

# Reaktív logisztika: átláthatóság és koordináció kulcs-információ-technológiai támogatással



Karnok Dávid\*

MTA SZTAKI, karnok.david@sztaki.mta.hu

## Absztrakt

A csillag- vagy küllős alakú (hub-and-spoke) logisztikai hálózatok képesek a logisztikai ipar által korábban ellentmondásosnak tartott követelményeknek megfelelni és lehetőséget biztosít a résztvevő vállalatok egymást kiegészítő kompetenciáinak egyesítésére. Ez azonban szervezeti hetero-genitást feltételez, ami csökkentheti a hatékonyabb működéshez szükséges átláthatóságot. Az ADVANCE projekt célul tűzte ki, hogy áthidalja ezen átláthatósági szakadékokat modellező-, elemző- és döntéstámogató eszközökkel, így módon kiaknázhatóvá váljon az implicit elérhető potenciál a hálózatban. Kulcs eleme ennek a munkának a reaktív programozási paradigmára épülő adatfolyam keretrendszer, amely lehetővé teszi a résztvevők rendszerei közötti nagy mennyiségű adatáramlást hatékony erőforrás-felhasználás mellett. Azon túl, hogy ez a közös adatfolyam-platform rendelkezésre áll a szállítási folyamat és az egyéb működés adatainak kezelésére, további erőfeszítés szükséges a résztvevők adatmodelljeinek egyeztetéséhez a folyamatok tervezésekor és végrehajtáskor is. A cikk a kihívások kezelésének egyik lehetséges megközelítését mutatja be az ADVANCE Flow Engine keretrendszerben, amely egy strukturális adatleíró-, egy típus-inferencia- és egy reaktív adatfolyam-alapú alrendszer együttműködésére épül.

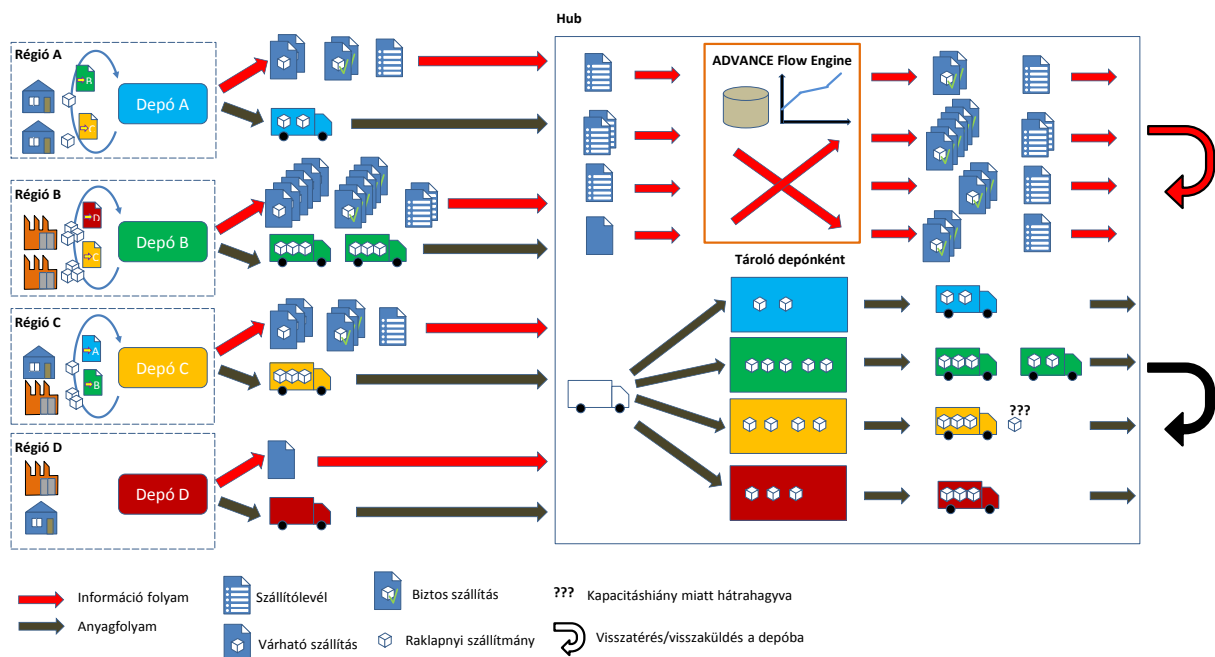
**Kulcsszavak:** logisztika, átláthatóság, koordináció, kulcs-információ-technológia

## 1. Bevezetés

A múltban, kis mennyiségű – tipikusan nem teljes kamionnyi (less-than-truckload) – küldemény szállítása egyszerre gyorsan és olcsón ellentmondásos követelménynek tűnt. Az elmúlt 1–2 évtizedben egy újfajta logisztikai hálózat-szervezés bukkant fel, ami 1) lehetőséget nyújt a küldemények „átcsoportosítására” a jobb szállítójármű-kihasználás érdekében, illetve 2) lehetővé teszi a hálózati résztvevők egymást kiegészítő kompetenciáinak az egész hálózat érdekében történő kihasználását. Ebben a küllős hálózatban (hub-and-spoke) a „küllők” (melyeket **depóknak** is neveznek), jobban ismervén a helyi lehetőségeket, kezelik a küldemények összegyűjtését és kiszállítását, míg a központi, nagy átbocsátóképességű központi raktár, vagy **hub**, végzi az átcsoportosítást és újraelosztást (1. ábra).

## 2. A hálózat működése

Ezek a hálózatok általában ún. franchise jelleggel működnek: a csatlakozás bizonyos feltételek elfogadása mellett lehetséges. A hálózat egészének érdekében az egyes depók pl. csak a központi hub által meghatározott vonzaskörzetből gyűjthetnek össze szállítandó csomagokat, s bár nem tilos számukra a közvetlen, hub-ot kihagyó kiszállítás, mégis gyakran valamilyen kompenzációval érdekltté teszik a depókat a hálózaton belüli szállításra. A depók a kiosztott vonzaskörzetekben a háztartások, üzletek és az ipar által küldött csomagokat összegyűjtik, majd tipikusan 1 m<sup>2</sup> alapterületű raklapokra osztják szét. Ezen csomagok egy vonalkódos matricát kapnak, amin szerepel a méret, tömeg, a forrás depó, a cél hub és a kiszállító depó, valamint a feladó és a fogadó pontos címe. A vonalkódot (egyedi azonosító) a hub információs (IT) rendszerével az interneten keresztül generálják. Ennek a kódnak a megléte azonban még nem garantálja, hogy a csomag valóban a hálózaton keresztül lesz szállítva, illetve hogy ha igen,



akkor még aznap útnak indul. A depók dönthetnek úgy, hogy a jobb járműkihasználás érdekében bevárnak csomagokat, vagy éppen a csomag tulajdonságai miatt inkább a hálózaton kívül, közvetlenül szállítanak ki. Miután megszületett a döntés a hálózaton belüli szállításról, a raklapok ún. elkötelezett állapotba kerülnek az IT rendszerben, majd megkezdődik a raklapok kamionokra rakódása. Ennek befejeztével elkészül a szállítólevél a kamion részletes tartalmáról, majd az útnak indul a központi hub felé (ami egyes országokban akár 5–10 órányi út is lehet.)

A hub-ok a kiszorgálandó depók számától függően több, fedett raktárból állnak, ahol minden raktár ún. „sorokra” (bay) van felosztva, ami megfelel egy cél depónak. A hub-ba beérkező kamionok tartalmuk alapján akár több raktárt is megjárhatnak, ahol a róluk lerakodott raklapok a fogadó depónak megfelelő sorba kerülnek. Az üres kamionok ezután egy központi parkolóban várják meg, hogy berakodásra hívják őket abba a raktárba, ahol az ő tulajdonos depójának szánt raklapok vannak. Ez megnövekedett átrakodási idővel járhat, ami akár napi egy órás késleltetést is jelenthet. A felrakodás tényét általában kézi vonalkód-olvasóval rögzítik a hub saját IT

rendszerében. A felrakodást követően újabb szállítólevél kerül kiállításra, majd a kamionok visszaindulnak a saját depójukba.

Bár hatékonyan működhetnek, az efféle hálózatoknak is vannak karakterisztikus korlátai mind a kihasználás, agilitás és kapacitáshiány-kezelés területén. A legtöbb ebből származó probléma visszavezethető az információs átláthatóság szervezeti heterogenitásból eredő hiányosságaira:

- korlátozott, eltérő gyakoriságú, időben eltolts vagy késlekedő információ-megosztás,
- az üzleti információk kiszivárgásával kapcsolatos aggályok és
- egyáltalán, a motiváció hiánya a működési információk megosztásával kapcsolatban.

Elméletileg az összes, küldeményt és raklapot érintő eseményt (felrakodás, lerakodás, szállítás) lehetőség van az IT rendszerben „lejelenteni”, de a fegyelem, illetve a technológiai felkészültség depónként nagy eltéréseket mutathat.

Mivel az egyetlen kötelező esemény a vonalkód kiosztása, a hub-nak és a cél-depóknak nincs sok idejük és lehetőségük reagálni az esetleges

megnövekedett csomagmennyiségre vagy éppen a kihasználatlanságra. Így könnyen előfordulhat, hogy az egyes depók nem küldenek elég kamiont a nekik szánt csomagok elszállítására, így raklapokat kell a hub-ban hagyniuk. Ilyenkor vagy kötbért kell fizetni, vagy a hub-nak kell saját költségen alkalmi kiszállítót bérelni. A megnövekedett bejövő raklapmennyiség is okozhat nehézséget, mert a raktárak is véges kapacitásúak: ilyenkor kénytelen a hub késleltetni a kamionok lerakódását, vagy egyes kamionokat átmeneti tárolónak használni.

A második lehetséges gond, hogy a lejelentés nem mindig elektronikusan, hanem pl. telefonon keresztül történik; gyakran maga a hub kérdezi le telefonon a depók állapotát és terveit.

A harmadik probléma, hogy maga az IT rendszer is korlátozott képességekkel rendelkezik, gyakran archaikus, zárt szoftver-technológiák mentén készült, így annak kibővítése, vagy a benne tárolt adatok pl. elemzés céljából történő kinyerése is gondot okozhat.

A fenti problémák egyszeri átfogó kezelése elfogadhatatlan kockázatot jelenthet az évtizedes tapasztalatokra, bejáratott folyamatok bonyolult, változásokra érzékeny egyensúlyára támaszkodó logisztikai rendszerekben, ezért új megoldások bevezetése csak inkrementális módon, a visszalépés lehetőségének fenntartásával történhet. Első lépésként kézenfekvő lehet a hálózat létező, implicit lehetőségeinek jobb kihasználása. Ekkor a hálózatban már meglévő és elérhető, de valószínűleg szegényesen szervezett adatokat és adatforrásokat új módszerekkel aknázzuk ki anélkül, hogy ez a résztvevők üzleti modelljét, működésük alapvető menetét érintené.

### 3. Az új információs rendszer

Az ismertetett logisztikai folyamatok támogatására szolgáló IT rendszernek az alábbi követelményeknek kell megfelelnie:

- heterogén adatforrásokból származó adatokat kell hatékonyan és kis késleltetéssel összegyűjtenie,
- nagy mennyiségű adatot kell tudnia kezelni,
- mind az emberi felhasználóknak, mind a döntéstámogató társ-rendszereknek, mind a depók esetleges saját IT rendszerével is együtt kell tudnia működni, valamint
- kellően rugalmasnak kell lennie az esetleges anyag- és információs-folyamokat érintő strukturális változások gyors lekezelésében.

Ezen követelményeknek a legtöbb jelenlegi, zárt technológiájú IT rendszer nem képes megfelelni (vagy nagyon drága felkészíteni azokat). A probléma forrása ezekben a rendszerekben az alábbi három tulajdonságra vezethető vissza:

1. A különféle depó és hub rendszerek mai értelemben véve nem-standard módon kommunikálnak egymással. Ez egyedi, nem mindig megbízható kommunikációs csatornákat jelent, ráadásul a korábban kifejlesztett rendszerekben alkalmazott, a fizikai anyagfolyam leírására szolgáló digitális adatmodell is eltérő lehet résztvevőnként.
2. Bár az információs-folyam mérete paraméterezhető ezekben az IT rendszerekben, maga az információ-áramlás szerkezete a szoftverek fejlesztésekor rögzítésre került. Ahhoz, hogy az ilyen IT rendszerekbe pl. új adatfeldolgozó lépés, új lehetséges raklap-állapotok kerülhessenek, vagy a fölöslegessé vált meglévő komponenseket eltávolíthassák, komoly fejlesztésekre van szükség, ami nem biztos, hogy lehetséges, ha az eredeti rendszert fejlesztő cég, vagy az alapjául szolgáló zárt technológia manapság már nem létezik, vagy további fejlesztésre nem elérhető.
3. A rendszerek maguk egy vagy több programból állnak, amelyek ún. feldolgozó szálakra vannak bontva. Ezek a szálak felelősek pl. a résztvevő rendszerek közötti kommunikáció lebonyolításáért, a különféle számítások elvégzéséért, valamint a raklapokat érintő események adatbázisban történő rögzítéséért. Ezen műveleteket ún. blokkoló módban végzik, ami azt jelenti, hogy a program gyakorlatilag nem

csinál mást, mint várakozik és eközben rendszer-erőforrásokat feleslegesen, más folyamatok rovására tart fogva. Ez különösen akkor érezhető, amikor nagy mennyiségű adatot és eseményt kell összevárnia a különféle társ-rendszerekből.

Ezen hiányosságokat kiküszöbölendő, a 2010-ben indult Európai Unió ADVANCE projekt (Advanced predictive-analysis-based decision-support engine for logistics, vagyis fejlett előrejelző- és elemző-alapú döntéstámogató motor logisztikai felhasználásra) célja volt az említett, több résztvevős küllős szerkezetű logisztikai hálózatok továbbfejlesztése. Nyílt információ-technológiai alapokon működő modellező-, optimalizáló- és előrejelző-eszközökhöz, valamint az ezekhez szükséges adatok és információk heterogén forrásokból való összegyűjtéséhez egy újszerű, reaktív koordinációs- és adatfolyam keretrendszer került megvalósítása.

Az elvégzett kutatás-fejlesztési munka az alábbi, újrafelhasználható eredményeket célozta meg:

- egy újszerű adatfolyam-keretrendszer létrehozása, ami erőforrás-hatékonyan képes modellezni a jelenlegi adatáramlás-struktúrákat és lehetőséget ad új struktúrák vagy folyamatok kipróbálására,
- egy új adatmodellezési elv definiálása, amely a heterogén adatmodellek értelmezéséhez és közös használatához, valamint automatikus helyesség-ellenőrzéshez nyújt segítséget,
- IT eszközök fejlesztése a heterogén információs folyamatok vállalatok közötti megtervezéséhez és lefektetéséhez, valamint
- fejlett modellező és előrejelző algoritmusok megvalósítása, melyek egy fejleszhető hosszú távú döntéstámogató rendszert szolgálnak ki.

A projekt keretében kifejlesztett megoldások és alkalmazásuk teljes ismertetése jelen cikk tartalmi keretein messze túlmutatna; e helyütt csupán ezek néhány fontosabb szerkezeti jegyei, algoritmusai és tulajdonságai kerülnek

ismertetésre. A megvalósítás további részleteit [1] és [2] ismerteti, ajánlott továbbá a projekt honlapján (<http://www.advance-logistics.eu>) fellelhető dokumentáció.

A raklapok, kamionok, depók és a hub tulajdonságainak és állapotának digitális leírására szolgáló adatmodelleket általában nem egységesen tervezik meg és nem mindig egységes adatformátummal valósítják meg. Mivel az IT rendszerek csak konkrét és kompatibilis leírások megléte esetén tudnak egymással kommunikálni, definiálásra került egy újszerű, magasabb szintű adatmodell-leírás, ami képes megragadni a lehető legnagyobb közös részt a hálózatban működő különféle IT rendszerek saját adatmodell-leírásaiból, ugyanakkor átlátható módon lehetővé teszi az egyes résztvevők adatmodelljeinek ennél bővebb leírását. Ezt nevezzük adat meta-modellnek. Jellemzője, hogy a résztvevők adatmodelljeit egy közös, *strukturális leírás*sá alakítja, ezáltal lehetőséget nyújtva azok dinamikus elemzésére és összehasonlítására. A közös „nyelv” megteremtése és az erre támaszkodó konverziók révén már sokkal könnyebben megvalósítható az említett heterogén rendszerek közötti kommunikáció. Megjegyzendő, hogy ezt az adat meta-modellezést általában ritkán kell elvégezni, és nem befolyásolja a napi szintű üzemelés teljesítményét.

A közös adat meta-modell leírás birtokában már lehetőség van dinamikusan felépíteni az adatfeldolgozás lépéseit. Ez egy tervező-tevékenység, amihez a projekt során megvalósításra került egy újszerű keretrendszer, amiben lehetőség van grafikus felület segítségével felépíteni az adatfeldolgozás lépéseit ún. általános blokkokból. Ezen blokkok, egyfajta fekete dobozok, különféle számítási és koordinációs feladatokat képesek ellátni. Jellemzőjük, hogy rendelkezhetnek több be- és kimenettel, ahová adatfolyamokat lehet „bekötni”, gyakran adatmetamodelltől függetlenül is. Ahhoz viszont, hogy az így megtervezett adatfeldolgozó-

hálózat helyesen működjön, ellenőrizni kell ezen blokkok közötti kapcsolatokat, amelyre egy új, ún. típus-inferencia algoritmus lett kifejlesztve. Ez az algoritmus képes meghatározni, hogy a tervező inkompatibilis összeköttetést hozott-e létre (pl. azzal, hogy egy szám-típusú bemenetre szöveg-típusú kapcsolatot definiált). Ezen túl meghatározza, hogy a felépítés dinamikussága miatt az egyes kapcsolatokat végeredményben milyen, minimális adat meta-modell írja le.

A megtervezett adatfeldolgozó-hálózatot ezt követően működtetni is kell, ami az elvart teljesítmény és a rendszereken átáramló adatmennyiségek miatt nem lehet a hagyományos, ún. húzó-jellegű (pull) és várakozó módon hatékonyan végrehajtani. Ehelyett az utóbbi 5 évben felfedezett és egyre elterjedőben lévő ún. reaktív paradigmát követve egy új, úgynevezett nyomó-jellegű (push) adat-mozgatással történő végrehajtott keretrendszer került megvalósításra, ami a megtervezett adatfeldolgozó hálózatot lefordítja a számítógép számára értelmezhető adatfolyam-gráffá, ahol a különféle feldolgozó lépések már nem várakoznak az adatokra, hanem *reagálnak, amint azok elérhetővé válnak*. Mivel egyszerre több, egymástól független és párhuzamosan működtethető hálózatra is szükség lehet, a megvalósított keretrendszer, amit **ADVANCE Adatfolyam-Motornak** (ADVANCE Flow Engine, lásd 1. ábra) neveztünk el, képes több, ún. *végrehajtó környezet* (realm) futtatására is. Az így működő adatfeldolgozás akár egy nagyságrenddel kisebb késleltetéssel és akár több nagyságrenddel nagyobb adatmennyiséget képes kezelni ugyanannyi idő alatt. Megjegyzendő, hogy a megoldás alapjául szolgáló reaktív szoftver-programkönyvtár az elmúlt években számtalan, független, gyakran nyílt-forrású implementációja látott napvilágot.

#### 4. Összefoglalás, konkluzió

Ahhoz, hogy az ún. küllős szerkezetű logisztikai hálózatokban, napi szinten akár milliós

nagyságrendű eseményt hatékonyan fel lehessen dolgozni, a klasszikus ún. várakozó és blokkoló adatfeldolgozás-megközelítés már nem elegendő. Az Európai Unió FP7-es ADVANCE projektje keretében egy új, dinamikus és reaktív keretrendszert fejlesztettünk ki a probléma kezelésére, amely a hálózatokban meglévő heterogén adatforrások egyesített értelmezését támogató új adat-metamodellből, egy ún. push-alapú reaktív adatfolyam feldolgozó keretrendszerből és a dinamikus adatfolyam-gráf helyességét ellenőrző típus-inferencia algoritmusból áll.

A projekt keretében a megvalósított rendszert Nagy-Britanniában egy országos hálózatot működtető logisztikai vállalat saját folyamataira testreszabottan tesztelte, ahol a nagyobb átláthatóság és a konkrét körülményekhez igazított adatfeldolgozó algoritmusok éves szinten közel 500 ezer fontot takarítottak meg.

#### 5. Köszönetnyilvánítás

A bemutatott kutatási munkát az OTKA No. 113038 és az EPIC EU H2020 No. 664404 támogatásai tették lehetővé.

#### 6. Irodalom

- [1] Karnok D, Kemény Zs., (2012): Definition and handling of data types in a dataflow-oriented modelling and processing environment, MITIP 2012. 14th International Conference on Modern Information Technology in the Innovation Processes of the Industrial Enterprises, ISBN: 978-963-311-373-8.
- [2] Karnok D, Kemény Zs., (2012): Framework for building and coordinating information flows in logistics networks, MITIP 2012. 14th International Conference on Modern Information Technology in the Innovation Processes of the Industrial Enterprises, ISBN: 978-963-311-373-8.