-	-	-	724,00	325,00	240,67	-	-	-	-
7		5	2471	1826	2188	2043	2007	-	-	-	645,00	283,00	428,33	464,50	-	-	-
8		6	1563	2471	2149	2282	2150	2099	-	-	908,00	585,50	719,33	586,75	536,40	-	-
9		7	2804	1563	2017	1953	2103	2032	2010	-	1241,00	787,00	850,67	701,50	771,60	794,00	-
10		8	2341	2804	2184	2279	2166	2243	2161	2123	463,00	157,50	61,67	175,00	98,20	180,00	217,57
11		9	2612	2341	2573	2236	2295	2201	2259	2187	271,00	39,50	376,00	317,25	411,00	352,83	425,29
12		10	1724	2612	2477	2586	2330	2358	2270	2310	888,00	752,50	861,67	606,00	634,20	545,50	585,57
13		11	2863	1724	2168	2226	2370	2209	2253	2192	1139,00	695,00	637,33	492,75	654,20	610,50	671,43
14		12	2578	2863	2294	2400	2385	2469	2318	2340	285,00	284,50	178,33	193,00	109,20	260,17	238,29
15		13	3454	2578	2721	2388	2444	2424	2487	2355	876,00	733,50	1065,67	1009,75	1030,40	987,00	1099,00
16		14	2706	3454	3016	2965	2655	2646	2595	2625	748,00	310,00	259,00	51,25	59,80	110,67	80,86
17	2	15	3110	2706	3080	2913	2900	2665	2656	2611	404,00	30,00	197,33	209,75	445,00	453,83	498,86
18		16	2515	3110	2908	3090	2962	2942	2739	2721	595,00	393,00	575,00	447,00	427,20	224,17	206,00
19		17	3175	2515	2813	2777	2946	2873	2871	2707	660,00	362,50	398,00	228,75	302,40	304,00	467,86
20		18	2258	3175	2845	2933	2877	2992	2923	2814	917,00	587,00	675,33	618,50	734,00	665,00	656,43
21		19	2544	2258	2717	2649	2765	2753	2870	2828	286,00	172,50	105,33	220,50	208,80	325,67	284,00
22		20	1281	2544	2401	2659	2623	2720	2718	2823	1263,00	1120,00	1378,00	1342,00	1439,40	1437,00	1542,14
23		21	1342	1281	1913	2028	2315	2355	2481	2513	61,00	570,50	685,67	972,50	1012,60	1138,50	1170,71
24		22	601	1342	1312	1722	1856	2120	2186	2318	741,00	710,50	1121,33	1255,25	1519,00	1584,83	1716,86
25		23	628	601	972	1075	1442	1605	1867	1959	27,00	343,50	446,67	814,00	977,20	1238,83	1331,43
26		24	302	628	615	857	963	1279	1442	1690	326,00	312,50	555,00	661,00	977,20	1140,33	1387,86
27		25	1628	302	465	510	718	831	1116	1279	1326,00	1163,00	1117,67	909,75	797,20	511,67	348,57
28		26	316	1628	965	853	790	900	964	1189	1312,00	649,00	536,67	473,75	584,20	647,67	873,43
29	3	27	1366	316	972	749	719	695	803	871	1050,00	394,00	617,33	647,50	671,00	563,17	494,86
30		28	1845	1366	841	1103	903	848	807	883	479,00	1004,00	741,67	942,00	997,00	1038,17	961,71
31		29	2074	1845	1606	1176	1289	1091	1014	955	229,00	468,50	898,33	785,25	982,60	1059,83	1118,86
32		30	1359	2074	1960	1762	1400	1446	1255	1166	715,00	600,50	402,67	41,25	86,80	103,83	193,43
33		31	1523	1359	1717	1759	1661	1392	1431	1270	164,00	193,50	236,33	138,00	131,00	91,67	253,00
34		32	285	1523	1441	1652	1700	1633	1414	1444	1238,00	1156,00	1367,00	1415,25	1348,40	1128,83	1159,43
35		33	285	285	904	1056	1310	1417	1409	1253	0,00	619,00	770,67	1025,25	1132,20	1123,67	967,57
36		34	630	285	285	698	863	1105	1229	1248	345,00	345,00	67,67	233,00	475,20	598,50	618,14
37		35	767	630	458	400	681	816	1026	1143	137,00	309,50	367,00	86,25	49,40	259,00	376,00
38		36	217	767	699	561	492	698	808	989	550,00	481,50	343,67	274,75	481,00	591,17	772,00
39		37	545	217	492	538	475	437	618	724	328,00	53,00	7,00	70,25	108,20	72,83	178,71
40		38	914	545	381	510	540	489	455	607	369,00	533,00	404,33	374,25	425,20	459,17	306,57
41		39	2253	914	730	559	611	615	560	520	1339,00	1523,50	1694,33	1642,25	1638,40	1693,33	1732,57
42	4	40	1324	2253	1584	1237	982	939	888	802	929,00	259,50	86,67	341,75	384,80	436,33	522,43
43		41	940	1324	1789	1497	1259	1051	1003	950	384,00	848,50	557,00	319,00	110,60	63,33	10,00
44		42	220	940	1132	1506	1358	1195	1032	994	720,00	912,00	1285,67	1137,75	975,20	812,17	774,29
45		43	972	220	580	828	1184	1130	1033	916	752,00	392,00	144,00	212,25	158,20	60,67	55,86
46		44	1271	972	596	711	864	1142	1104	1024	299,00	675,00	560,33	407,00	129,20	167,17	247,00
47		45	999	1271	1122	821	851	945	1163	1128	272,00	122,50	178,00	148,25	53,60	164,33	128,71
48		46	1775	999	1135	1081	866	880	954	1140	776,00	640,00	694,33	909,50	894,60	820,67	635,14
49		47	492	1775	1387	1348	1254	1047	1030	1072	1283,00	895,00	856,33	762,25	555,40	537,50	579,57
50		48	1997	492	1134	1089	1134	1102	955	953	1505,00	863,50	908,33	862,75	895,20	1042,17	1044,29
51		49	1649	1997	1245	1421	1316	1307	1251	1104	348,00	404,50	227,67	333,25	342,20	398,00	545,29
52		50	1263	1649	1823	1379	1478	1382	1364	1308	386,00	560,00	116,33	215,25	119,40	100,83	44,86
53		51	1263	1263	1456	1636	1350	1435	1363	1349	0,00	193,00	373,33	87,25	172,20	99,50	86,43
54		52	1263	1263	1263	1392	1543	1333	1407	1348	0,00	0,00	128,67	280,00	69,80	143,50	85,29

(Folytatás a következő oldalon)

2. táblázat folytatása

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
2	2021		2020-2021 év mozgóátlag szemléltetés								Az eltérések abszolút értékének különbsége						
3	Negyedév	Hét	K (db)	MA1	MA2	MA3	MA4	MA5	MA6	MA7	abshiba1	abshiba2	abshiba3	abshiba4	abshiba5	abshiba6	abshiba7
55	1	1	1183	1263	1263	1263	1360	1487	1321	1386	80,00	80,00	80,00	176,50	304,00	138,17	203,00
56		2	1011	1183	1223	1236	1243	1324	1436	1301	172,00	212,00	225,33	232,00	313,20	425,33	290,43
57		3	773	1011	1097	1152	1180	1197	1272	1376	238,00	324,00	379,33	407,00	423,60	499,00	602,57
58		4	1437	773	892	989	1058	1099	1126	1201	664,00	545,00	448,00	379,50	338,40	311,00	236,29
59		5	428	1437	1105	1074	1101	1133	1155	1170	1009,00	677,00	645,67	673,00	705,40	727,00	742,43
60		6	397	428	933	879	912	966	1016	1051	31,00	535,50	482,33	515,25	569,40	618,83	654,14
61		7	92	397	413	754	759	809	872	927	305,00	320,50	662,00	666,75	717,20	779,50	835,43
62		8	1046	92	245	306	589	625	690	760	954,00	801,50	740,33	457,50	420,60	356,33	285,86
63		9	186	1046	569	512	491	680	696	741	860,00	383,00	325,67	304,75	494,00	509,50	554,57
64		10	679	186	616	441	430	430	598	623	493,00	63,00	237,67	248,75	249,20	81,33	56,29
65		11	253	679	433	637	501	480	471	609	426,00	179,50	384,00	247,75	227,00	218,33	356,29
66		12	899	253	466	373	541	451	442	440	646,00	433,00	526,33	358,00	447,80	456,83	458,86
67		13	163	899	576	610	504	613	526	507	736,00	413,00	447,33	341,25	449,60	362,83	344,43
68	2	14	781	163	531	438	499	436	538	474	618,00	250,00	342,67	282,50	345,00	243,33	307,00
69		15	78	781	472	614	524	555	494	572	703,00	394,00	536,33	446,00	477,00	415,50	494,43
70		16	875	78	430	341	480	435	476	434	797,00	445,50	534,33	394,75	440,20	399,50	440,86
71		17	374	875	477	578	474	559	508	533	501,00	102,50	204,00	100,25	185,20	134,17	158,57
72		18	1292	374	625	442	527	454	528	489	918,00	667,50	849,67	765,00	837,80	763,67	803,00
73		19	417	1292	833	847	655	680	594	637	875,00	416,00	430,00	237,75	263,00	176,83	220,43
74		20	1575	417	855	694	740	607	636	569	1158,00	720,50	880,67	835,50	967,80	938,83	1006,43
75		21	568	1575	996	1095	915	907	769	770	1007,00	428,00	526,67	346,50	338,60	200,50	202,29
76		22	1378	568	1072	853	963	845	850	740	810,00	306,50	524,67	415,00	532,80	527,83	638,14
77		23	230	1378	973	1174	985	1046	934	926	1148,00	743,00	943,67	754,50	816,00	704,00	695,57
78		24	1546	230	804	725	938	834	910	833	1316,00	742,00	820,67	608,25	712,40	636,00	712,57
79		25	1341	1546	888	1051	931	1059	952	1001	205,00	453,00	289,67	410,50	281,60	388,67	340,14
80		26	1793	1341	1444	1039	1124	1013	1106	1008	452,00	349,50	754,00	669,25	780,40	686,67	785,14
81	3	27	1582	1793	1567	1560	1228	1258	1143	1204	211,00	15,00	22,00	354,50	324,40	439,33	377,57
82		28	1126	1582	1688	1572	1566	1298	1312	1205	456,00	561,50	446,00	439,50	172,40	185,67	79,43
83		29	447	1126	1354	1500	1461	1478	1270	1285	679,00	907,00	1053,33	1013,50	1030,60	822,67	838,14
84		30	334	447	787	1052	1237	1258	1306	1152	113,00	452,50	717,67	903,00	923,80	971,83	818,14
85		31	1630	334	391	636	872	1056	1104	1167	1296,00	1239,50	994,33	757,75	573,60	526,17	463,00
86		32	170	1630	982	804	884	1024	1152	1179	1460,00	812,00	633,67	714,25	853,80	982,00	1009,00
87		33	170	170	900	711	645	741	882	1012	0,00	730,00	541,33	475,25	571,40	711,50	841,71
88		34	218	170	170	657	576	550	646	780	48,00	48,00	438,67	358,00	332,20	428,17	561,86
89		35	110	218	194	186	547	504	495	585	108,00	84,00	76,00	437,00	394,40	384,83	475,00
90		36	281	110	164	166	167	460	439	440	171,00	117,00	115,00	114,00	178,60	157,67	158,86
91		37	689	281	196	203	195	190	430	416	408,00	493,50	486,00	494,25	499,20	259,17	272,86
92		38	1445	689	485	360	325	294	273	467	756,00	960,00	1085,00	1120,50	1151,40	1172,00	978,14
93		39	2256	1445	1067	805	631	549	486	440	811,00	1189,00	1451,00	1624,75	1707,40	1770,50	1815,57
94	4	40	1480	2256	1851	1463	1168	956	833	738	776,00	370,50	16,67	312,25	523,80	646,83	741,57
95		41	1457	1480	1868	1727	1488	1230	1044	926	23,00	411,00	270,00	10,80	226,80	413,50	531,43
96		42	1427	1457	1469	1731	1660	1465	1268	1103	30,00	41,50	304,00	232,50	38,40	159,00	324,43
97		43	1716	1427	1442	1455	1655	1613	1459	1291	289,00	274,00	261,33	61,00	103,00	257,00	425,29
98		44	1799	1716	1572	1533	1520	1667	1630	1496	83,00	227,50	265,67	279,00	131,80	168,83	303,29
99		45	1799	1799	1758	1647	1600	1576	1689	1654	0,00	41,50	151,67	199,25	223,20	109,83	144,71
100		46	165	1799	1799	1771	1685	1640	1613	1705	1634,00	1634,00	1606,33	1520,25	1474,60	1448,00	1539,86
101		47	252	165	982	1254	1370	1381	1394	1406	87,00	730,00	1002,33	1117,75	1129,20	1141,83	1154,14
102		48	1168	252	209	739	1004	1146	1193	1231	916,00	959,50	429,33	164,25	21,80	25,00	62,71
103		49	722	1168	710	528	846	1037	1150	1189	446,00	12,00	193,67	124,00	314,60	427,83	467,43
104		50	522	722	945	714	577	821	984	1089	200,00	423,00	192,00	54,75	299,20	462,17	566,71
105		51	522	522	622	804	666	566	771	918	0,00	100,00	282,00	144,00	43,80	249,33	396,14
106		52	522	522	522	589	734	637	559	736	0,00	0,00	66,67	211,50	115,20	36,50	213,71

Jelmagyarázat

MA1 = 1 periódusú mozgóátlag	abshiba1= abszolútérték hiba mértéke 1 periódusú mozgóátlagnál
MA2 = 2 periódusú mozgóátlag	abshiba2= abszolútérték hiba mértéke 2 periódusú mozgóátlagnál
MA3 = 3 periódusú mozgóátlag	abshiba3= abszolútérték hiba mértéke 3 periódusú mozgóátlagnál
MA4 = 4 periódusú mozgóátlag	abshiba4= abszolútérték hiba mértéke 4 periódusú mozgóátlagnál
MA5 = 5 periódusú mozgóátlag	abshiba5= abszolútérték hiba mértéke 5 periódusú mozgóátlagnál
MA6 = 6 periódusú mozgóátlag	abshiba6= abszolútérték hiba mértéke 6 periódusú mozgóátlagnál
MA7 = 7 periódusú mozgóátlag	abshiba7= abszolútérték hiba mértéke 7 periódusú mozgóátlagnál
K = Raktár készletszint	

3.3.3 Objektumok

Az objektumok jelen esetben a mozgóátlagok, összesen 7 különböző periódusú típust vizsgálók. (vö. 8.ábra)

3.3.4 Attribútumok

Az attribútumok esetünkben a középértékek, tartományok és szórás. (vö. 8. ábra)

3.3.5 Sorszámozás

Első lépésként a középértékek, tartományok, szórás számítását végezzük el az abszolút eltérések táblázat oszlopainak alapján:

Módusz: vö. MÓDUSZ függvény

Minimumérték: vö. MIN függvény

Medián: vö. MEDIÁN függvény

Maximumérték: vö. MAX függvény

Szórás: vö. SZÓRÁS függvény

Átlag: vö. ÁTLAG függvény

	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ
1	Statisztikai mutatók periódusonként						
2		módusz	medián	szórás	min	max	átlag
3	MA1	0,00	479,00	428,32	0,00	1634,00	570,19
4	MA2	394,00	423,00	347,08	0,00	1634,00	491,25
5	MA3	531,85	447,33	375,94	7,00	1694,33	531,85
6	MA4	407,00	394,75	380,70	10,50	1642,25	507,22
7	MA5	977,20	440,20	401,17	21,80	1707,40	534,06
8	MA6	540,04	439,33	403,56	25,00	1770,50	540,04
9	MA7	425,29	494,43	412,36	10,00	1815,57	574,02
10		módusz	medián	szórás	min	max	átlag
11	irány	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

8. ábra:

Periódusonkénti statisztikai mutatók OAM az irány definiálásával

Saját forrás (URL: <https://miau.my-x.hu/miau/315/ma1-7.xlsm> ;

COCO_ elemzés munkalap; AD1:AJ11)

Mértékegység: AD1:AJ9 – db; AD10:AJ11 - indexérték

A középértékek, tartományok és szórás megállapítása után az OAM-ot kiegészítettem az irányokkal, 0-val jelölés esetén egy érték: „minél nagyobb annál jobb”, illetve, 1 értéknél: „minél kisebb, annál jobb”. (vö. 8. ábra)

A sorszámozás során az attribútumok rangsorba rendeződnek (vö. SORSZÁM függvény), ahol a legjobb érték fogja a legkisebb sorszámot kapni. Ezután a COCO Y0 modul segítségével különböző modellezési számítások eredményeit kapjuk meg, amiből stabil és valósághű következtetéseket vonhatunk el, kvázi eredményt hirdethetünk. (vö. 9. ábra)

	S	T	U	V	W	X	Y	Z
2	Rangsor	módusz	medián	szórás	min	max	átlag	Y0
3	MA1	1	6	7	1	1	6	1000
4	MA2	2	2	1	1	1	1	1000
5	MA3	5	5	2	3	4	3	1000
6	MA4	3	1	3	5	3	2	1000
7	MA5	7	4	4	6	5	4	1000
8	MA6	6	3	5	7	6	5	1000
9	MA7	4	7	6	4	7	7	1000

9. ábra:

Előkészített rangsorolás a COCO alkalmazásához

*Saját forrás (URL: <https://miau.my-x.hu/miau/315/ma1-7.xlsm>
; COCO_elemezés munkalap; S2:Y9)
Mértékegység: sorszám*

3.3.6 Módszer

A sorszámozás megtörténtét követően az online elérhető COCO Y0 modul felületén (vö. 1. kép) a rangsort a mátrix mezőbe beírjuk az adatokat fontos, hogy az 2. képen látható módon csak nyers adatokat adjunk meg! A többi mező kitöltése opcionális. A nyers adatokat a rangsor táblázatból kerültek kimásolásra oszlop-sor fejléc nélkül. Futtatás után dolgozza fel az OAM-ot.

Verzió: v2.17 (2012.10.25.)

Azonosító

Az azonosító megadás NEM kötelező! Abban az esetben, ha az azonosító nem kerül megadásra a DEFAULT értéket fogja kapni. (DEFAULT=Teszt)

Mátrix

A rangsor mátrix megadása kötelező!

Lépcsők

A lépcsők számának megadása NEM kötelező! Abban az esetben, ha nem kerül megadásra a DEFAULT értéket fogja kapni. (DEFAULT=objektumok száma)

Modell

Y0

Fájlok megtartása

☐

Vizuális beállítások

Objektum elnevezések Attribútum elnevezések

Az objektum listát NEM kötelező megadni! Ha a lista nem kerül megadásra, akkor a DEFAULT értéket fogja kapni! (DEFAULT=01..On)

Futtatás Alapállapot

1. kép:
COCO Y0 adatbekérő weboldala
Forrás (URL: https://miau.my-x.hu/myx-free/coco/beker_y0.php
- COCO hivatkozása.)

Mátrix						
1	6	7	1	1	6	1000
2	2	1	1	1	1	1000
5	5	2	3	4	3	1000
3	1	3	5	3	2	1000
7	4	4	6	5	4	1000
6	3	5	7	6	5	1000
4	7	6	4	7	7	1000

A rangsor mátrix megadása kötelező!

2. kép:

COCO Y0 mátrix mező kitöltési példa

Forrás (URL: https://miau.my-x.hu/myx-free/coco/beker_y0.php - COCO hivatkozása; KÉPMETSZET az 1. képből, nyers adatok bevitele a 9. ábra alapján)

Az alábbi (vö. 10. ábra) összefoglaló ábra a COCO Y0 modell feldolgozott eredményeit mutatja. A táblázatban az objektumok „Becsles” pontjai jelzik azok „értékességét”, így a legmagasabb pontszámmal rendelkező objektum tekinthető győztesnek. (vö. norma = 1000 jószágpont = Y0 oszlop). Továbbá olyan hasznos információval is szolgál, hogy mennyivel térnek el az alapadatokhoz képest a Delta/Tény résznél.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
45	COCO:Y0	módusz	medián	szórás	min	max	átlag	Becsles	Y0	Delta	Delta/Tény
46	MA1	988,3	1	0	6	6	1	1002,3	1000	-2,3	-0,23
47	MA2	491,6	5	501,1	6	6	6	1015,8	1000	-15,8	-1,58
48	MA3	487,1	2	500,1	4	3	4	1000,3	1000	-0,3	-0,03
49	MA4	490,6	10,5	499,1	2	4	5	1011,3	1000	-11,3	-1,13
50	MA5	484,1	3	498,1	1	2	3	991,3	1000	8,7	0,87
51	MA6	486,1	4	497,1	0	1	2	990,3	1000	9,7	0,97
52	MA7	489,6	0	496,1	3	0	0	988,8	1000	11,2	1,12

10. ábra:

COCO elemzés táblázat

Saját forrás (URL: <https://miau.my-x.hu/miau/315/ma1-7.xlsm> ;
COCO _elemzés munkalap; A46:K53)
Mértékegység: A-J oszlop – indexérték, K oszlop: %

3.3.7 Eredmények

Végeredmény kellően stabil ahhoz, hogy kihirdessem az első helyezettet(vö. 11.ábra). Jelen esetben kevés objektumunk van, így könnyedén ki tudjuk választani a győztest, viszont amennyiben több objektumunk lenne akkor egy függvényt használnák a legnagyobb érték megállapítására (vö. MAX függvény).

A „becslés” oszlopban (vö. 11.ábra) a COCO rendszer által generált pontszámok láthatók. Minél magasabb a pontszám egy objektum esetében, annál értékesebb az, ezért a legmagasabb pontszámú objektum a legjobbnak számít. Ebből adódóan egy végső sorrend is felállítható. A zöld szín jelzi a jobb értékelést, míg a piros szín a rosszabbakat. Így a kialakult végeredmény egyértelművé válik, és a validitás is ellenőrzésre került.

	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
2	Rangsor	módusz	medián	szórás	min	max	átlag	Y0	becslés	valid
3	MA1	1	6	7	1	1	6	1000	1002,3	1
4	MA2	2	2	1	1	1	1	1000	1015,8	1
5	MA3	5	5	2	3	4	3	1000	1000,3	1
6	MA4	3	1	3	5	3	2	1000	1011,3	1
7	MA5	7	4	4	6	5	4	1000	991,3	1
8	MA6	6	3	5	7	6	5	1000	990,3	1
9	MA7	4	7	6	4	7	7	1000	988,8	1

11. ábra:

Becslés, validálás, eredmény COCO elemzéssel táblázat

Saját forrás (URL: <https://miau.my-x.hu/miau/315/ma1-7.xlsm> ;

COCO_elemzés munkalap; S2:AB9)

Mértékegység: sorszám

A validitás ellenőrzésére inverzet is készítettem (vö. 12.ábra), ami azt jelenti, hogy a legnagyobb sorszámhoz hozzáadunk egyet, majd ebből a számból kivonjuk a meglévő sorszámokat, majd így is lefuttatjuk a modellt. A validitás ellenőrzése akkor sikeres, ha ugyanolyan eredményeket kapunk mint az eredeti modelnél, csak ellentétes előjelekkel, (vö. +/-, pozitív/negatív).

	K	L	M	N	O	P	Q	R
19	Inverz rangsor	módusz	medián	szórás	min	max	átlag	Y0
20	MA1	7	2	1	7	7	2	1000
21	MA2	6	6	7	7	7	7	1000
22	MA3	3	3	6	5	4	5	1000
23	MA4	5	7	5	3	5	6	1000
24	MA5	1	4	4	2	3	4	1000
25	MA6	2	5	3	1	2	3	1000
26	MA7	4	1	2	4	1	1	1000

12. ábra:
Inverz OAM táblázat

Saját forrás (URL: <https://miau.my-x.hu/miau/315/ma1-7.xlsm> ;
COCO_elemezés munkalap; K19:R26)
Mértékegység: sorszám

A 11. és 13. ábra a „normál” és inverz OAM táblázatokon a COCO Y0 modell végeredményei láthatók, ahol egyértelműen látszik, hogy az értékek megegyeznek, csak az előjelük lett ellentétes, tehát a végeredmény érvényesnek tekinthető. Ezt a „HA” függvénnyel ellenőriztem, ezzel képlettel: =HA(K103*K46<=0;1;0).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
102	COCO:Y0	módusz	medián	szórás	min	max	átlag	Becslés	Y0	Delta	Delta/Tény
103	MA1	0	493,9	498,9	0	0	5	997,7	1000	2,3	0,23
104	MA2	494,4	489,9	0	0	0	0	984,3	1000	15,7	1,57
105	MA3	498,9	492,9	1	2	3	2	999,7	1000	0,3	0,03
106	MA4	495,4	484,4	2	4	2	1	988,7	1000	11,3	1,13
107	MA5	501,9	491,9	3	5	4	3	1008,7	1000	-8,7	-0,87
108	MA6	499,9	490,9	4	6	5	4	1009,7	1000	-9,7	-0,97
109	MA7	496,4	494,9	5	3	6	6	1011,2	1000	-11,2	-1,12

13. ábra:
COCO Inverz elemzés táblázat

Saját forrás (URL: <https://miau.my-x.hu/miau/315/ma1-7.xlsm> ;
COCO_elemezés munkalap; A103:K110)
Mértékegység: A-J oszlop – indexérték, K oszlop: %

3.3.8 Véletlenszerű alternatív megközelítés

Az alapesettel szemben egy tetszőleges (véletlenszám-alapú) (vö. <https://miau.my-x.hu/miau/315/ma1-7.xlsm>; mozgóátlag_minősítés_alternatív munkalap; K1:Q108) OAM-ból kiindulva a következő megállapítások tehetők meg a hermeneutikai alrendszer automatizálása érdekében:

Az ideális objektum nem kell, hogy egyetlen (függvény-szimmetria-alapú önellenőrző) lépésben előálljon. A többlépcsős megoldás esetén egyes objektumok elhagyása (vö. antagonista helyzet: ahol egy objektum semmiben nem jobb/mindenben rosszabb, mint egy másik) félrevezető preferenciát garantálhat a partner-objektumnak. A „stróman” objektum kizárása védekezést jelent ezen nem kívánatos preferencia-kényszer ellen. (vö. <https://miau.my-x.hu/miau/315/ma1-7.xlsm>; COCO_elemezés_alternatív munkalap; R7:Y14)

A legjobb hibaátlagú (1 tényezős) objektum más (hasonlóan értékes) modell-értékelési szempontokból (vö. többtényezős: szórás, max, min, medián, módusz stb.) lehet kevésbé ideális, így a több-tényezős antidiszkriminatív értékelés eredménye nem kell, hogy az egytényezős gyorsselemezést minden esetben megerősítse. Éppen az ellentmondások feltárása a cél. (vö. <https://miau.my-x.hu/miau/315/ma1-7.xlsm>; COCO_eredmény_alternatív; N6:U12)

Az, hogy a véletlenszerű kiinduló OAM (vö. <https://miau.my-x.hu/miau/315/ma1-7.xlsm>; mozgóátlag_minősítés_alternatív munkalap; K1:Q108) valós példaként létre jöhet-e, már nem alapszintű diploma kérdése.

4. Vita

A választott MÁ és MI megközelítés relatív egyszerű és hatásos, az elemzés során több korlátozó tényező és fejlesztési lehetőség is azonosítható:

A kutatás kizárólag az 1–7 periódusú mozgóátlagot elemezte, területi okokból mellőzve a hosszabb periódusok (például 1–14 periódus) vizsgálatát. Ez a döntés indokolt volt, mivel a rövidtávú előrejelzési célokhoz ezek a periódusok elegendő rugalmasságot és pontosságot biztosítottak. Ugyanakkor az 1–14 periódus közötti időszakok elemzése mélyebb betekintést nyújthatott volna a közép- és hosszútávú trendek megértéséhez, de módszertan bemutatása volt a cél, mivel 1-től n periódusig bármi bemutatatható, mert minden, ami egy idősorra igaz a többire is igaz.

Továbbá a szóban forgó megközelítés figyelmen kívül hagyja a bonyolultabb statisztikai (ARIMA, gépi- vagy mély tanulás) modelleket, amelyek képesek lehetnek a szezonális mintázatok és komplex trendek pontosabb előrejelzésére. A dolgozat célja nem a legfejlettebb algoritmusok alkalmazása volt, bár a kifinomultabb módszerekkel való összehasonlítás gazdagíthatta volna az eredmények értelmezését, de véleményem szerint ez a téma akár egy önálló tudományos tanulmány keretében is feldolgozható lenne, vagyis meghaladta volna a dolgozat területi korlátait, ahol ideális esetben felületes kivonatosság helyett egy központi gondolat reprodukálhatóságra és automatizálhatóságra törekvő bemutatása lehet az a közgazdaságilag (gazdasági informatikai szempontból) is értelmezhető cél, ahol az információs többletérték fogalma meg tud jelenni, kizárva az öncélú vizsgálódások kockázatait.

5. Konklúzió

A dolgozat célja az volt, hogy bemutassa, miként használható optimalizálatlan az egyszerű mozgóátlag módszer a készlet szint előrejelzésére, kiegészítve az elemzést egy mesterséges intelligencia-alapú döntéstámogató keretrendszer, a COCO Y0 modul alkalmazásával. Az eredmények alapján a kutatás igazolta, hogy az egyszerű mozgóátlag, különösen az 1 hetes rövid távú előrejelzés esetében, megbízható (vö. 3. fejezet) módszert kínál. Az egyes periódusok összehasonlítása rávilágított a MÁ rugalmasságára: a rövidebb időszakokat (1–3 periódus) figyelembe vevő mozgóátlag gyorsan reagált a változásokra, míg a hosszabb periódusok (4–7 periódus) jobban kisimították az adatsor szélső értékeit, lehetővé téve a trendek azonosítását. (vö. 3.2.8 alfejezet)

A kutatás egyik legfontosabb hozzájárulása a COCO Y0 modul bevonása, amely gyors és objektív eszközt biztosított a különböző periódusú mozgóátlagok teljesítményének optimalizált, több-dimenziós összehasonlítására. Az MI-alapú elemzés lehetővé tette a hibamértékek (például MAE) automatikus kiszámítását, és egyszerű módon segítette a legmegfelelőbb mozgóátlag-periódus kiválasztását. Különösen értékes az olyan vállalkozások számára, amelyek korlátozott technológiai erőforrásokkal rendelkeznek, ugyanakkor elérhető, célravezető és gyors előrejelzésekre van szükségük.

Az egyszerű mozgóátlag előnyei közé tartozik, hogy könnyen érthető és alkalmazható módszer, amely kevésbé támaszkodik bonyolult algoritmusokra vagy nagy mennyiségű adatra. Ezért ideális eszköz lehet olyan vállalatok számára, amelyek nem rendelkeznek kifinomult előrejelzési infrastruktúrával, de szükségük van egy stabil és gyorsan implementálható megoldásra. Ugyanakkor a módszer alkalmazhatósága nemcsak kisebb cégek, hanem komplexebb rendszereket üzemeltető szervezetek számára is releváns lehet, mivel az MI-alapú támogatás bővíti a módszer eredményességét és megkönnyíti az elemzési folyamatokat.

A dolgozat tapasztalatai alapján megállapítható, hogy az „egyszerű” mozgóátlag és az MI-támogatás kombinációja jelentős lehetőségeket rejt magában a készletgazdálkodás optimalizálására. A módszerek egyszerűsége és rugalmassága lehetővé teszi, hogy a vállalatok gyorsan reagáljanak a piaci igényekre, miközben minimalizálják a túlkészletezésből vagy készlethiányból fakadó kockázatokat. Ezáltal a dolgozat eredményei hozzájárulnak és egyúttal javaslatot kínálnak az automatizáció és a mesterséges intelligencia szélesebb körű bevezetésére a vállalati folyamatokba.

6. Jövőkép

A dolgozat során egy egyszerű statisztikai módszer, a mozgóátlag előrejelzés hatékonyságát vizsgáltam a raktári készlet szintek rövid távú (1 hetes) prognózisában, mesterséges intelligencia támogatásával. Az alkalmazott COCO Y0 (antidiszkriminatív) modul, mely teljes mértékben automatizálható komplex hermeneutikája ellenőre, megkönnyítette az adatfeldolgozást és a különböző periódusú mozgóátlagok teljesítményének objektív/optimalizált összehasonlítását.

6.1 Jövőbeli kutatások irányai és lehetőségei

Az egyszerű mozgóátlag módszer korlátozottan képes kezelni az összetett trendeket, szezonális hatásokat vagy hirtelen változásokat az adatsorokban. Ezért a jövőbeni kutatások egyik lehetséges iránya a fejlettebb statisztikai és gépi tanulási modellek (például ARIMA, LSTM) integrálása a készletgazdálkodási előrejelzésekbe. Ezek a modellek képesek kezelni az idősorok összetettebb mintázatait. Joshua Noble (2024) publikációjából kiderül, hogy az ARIMA modell a MÁ előrejelzés egy tovább fejlesztett változata, ami összevonja az autoregresszív modellezést és a mozgóátlag-modellezést: *„Az autoregresszív modellezés és a mozgóátlag-modellezés az idősoros adatok előrejelzésének két különböző megközelítése. Az ARIMA integrálja ezt a két megközelítést, innen a név.”* (Noble, 2024)

LSTM és ARIMA modellekkel történt összehasonlítás alátámasztja, hogy komplexebb idősorok esetén az LSTM modellek általában jobban teljesítenek, mivel képesek megfogni a nemlineáris összefüggéseket és a hosszú távú függőségeket, míg az ARIMA modellek főként lineáris kapcsolatokra építenek, ami korlátozhatja a teljesítményüket olyan adatoknál, ahol a mintázatok bonyolultabbak. Pontosítva a publikációból: *„Pontosabban, az LSTM-alapú algoritmus átlagosan 85% -kal javította az előrejelzést az ARIMA-hoz képest.”* (Siarni-Namini et. al. 2018)

További kutatásokat igényel annak vizsgálata is, hogy az MI-alapú keretrendszerek, mint a COCO Y0, miként bővíthetők a prediktív elemzési funkciók terén eset-specifikusan. Például a rendszer kiegészíthető lenne olyan modulokkal, amelyek képesek automatikusan azonosítani a legmegfelelőbb előrejelzési modellt az adatok jellemzői alapján, vagy integrálni az adatgyűjtést az ellátási lánc menedzsment rendszerébe. A hasonlóságelemzés-láncokra alapozó automatizálás már más területeken megtörtént:

pl. <https://miau.my-x.hu/miau2009/index.php3?x=e0&string=chained>, ill. Robot-Polgár projekt: <https://miau.my-x.hu/miau2009/index.php3?x=e0&string=robot-pol>, <https://miau.my-x.hu/miau2009/index.php3?x=e0&string=robotpol>

6.2 MI-alapú rendszerek szélesebb körű alkalmazása

A mesterséges intelligencia használatának kiterjesztése a készletgazdálkodásban további előnyöket kínálhat a vállalatok számára. A real-time adatelemzés lehetővé teszi a dinamikusan változó piaci környezetekhez való gyorsabb alkalmazkodást. Az MI-alapú rendszerek továbbfejlesztése révén például a szezonális mintázatok és a piaci trendek pontosabb azonosítása válhat elérhetővé, ami segíti a készletgazdálkodási döntések optimalizálását. Az ilyen rendszerek integrálása a vállalatirányítási szoftverekkel növelheti az automatizáció mértékét, csökkentve az emberi hibák lehetőségét és javítva az előrejelzési pontosságot.

6.3 Kisebb vállalkozások támogatása

Fontos szempont, hogy az egyszerűbb módszerek, mint például a mozgóátlag, továbbra is relevánsak maradjanak a kisebb vállalkozások számára. A kutatás eredményei alapján javasolható az egyszerű mozgóátlag alkalmazásának népszerűsítése olyan szektorokban, ahol az előrejelzési technológiák elérhetősége korlátozott, de a készletgazdálkodás hatékonyságának javítása kiemelt fontosságú. Az MI-támogatás elérhetőbbé tétele és a könnyen implementálható rendszerek fejlesztése jelentős hozzáadott értéket teremthet ezen a területen.

Javaslatok időszakos felülvizsgálata, miszerint évente legalább kétszer elemezni szükséges a keresleti trendeket, hogy az előrejelzési modellek megfeleljenek az aktuális piaci helyzetnek.

Minimális és maximális készletszint küszöbök meghatározása annak érdekében, hogy elkerüljék a készlethiányt és a túlzott raktárkészlet felhalmozódását. Például: A mozgóátlag által javasolt heti szükséglet alapján határozzák meg a készletküszöböt, amely figyelembe veszi a szállítási időt és a várható eltéréseket.

Összefoglalás

A kutatás kiindulópontja az a felismerés, hogy a készletezési eljárások túlzott készletezéshez vagy készlethiányhoz vezethetnek. A dolgozat célja a raktári készletigény pontosabb előrejelzésének vizsgálata MI támogatásával. A dolgozat az alapvető készletgazdálkodási módszerek bemutatását követően, rátér a MÁ-alapú előrejelzés optimalizálására mindezt megtámogatva egy MI-alapú rendszerrel, az önvalidáló, antidiszkriminatív, több-lépcsős hasonlóságelemzéssel, melynek alapkérdése: lehet-e minden MÁ-periódusérték tetszőlegesen sok előrejelzési pontosság/jóságmutató alapján másként egyforma – szemben a naiv/optimalizálatlan megoldással: pl. az átlagos hiba alapján történő egytényezős összehasonlítással). A módszerek együttes alkalmazása javíthatják az előrejelzések pontosságát és rugalmasságát. A feltételes mód indoka: az egytényezős rangsorolás eredménye lehet azonos a komplex, optimalizált elemzés eredményével: ilyen esetekben az MI-alapú elemzés verifikálja a gyors elemzés eredményeit.

Ábra, kép és táblázat jegyzék

Ábrák

1. ábra: MA1-MA7 Mediánok összehasonlítás diagramm	25
2. ábra: MA1-MA7 Átlagok összehasonlítás diagramm	25
3. ábra: MA1-MA7 Móduszok összehasonlítás diagramm	26
4. ábra: MA1-MA7 Szórás összehasonlítás diagramm	26
5. ábra: MA1-MA7 Minimumérték összehasonlítás diagramm	26
6. ábra: MA1-MA7 Maximumérték összehasonlítás diagramm	26
7. ábra: MA1-MA7 Mozgóátlagok szemléltetése és reagálása a készletszint változásaira diagramm	27
8. ábra: Periódusonkénti statisztikai mutatók OAM az irány definiálásával	34
9. ábra: Előkészített rangsorolás a COCO alkalmazásához	35
10. ábra: COCO elemzés táblázat	36
11. ábra: Becslés, validálás, eredmény COCO elemzéssel táblázat	37
12. ábra: Inverz OAM táblázat	38
13. ábra: COCO Inverz elemzés táblázat	38

Táblázatok

1. táblázat: Adott termék 2 éves készletadatai	29-30
2. táblázat: Készletszint mozgóátlagai és az abszolút eltérések szemléltetése	32-33

Képek

1. kép: COCO Y0 adatbekérő weboldala	35
2. kép: COCO Y0 mátrix mező kitöltési példa	36

Rövidítésjegyzék

MI:	mesterséges intelligencia
MÁ:	mozgóátlag
COCO:	Component-based Object Comparison for Objectivity (komponens-alapú objektum összehasonlítás az objektivitásért)
OAM:	objektum-attribútum-mátrix
ARIMA:	AutoRegressive Integrated Moving Average (autoregresszív integrált mozgóátlag)
SKU:	Stock Keeping Unit (készletnyilvántartási egység)
EOQ:	Economic Order Quantity (gazdaságos rendelési mennyiség)
JIT:	Just-In-Time (éppen időben)
ROP:	Reorder Point (újrendelési pont)
L4L:	Lot for Lot (tételenkénti rendelési mennyiség)
SMA:	Simple Moving Average (egyszerű mozgóátlag)
WMA:	Weighted Moving Average (súlyozott mozgóátlag)
EMA:	Exponential Moving Average (exponenciális mozgóátlag)
MSE:	Mean Squared Error (átlagos négyzetes hiba)
MAE:	Mean Absolute Error (átlagos abszolút hiba)
LSTM:	Long Short-Term Memory (hosszú és rövid távú memória)
RNN:	Recurrent Neural Network (visszacsatolt neurális hálózat)

Irodalomjegyzék

Banton, C. (2024). *Moving Average, Weighted Moving Average, and Exponential Moving*

Average. Investopedia <https://www.investopedia.com/ask/answers/071414/whats-difference-between-moving-average-and-weighted-moving-average.asp>

(Letöltve: 2024. 10. 30.)

Butt, H., (2023) *Forecasting 101 — A beginner's guide into time-series forecasting in R*

Medium <https://policy.medium.com/medium-terms-of-service-9db0094a1e0f>

(Letöltve: 2024. 11. 11.)

Fernando, J. (2024). *Moving Average (MA): Purpose, Uses, Formula, and Examples*

Investopedia <https://www.investopedia.com/terms/m/movingaverage.asp>

(Letöltve: 2024. 10. 30)

Gelei Andrea (2016). *Logisztikai döntések*. Akadémiai Kiadó.

https://mersz.hu/dokumentum/dj165ld__1/

<https://doi.org/10.1556/9789630598088>. (Letöltve: 2024. 10. 30.)

Heizer, J., Render B. (2011). *Operations Management (Tenth Edition)*. New Jersey: Pearson

ISBN 10: 0-13-511143-9

Jenkins, A. (2022). *Inventory Forecasting: Types, Best Practices, and Benefits*

Oracle NetSuite <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/inventory-management/inventory-forecasting.shtml> (Letöltve: 2024. 10. 30.)

Lewis, D. C. (1997). *Demand forecasting and inventory control, A computer aided learning approach*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd.

ISBN: 1 85573 241 6

Nallusamy S. (2021). *Performance Measurement on Inventory Management and Logistics*

Through Various Forecasting Techniques. International Journal of Performability Engineering, vol.17, no. 2, 216-228.

<https://doi.org/10.23940/ijpe.21.02.p6.216228> (Letöltve: 2024. 11. 15.)

Noble, J., (2024). *What are ARIMA models?* IBM <https://www.ibm.com/topics/arima-model>

(Letöltve: 2024. 11. 15)

Nordhaus, W. D., Samuelson, P. A. (2016). *Közgazdaságtan*. Akadémiai Kiadó.

<https://doi.org/10.1556/9789630597814>. (Letöltve: 2024. 10. 31.)

https://mersz.hu/dokumentum/dj149k_244/#dj149k_241_p1

Pitlik Marcell (2020). *Térfogati égés optikai vizsgálata és mesterséges intelligencia alapú elemzése*. Magyar Égéstudományi Bizottság

http://www.combustioninstitute.hu/tdk_dij/2021/PitlikMarcell_TDK2020.pdf

(Letöltve: 2024. 11. 12)

Raj, A. (2022). *AI-based Demand Forecasting – Everything You Need to Know*

ThroughPut Inc <https://throughput.world/blog/ai-based-demand-forecasting/>

(Letöltve: 2024. 11. 11.)

Révai András (Évszám nélkül). *MY-X team, Avagy egy innovatív „ötlet-istálló”*

https://miau.my-x.hu/miau/196/My-X%20Team_A5%20fuzet_HU_jav.pdf

(Letöltve: 2024. 10. 31.)

Russel, J. S., Norvig P. (2022) *Artificial Intelligence, A Modern Approach (Fourth Edition)*. Harlow: Pearson

ISBN 10: 1-292-40113-3

Sheikh, H., Prins, C., Schrijvers, E. (2023). *Artificial Intelligence: Definition and Background*

In: *Mission AI. Research for Policy*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21448-6_2 (Letöltve: 2024. 11. 12.)

Siami-Namini, S., Tavakoli N., Siami Namin, A. (2018). *A Comparison of ARIMA and LSTM in Forecasting Time Series*. IEEE Xplore <https://ieeexplore.ieee.org/document/8614252>

<https://doi.org/10.1109/ICMLA.2018.00227>

- Wang, P., (2019). *On Defining Artificial Intelligence*. Journal of Artificial General Intelligence 10(2) 1-37, 2019 Sciendo <https://sciendo.com/article/10.2478/jagi-2019-0002>
<https://doi.org/10.2478/jagi-2019-0002> (Letöltve 2024. 11. 12.)
- Wilson, J. H., Solutions Inc., Keating B. (2009). *Business Forecasting With ForecastX™, Sixth Edition*. McGraw-Hill/Irwin
ISBN: 978-0-07-337364-5