

# Adaptív optimalizálás a logisztikai disztribúciós központokhoz

## Adaptive Optimization of Logistics Distribution Centers

Ernesto González CABRERA<sup>1</sup>

Béla ILLÉS<sup>2</sup>

Ákos CSERVENÁK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>[er92gcabrera@gmail.com](mailto:er92gcabrera@gmail.com), <sup>2</sup>[bela.illes@uni-miskolc.hu](mailto:bela.illes@uni-miskolc.hu), <sup>3</sup>[akos.cservenak@uni-miskolc.hu](mailto:akos.cservenak@uni-miskolc.hu)

<sup>1,2,3</sup>Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Logisztikai Intézet  
HU-3515 Miskolc, Egyetemváros, Tel: +36-46-565-111, <http://geik.uni-miskolc.hu/intezetek/LOG/index.php>

### Abstract

*The optimization of distribution centers (DCs) is a critical element in enhancing the efficiency and resilience of global supply chains. This paper presents a comprehensive methodological framework for planning, evaluating, and selecting logistics models adapted to distribution centers, combining quantitative and qualitative tools. These models are evaluated using decision matrices, the analytical hierarchical process (AHP), and Monte Carlo simulations. The methodology integrates cost, delivery time, flexibility, sustainability, and operational resilience metrics, allowing logistics decisions to be adapted to dynamic and highly uncertain environments.*

**Keywords:** Distribution Centers, Logistics Planning, Sustainability, Resilience, Optimization

### Kivonat

*A disztribúciós központok optimalizálása kulcsfontosságú elem a globális ellátási láncok hatékonyságának és rugalmasságának javításában. Ez a tanulmány egy átfogó módszertani keretrendszer mutat be a logisztikai modellek tervezésére, értékelésére és kiválasztására, amely kvantitatív és kvalitatív eszközöket kombinál. A tanulmány három fő konfigurációs modellt vizsgál: centralizált, decentralizált és vegyes modellek. Ezeket a modelleket döntési mátrixok, az analitikus hierarchikus folyamat (AHP) és Monte Carlo szimulációk segítségével értékeli.*

**Kulcsszavak:** Disztribúciós központok, Logisztikai tervezés, Fenntarthatóság, Rugalmasság, Optimalizálás

## 1. BEVEZETÉS

A globális ellátási láncok összefüggésében az elosztóközpontok (angolul Distribution Center, röviden DC-k) egyszerű raktárakból olyan kulcsfontosságú stratégiai csomópontokká fejlődtek, amelyek biztosítják a logisztikai műveletek hatékonyságát, fenntarthatóságát és rugalmasságát [1]. A piacok növekvő összetettsége, a kereslet változékonysága és a közelmúltban fellépő zavaró események, mint például a SARS-CoV-2 által okozott világjárvány és a geopolitikai konfliktusok, rávilágítottak a rugalmas és alkalmazkodó DC-k fontosságára, amelyek képesek agilisan reagálni a bizonytalan és változó környezetekre [2].

Hagyományosan a DC-k elhelyezésével, tervezésével és működésével kapcsolatos döntések a költségek és a működési hatékonyság statikus kritériumain alapultak [3]. A jelenlegi trendek azonban egy több kritériumon alapuló megközelítésre irányulnak, amely integrálja a gazdasági, környezeti, társadalmi és rugalmassági szempontokat [4]. Ezt az átmenetet a logisztikai műveleteknek a fenntartható fejlődési célokhoz (SDG) való összhangba hozására irányuló nyomás, valamint az olyan feltörekvő technológiák beépítése, mint a tárgyak internete (IoT), a blokklánc és a fejlett analitika, amelyek valós időben nagyobb láthatóságot és alkalmazkodóképességet tesznek lehetővé [5].

Ezen előrelépések ellenére továbbra is fennáll a tudományos szakadék a stratégiai logisztikai tervezés és a DC-k operatív irányítása közötti hatékony integrációban, különösen erősen bizonytalan környezetben [6]. A legtöbb létező megközelítés ezeket az elemeket elszigetelten kezeli: egyrészt a globális logisztikai tervezést, másrészt a DC-k belső menedzsmentjét [7]. A logisztikai tervezés ezen széttagoltsága akadályozza a DC-k intelligens és alkalmazkodó csomópontokként való optimalizálását a logisztikai hálózaton belül [8].

Ez a cikk olyan átfogó módszertant javasol, amely szakaszos folyamaton alapul, amely kvantitatív eszközöket (AHP, döntési mátrixok, Monte Carlo szimuláció) és kvalitatív eszközöket (PESTEL elemzés, SWOT) kombinál a DC konfigurációs alternatívák értékelésére, centralizált, decentralizált vagy vegyes modellektől. Ez a módszertan nemcsak a működési hatékonyságot veszi figyelembe, hanem a fenntarthatóságot és a zavaró eseményekkel szembeni ellenálló képességet is [9]. A tanulmány célja, hogy olyan pragmatikus és adaptálható keretrendszert adjon, amely útmutatóul szolgál azoknak a vállalatoknak, amelyek iparáguk és működési környezetük egyedi jellemzőihez alkalmazkodva kívánják javítani elosztóhálózatuk hatékonyságát.

Végül meghatározzák a jövőbeli kutatások lehetőségeit, beleértve a mesterséges intelligencián alapuló prediktív modellek kifejlesztését, a digitális ikrek integrálását a logisztikai hálózatok dinamikus szimulációjához, valamint a körforgásos indikátorok beépítését, hogy a DC-ke a körkörös gazdaság elveivel összehangolják [10].

## 2. KUTATÁSI MÓDSZERTAN ÉS FOLYAMAT

Az elosztó központok (DC-k) optimalizálására javasolt módszertan egy szisztematikus folyamatban épül fel, amely öt kulcsfázisra oszlik. Ez a megközelítés mind a mennyiségi, mind a minőségi eszközöket integrálja, és folyamatos fejlesztési mechanizmusokat tartalmaz, amelyek garantálják a különféle logisztikai kontextusokhoz igazodó, átfogó értékelést. A fő cél a legmegfelelőbb elosztási modell (centralizált, decentralizált vagy vegyes) értékelése és kiválasztása, figyelembe véve a gazdasági, működési, környezeti és rugalmassági kritériumokat. Az alábbiakban részletezzük a folyamat egyes fázisait.

### 2.1 Első fázis: A tanulmány előkészítése

Az első szakasz a szervezet belső és külső környezetének alapos elemzését foglalja magában. Ez a lépés lefekteti a stratégiai döntéshozatal alapjait az üzleti modell, a termékportfólió, az ügyfélbázis és a földrajzi hatókör jellemzésével [5].

#### **Kulcstevékenységek:**

##### *Stratégiai eszközök:*

PESTEL elemzés a szervezetre ható politikai, gazdasági, társadalmi, technológiai, környezeti és jogi tényezők értékelésére [11]. SWOT elemzés a belső erősségek, gyengeségek, külső lehetőségek és veszélyek azonosítására [3].

##### *Ügyfélszegmentáció:*

ABC elemzés a vevők és a termékek nagy, közepes és alacsony jelentőségű kategóriákba való besorolására a kereslethez és bevételhez való hozzájárulásuk alapján [12].

##### *Kereslet előrejelzés:*

Idősorok és többszörös regressziós modellek a jövőbeli keresleti trendek előrejelzésére, korrelálva a mintákat a szezonalitással, a gazdasági feltételekkel és a marketingtevékenységekkel [10].

##### *A meglévő infrastruktúra értékelése:*

A kulcsfontosságú teljesítménymutatók (KPI-k) kiszámítása, beleértve a raktárterület kihasználtságát, a készletforgalmat és a rendelési ciklus teljesítményét. Ezek a mutatók a működési hatékonyság és a kapacitáskihasználás kezdeti értékelését adják [6].

Ez a fázis elengedhetetlen a szervezeti kontextus megértéséhez és a világos stratégiai célok meghatározásához. Az adatalapú módszerek és analitikai eszközök alkalmazása robusztusabb, a logisztikai műveletek optimalizálását célzó döntéshozatali folyamatokat tesz lehetővé.

### 2.2 Második fázis: Alternatívák elemzése

Ebben a fázisban három fő konfigurációs modellt értékelnek: centralizált, decentralizált és vegyes. Minden modellt kvantitatív módszerek és fejlett optimalizálási technikák kombinációjával elemeznek.

#### **Központosított modell:**

*Célkitűzés:* Egy olyan központosított logisztikai rendszer életképességének értékelése, ahol egyetlen DC szolgál ki minden régiót.

##### **Előnyök:**

- Alacsonyabb fix költségek a méretgazdaságosságnak köszönhetően.
- Jobb készletellenőrzés.
- Egyszerűsített műveletek és csökkentett adminisztrációs bonyolultság [13].

##### **Hátrányok:**

- Magas szállítási költségek távoli ügyfelek számára.
- Hosszabb szállítási idők.
- A kockázatok koncentrációja (pl. ellátási lánc zavarai).

**Eszközök és módszerek:**

- Teljes költségelemzés (TCA): A központosítás állandó és változó költségeit értékeli.
- Lineáris programozás: Optimalizálja az erőforrások elosztását.
- Hálózati áramlási modellek: Az ellátási lánc teljesítményének szimulálása.

**Decentralizált modell:**

*Célkitűzés:* Több regionális DC életképességének értékelése a szállítási költségek és a szállítási idők csökkentése érdekében.

**Előnyök:**

- Gyorsabb szállítások.
- Csökkentett szállítási költségek a regionális ügyfelek számára.
- Nagyobb rugalmasság a kereslet változásaira való reagáláshoz [14].

**Hátrányok:**

- Magasabb fix költségek a többszörös telepítés miatt.
- Bonyolultabb készletkezelés.
- Hatékonyság kockázata a raktárak használatában.

**Eszközök és módszerek:**

- Breakeven Analysis: Meghatározza több hely jövedelmezőségét.
- Vehicle Routing Probléma (VRP): Optimalizálja a szállítás hatékonyságát.
- Többléptékű készletmodellek: Értékeli a készlet több hely közötti elosztását.

**Vegyes modell:**

*Cél:* A központosított és decentralizált elemeket kombináló hibrid rendszer életképességének meghatározása.

**Előnyök:**

- Egyensúly a költséghatékonyság és a szolgáltatás gyorsasága között.
- Redundancia a kockázatok csökkentése érdekében az ellátási láncban.
- Skálázhatóság a jövőbeli növekedés érdekében [15].

**Hátrányok:**

- Komplex koordináció és kihívásokkal teli logisztika.
- Nagyobb kezdeti befektetés.
- Fejlett technológiákra és felügyeleti rendszerekre van szükség.

**Eszközök és módszerek:**

- Heurisztikus optimalizálási modellek: Megtalálják a központosított és decentralizált hubok legjobb kombinációját.
- Hálózati áramlás optimalizálás: Meghatározza a termékek optimális elosztását.
- Monte Carlo szimuláció: kockázatok és bizonytalanságok elemzése a hibrid modellben].

**2.3 Harmadik fázis: Mennyiségi és minőségi értékelés**

Az optimális disztribúciós konfiguráció kiválasztása átfogó, többszemponútú értékelési folyamatot igényel, amely a mennyiségi teljesítménymutatókat minőségi szakértői ítéletekkel ötvözi. Ezt a folyamatot megkönnyíti a súlyozott döntési mátrix (WDM), amely olyan kritériumok alapján értékeli az alternatívákat, mint a teljes költség, az átfutási idő, a rugalmasság, a fenntarthatóság és a kockázati kitettség.

Az egyes kritériumokhoz rendelt súlyokat stratégiai fontosságuk szerint határozzák meg, míg az alternatívákat egymáshoz viszonyítva értékelik. A következetesség biztosítása érdekében a súlyokat az Analytical Hierarchical Process (AHP) segítségével származtatják, amely páronként összehasonlítja a kritériumokat a relatív fontosságuk megállapítása érdekében.

A bizonytalanságot Monte Carlo szimulációkkal kezelik, amelyek modellezik a kereslet, a szállítási költségek és a külső zavarok lehetséges változásait. Ez a megközelítés lehetővé teszi a várható teljesítmény kiszámítását különböző forgatókönyvek esetén, erősítve a döntéshozatali folyamatot.

**2.4 Negyedik fázis: Lehetőségek és veszélyek elemzése**

A preferált disztribúciós modell azonosítása után a lehetőségek és veszélyek részletes elemzése történik. Ez a lépés biztosítja, hogy a külső – pozitív és negatív – tényezők beépüljenek a végső megvalósítási tervbe.

**Lehetőségek:**

- Új piaci szegmensek.
- Technológiai fejlődés (pl. IoT, automatizálás).
- Szabályozási ösztönzők a zöld logisztikára.

**Fenyegetések:**

- Gazdasági volatilitás.
- Zavarok az ellátási láncban.
- A szabályozási megfelelési költségek növekedése.

E kihívások kezelésére egy kockázati mátrixot fejlesztenek ki, amelyben minden fenyegetést annak valószínűsége és lehetséges hatása alapján értékelnek. Ez egy olyan kockázati pontszámot eredményez, amely a kritikus fenyegetéseket prioritásként kezeli a feltételes tervezés és a működési rugalmasság révén.

**2.5 Ötödik fázis: Megvalósítás és ellenőrzés**

Az utolsó fázis a kiválasztott konfiguráció végrehajtását, valamint egy robusztus felügyeleti és folyamatos fejlesztési keretrendszer létrehozását foglalja magában. A PDCA (Plan-Do-Check-Act) ciklus a valós idejű teljesítményadatokon alapuló iteratív fejlesztések előmozdítására szolgál.

Az IoT-érzékelőkből, raktárfelügyeleti rendszerekből (WMS) és szállításkézelési platformokból származó adatokkal integrált digitális megfigyelőrendszer valós idejű áttekintést biztosít a készletszintekről, a rendelések kitöltési arányáról és a szállítási költségekről. Ez a rendszer lehetővé teszi a tervezett teljesítménytől való eltérések korai észlelését és szükség esetén korrekciós intézkedéseket.

A folyamatos fejlesztési folyamat magában foglalja a kulcsfontosságú KPI-k értékelését, mint például:

- Pontos szállítás (OTD).
- Megrendelésekenkénti költség.
- Szállításonkénti szénlábnym.
- Működési rugalmassági index.

A folyamatos fejlesztési folyamat minden egyes iterációja magában foglalja az operatív csapatok visszajelzéseit, az ügyfelek felméréseit és a teljesítményelemzést. Ez a szisztematikus megközelítés lehetővé teszi a működési eljárások finomítását, javítva a hatékonyságot és az ellenálló képességet.

Ez a módszertani megközelítés jelentős hozzájárulást jelent a logisztika területéhez azáltal, hogy a mennyiségi és minőségi eszközöket rugalmas és adaptálható keretbe integrálja. Kialakítása nemcsak a működési hatékonyságot, hanem a fenntarthatóságot és a zavaró eseményekkel szembeni ellenálló képességet is lehetővé teszi, összhangban a modern szervezetek stratégiai céljaival.

**3. EREDMÉNYEK ÉS KORLÁTOZÁSOK**

A jelen tanulmány átfogó módszertant javasol az elosztóközpontok (DC-k) optimalizálására, valamint a globális ellátási láncok hatékonyságának, fenntarthatóságának és rugalmasságának javítására. Ez a megközelítés a mennyiségi, minőségi és új technológiai eszközöket ötvözi azzal a céllal, hogy alkalmazkodjanak a dinamikus és nagyon bizonytalan környezetekhez. Az alábbiakban bemutatjuk a tanulmány kidolgozása során kapott eredményeket, valamint azokat a feltárt korlátokat, amelyeket figyelembe kell venni a jövőbeni alkalmazásoknál.

**3.1 Eredmények**

A javasolt módszertan, bár még fejlesztési fázisban van, jelentős előrelépést jelent a hagyományos logisztikai optimalizálási megközelítésekhez képest. Innovatív kialakítása integrálja a klasszikus stratégiai tervezési módszereket a többszemponú elemzés, a sztochasztikus szimuláció és a kockázatkezelés korszerű eszközeivel. Ez a megközelítés nemcsak a működési szempontok, például a költségek és a szállítási idők kezelését teszi lehetővé, hanem a fenntarthatósággal és a zavaró eseményekkel szembeni ellenálló képességgel kapcsolatos stratégiai kritériumokat is.

Az előzetes eredmények rávilágítanak a fenntarthatósági és rugalmassági mutatók beépítésének fontosságára a logisztikai döntéshozatalba. A hagyományos modellektől eltérően, amelyek a pénzügyi hatékonyságot vagy a költségminimalizálást helyezik előtérbe, ez a módszertan a döntéseket a Fenntartható Fejlődési Célokhoz (SDG) és a jelenlegi környezetvédelmi előírásokhoz igazítja. Ezenkívül az esettanulmányokon és szakirodalmi áttekintéseken alapuló kezdeti validálás lehetővé tette a fázisok, eszközök és mérőszámok kiigazítását, hogy biztosítsák azok alkalmazhatóságát különböző ipari kontextusokban, a központosított ellátási láncoktól a decentralizált többszintű hálózatokig.

A módszertanba integrált kulcsfontosságú eszközök közé tartozik:

- **Analitikai hierarchikus folyamat (AHP):** A kritériumok rangsorolásához.
- **Súlyozott döntési mátrix (WDM):** Alternatívák értékelésére.
- **Monte Carlo szimuláció:** Bizonytalansági forgatókönyvek elemzéséhez.

Ezek az eszközök javítják az egyes döntések nyomon követhetőségét és átláthatóságát, lehetővé téve a vezetők számára, hogy igazolják egy adott modell kiválasztását, még ingatag és dinamikus környezetben is. A módszertan olyan feltörekvő technológiák integrációját is fontolgatja, mint például a dolgok internete (IoT), a digitális ikrek és a blokklánc, amelyek megkönnyítik a valós idejű láthatóságot és a proaktív döntéshozatalt.

### 3.2 Korlátozások

Az elért haladás ellenére a módszertannak vannak bizonyos korlátai, amelyeket figyelembe kell venni, mielőtt valós környezetben alkalmazzák. Ezek a korlátok nemcsak a benne rejlő technikai nehézségeket tükrözik, hanem a komplex logisztikai hálózatok optimalizálásával kapcsolatos szervezeti és kontextuális kihívásokat is:

1. **A megbízható adatoktól való függés:** A kvantitatív eszközök (AHP, döntési mátrixok, Monte Carlo szimuláció) hatékonysága a keresletre, a logisztikai költségekre, a szolgáltatási színvonalra és a külső tényezőkre vonatkozó historikus adatok minőségétől és hozzáférhetőségétől függ. Alacsony digitalizációs vagy rosszul dokumentált logisztikai folyamatokkal rendelkező cégeknél az alkalmazás korlátozott lehet.
2. **A súlyozás bonyolultsága:** Bár az AHP lehetővé teszi a döntési kritériumok hierarchikus felépítését, a súlyok hozzárendelése továbbra is részben a szakértők szubjektivitásán múlik, ami torzításokat vagy következtelenségeket okozhat az értékelésben.
3. **Vészhelyzetek kezelésének képessége:** Míg a Monte Carlo-szimuláció hasznos a bizonytalanság modellezésére, a hirtelen bekövetkező zavaró eseményeket (pl. egészségügyi válságok, geopolitikai konfliktusok, váratlan szabályozási változások) nehéz pontosan előre jelezni. Ez befolyásolhatja a módszertanból származó ajánlások szilárdságát.
4. **Analitikai képességek szükségessége:** A módszertan hatékony alkalmazásához kvantitatív elemzésben, adatkezelésben és szimulációs eszközökben képzett személyzet szükséges. Ez akadályt jelenthet a korlátozott erőforrásokkal rendelkező kis- és középvállalkozások (kkv-k) számára.
5. **Korlátozott technológiai integráció:** Bár a módszertan olyan technológiák integrálását fontolgatja, mint az IoT, a blokklánc és a digitális ikrek, ezek az elemek még nincsenek teljesen kidolgozva a módszertani keretek között. A jövőbeni megvalósítás az egyes szervezetek technológiai érettségétől és a megoldások átvételére való képességétől függ.

A javasolt módszertan jelentős előrelépést jelent a hagyományos logisztikai hálózatok optimalizálási megközelítéseihez képest azáltal, hogy rugalmas, átlátható és adaptálható keretbe integrálja a gazdasági, környezeti és rugalmassági kritériumokat. Jövőbeni alkalmazása nemcsak a költségek és a szállítási idők optimalizálását teszi lehetővé a vállalatok számára, hanem a megszakításokhoz való alkalmazkodási képességüket és versenyképesebb pozíciójuk javítását is az egyre szabályozottabb és igényesebb piacokon. Az azonosított korlátok azonban aláhúzzák a folyamatos kutatás és a megközelítés finomításának szükségességét az ezen a területen továbbra is fennálló technológiai, szervezeti és kontextuális kihívások kezelése érdekében.

## 4. KÖVETKEZTETÉSEK

A tanulmány lezárásaként az alábbi következtetések tehetők meg:

1. Az elosztóközpontok optimalizálása megköveteli a stratégiai tervezés és az operatív irányítás integrálását a kereslet változásaihoz és a zavaró eseményekhez való alkalmazkodóképesség javítása érdekében.
2. A fenntarthatóság és az ellenállóképesség mint kulcskritérium beépítése a logisztikai döntéshozatalba lehetővé teszi, hogy a DC-ket hozzáigazítsák a hosszú távú környezetvédelmi és hatékonysági célkitűzésekhez.
3. A feltörekvő technológiák, mint például az IoT, a Big Data és a digitális ikrek, jelentős lehetőségeket kínálnak a DC-k intelligens és dinamikus csomópontokká történő átalakítására a logisztikai hálózatokon belül.
4. A jövőbeni kutatásoknak olyan hibrid modellek kifejlesztésére kell összpontosítaniuk, amelyek matematikai optimalizálást, szimulációt és prediktív elemzést kombinálnak a rugalmasabb és fenntarthatóbb logisztikai hálózatok érdekében.

## IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Ballou, R.H., Logistics: supply chain management. 2004: Pearson Education.
- [2] Chopra, S. and P. Meindl, Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. 2016: Pearson.
- [3] Christopher, M., Logistics & Supply Chain Management. 2016: Pearson Education.
- [4] Arrienti, F.D. and B.E. Questioners. Reduce Overtime of Distribution Centre by Re-Layout and Employee Shift Scheduling Use Class Based Storage and Integer Linear Programming. in E3S Web of Conferences. 2023. EDP Sciences.
- [5] Awasthi, A. and S.S. Chauhan, A hybrid approach integrating Affinity Diagram, AHP and fuzzy TOPSIS for sustainable city logistics planning. Applied Mathematical Modelling, 2012. 36(2): p. 573-584.
- [6] Becerra-Fernandez, M., et al., Assignment-simulation model for forklifts in a distribution center with aisle constraints. Simulation Modelling Practice and Theory, 2024. 133.
- [7] Ben-Daya, M., E. Hassini, and Z. Bahroun, Internet of things and supply chain management: a literature review. International Journal of Production Research, 2019. 57(15-16): p. 4719-4742.
- [8] Cao, J., et al., Optimal logistics scheduling with dynamic information in emergency response: Case studies for humanitarian objectives. Advances in Production Engineering And Management, 2023. 18(3): p. 381-395.
- [9] Fedtke, S. and N. Boysen, Layout planning of sortation conveyors in parcel distribution centers. Transportation Science, 2017. 51(1): p. 3-18.
- [10] Ghasemi, P., et al., Stochastic optimization model for distribution and evacuation planning (A case study of Tehran earthquake). Socio-Economic Planning Sciences, 2020. 71.
- [11] Jamshidi, A., et al., A review of priority criteria and decision-making methods applied in selection of sustainable city logistics initiatives and collaboration partners. INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH, 2019. 57(15-16): p. 5175-5193.
- [12] Govindan, K., et al., Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: a literature review. JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION, 2015. 98: p. 66-83.
- [13] Liu, Y. and C. Zhou, Optimization Model and Algorithm Design of Rural Logistics Distribution Center Location Based on Particle Swarm Optimization. in Proceedings - 2024 International Conference on Electrical Drives, Power Electronics and Engineering, EDPEE 2024. 2024. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- [14] Schumann, D., et al., Development of a Procedure Model to Compare the Picking Performance of Different Layouts in a Distribution Center, in Lecture Notes in Production Engineering. 2023, Springer Nature. p. 575-586.
- [15] Li, Q., et al., WarehouseVis: A Visual Analytics Approach to Facilitating Warehouse Location Selection for Business Districts. COMPUTER GRAPHICS FORUM, 2020. 39(3): p. 483-495.