



Vezetékes és vezeték nélküli hálózatok optimalizálása mesterséges
intelligencia segítségével
(saját fejlesztéseink tükrében, a GAIA projekt eredményeként)

Kovács Elemér
ekovacs@wsc.hu

A mesterséges intelligencia (MI) beintegrálása az átviteli hálózatok tervezésébe jelentős paradigmaváltást jelent a mérnöki gyakorlatban. A szó szerint értendő összetett tervezési kihívásokra az immáron klasszikusnak számító evolúciós optimalizálási algoritmusok még szélesebb körű alkalmazása ad választ, jellemzően robusztus, gyakorlatban bizonyító megoldásokat kínálva.

Mit jelent ez a paradigmaváltás?

- Több, adott feltételek mellett optimális hálózatot készítenek, amelyek közül szubjektíven a legmegfelelőbb választják ki műszaki és gazdasági szempontok alapján optimális, ill. adott költségkeret mellett a műszakilag legoptimálisabb megoldást. A költségek és a műszaki tartalom közötti egyensúlyt a tervezés során több alternatív megoldást is kidolgozva biztosítják.
- Objektív mérőszámokkal történik az összehasonlítás az egyes hálózatok között.
- A költségkezelés (üzemeltetési, beruházási költségek, megtérülés) a tervezési folyamatba szervesen beintegrálásra kerül a folyamat szerves részeként, nem utólagosan történik.
- A folyamatba való belépési szint átértékelését.

Mi van az evolúciós optimalizációs algoritmusok mögött?

Ezek az élőlények törzsfajlását mintázó számítógépes algoritmusok. Az élővilággal párhuzamot vonva, ahol a legéleterevalóbb egyedek keresztezése és az utódok szelektálása történik, itt ugyanazt a hálózatokon végezzük elégséges számú iteráción keresztül. Lényeges, hogy csak és kizárólag kiértékelt objektív hálózati teljesítményre alapozva iteratív módon el tudunk jutni a leginkább jól teljesítő hálózathoz. Példának okáért objektív hálózati teljesítmény egy hálózat állomásaira eső átviteli igények kiszolgálása - az máris egy bináris mérőszám, egy igaz vagy hamis érték. Belátható, minél több állomásra igaz ez az érték, annál jobb a hálózatunk, két hálózat között pedig, ahol pedig mindkettőnél ugyanannyi ez az igaz érték, ott a kisebb költséggel megvalósítható lesz a jobb és í.t. Végeredményben, ha több hálózatunk is van és teljesítményüket kiértékeljük, úgy ezek összevetéséből információt vonhatunk le a hálózatok egymáshoz viszonyított jóságára vonatkozóan. Fontos momentum, hogy ezeknek a hálózatoknak a teljesítménye nem egyetlen, hanem több, egymással ellentétes irányba mozgó mérőszámmal írható le, például a költség és műszaki tartalom. 2 < >

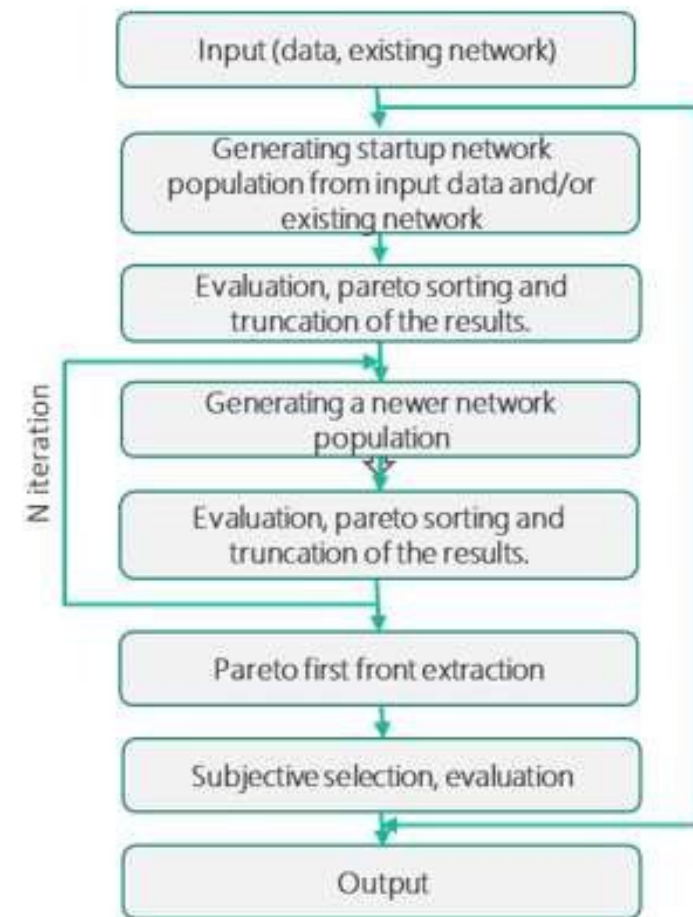
Belátható, hogy nem a legolcsóbb megoldás lesz műszakilag a legjobb, ahogyan az is belátható, hogy adott költségshoz egy adott műszaki tartalmat tudunk hozzárendelni - ezek az adott kompromisszum mellett létrejött optimális megoldások. Az eljárással megtalálhatóak ezek a maguk módján optimális megoldások, amelyekből aztán - szubjektív preferencia alapján - kiválasztásra kerülhet a későbbiekben megvalósításra szánt.

A mérnöki tervezés és szimulációalapú optimalizálás területén a többcélú evolúciós algoritmusok (MOEA-k) elengedhetetlen eszközök az olyan összetett problémák megoldására, amelyek több, gyakran egymásnak ellentmondó célt tartalmaznak. A számos kifejlesztett MOEA közül a MOEA/D (felbontásalapú többcélú evolúciós algoritmus) és az NSGA-II és III (nem-dominált rendezésű genetikus algoritmusok) a leghatékonyabb és legszélesebb körben alkalmazott algoritmusokká váltak – gyakran emlegetik őket e szakterület megbízható „igáslovaiként”.

Hogyan lesz ebből gyakorlati hálózatoptimalizálás?

Úgy, hogy a mérnöki tervezési folyamatot terelőelvként többcélú optimalizálási problémaként fogalmazzuk meg. A mérnöki tervezés, mint többcélú evolúciós optimalizációs probléma újrafogalmazása után ugyanúgy megmaradnak a hagyományos rendszertervezési elemek, a gráfelmélet, a számítógépes geometria, a numerikus optimalizáció és a heurisztika viszont több szerepet kap – egyfajta hibrid, egymásra rétegesen épülő folyamatokat eredményezve.

A numerikus optimalizáció egzakt módszerei, mint például a korlátozás programozás, a vegyes egészértékű vagy a grafikus modelleken végzett AND/OR Branch and Bound ugyanúgy megmarad.



Hogyan néz ez ki gyakorlati példán, például egy vezetékes hálózat hálózatkonzolidációján keresztül?

Hálózatkonzolidációkor meglévő, egymást átfedő öröklött infrastruktúrával, redundáns útvonalakkal és túlzott számú hozzáférési pont (PoP) problémájával szembesülünk, ahol hálózattopológia olyan optimalizálásra van szükség, amely figyelembe veszi a földrajzi elhelyezkedést, a kapcsolati struktúrát, a távolságokat, a költségeket és a passzív infrastruktúra újrahasznosítását. A cél a teljes optikai hálózati költség minimalizálása, miközben:

- biztosítjuk, hogy minden hálózat kapcsolati követelménye teljesüljön
- megszüntetjük a párhuzamos optikai útvonalakat és a felesleges hurkokat – csak a legrövidebb / legalacsonyabb költségű útvonalakat tartjuk meg
- eltávolítjuk az alacsony kihasználtságú linkeket
- azonosítjuk az átfedő vagy redundáns PoP-okat, és javaslatot teszünk azok összevonására vagy leépítésére
- meghatározzuk az optimális optikai útvonalakat, csökkentjük az összes felhasznált optikai kábel hosszát, valamint a közbenső helyszínek számát
- minden útvonal és végpont esetében betartjuk az SLA- és optikai kapacitás-korlátokat
- biztosítjuk a hálózat túlélőképességét (survivability): elkerüljük az elosztó pontokat és topológiai hidakat, azaz kizárjuk az egyponthoz tartozó hibalehetőségeket

Milyen algoritmusok futnak itt a motorháztető alatt?

Minimum feszítőfa (MST), Prim- vagy Kruskal-algoritmus – költséghatékony hálózati összeköttetésekhez

Steiner-fa közelítő algoritmus – ha közbenső (nem PoP) csomópontokat is felhasználhatunk elágazási pontként

k-legrövidebb út (Yen algoritmus) – k különböző útvonal megtalálásához alternatív útvonalak biztosítására

Suurballe-/Bhandari-algoritmus – szigorúan k él-/csomópont-diszjunkt legrövidebb utak meghatározásához (magasabb túlélőképesség)

k-medoids klaszterezés – PoP-ok konzolidációjához

Tarjan-algoritmus – artikulációs pontok és topológiai hidak azonosítására

Stoer–Wagner-algoritmus – a hálózat globális minimális vágásainak meghatározásához

Ford–Fulkerson-algoritmus – forgalomelemzéshez egyetlen kapcsolat kiesése esetén

MILP-megoldó (Mixed Integer Linear Programming) – maghálózati optimalizáláshoz (PoP-elhelyezés, útvonalválasztás, kapacitás)

MILP-megoldó vagy hibrid megközelítés (k-means klaszterezés + genetikusan algoritmus + Dijkstra) – nem kapacitált / kapacitált telephelyelhelyezési probléma (CFLP), klaszterezés és útvonaloptimalizálás céljára

Hogyan néz ez ki gyakorlati példán, például egy vezeték nélküli hálózat kialakításán keresztül?

A mikrohullámú hálózatok természetüknél fogva összetettebbek, mint az optikai hálózatok, mivel az egyes kapcsolatok közötti kölcsönhatásokat is figyelembe kell venni. A hálózat meghatározása több lépésből áll – ezek mindegyike önálló tervezési feladat. Aki már tervezett hálózatot, pontosan tudja, milyen bonyolult folyamatról van szó – a folyamat tökéletlenségeiben is lenyűgöző, és a következő lépések mentén, többszöri iterációval valósul meg:-

- Topológia tervezése: fa-, gyűrű- és vegyes topológiák kialakítása előre meghatározott feltételek alapján
- Kapacitástervezés
- A felső–alsó pozíciók optimalizálása adott frekvenciasávokon belül, költségminimalizálás vagy a rendelkezésre álló frekvenciák maximalizálása mentén
- Frekvenciasáv kiválasztása kapcsolatonként, figyelembe véve a meglévő kapcsolatokat és különböző beavatkozásokat (pl. átirányítás, újratelepítés); a konfigurációk 1, 2 vagy 4 kapcsolatot támogatnak, beépített csatornaosztási sémákkal
- Megvalósíthatósági ellenőrzés – erősen összefonódó hálózati klikkek gyors kiértékelésével
- Csatornaosztás optimalizálása – a kumulatív interferencia minimalizálása érdekében

A meglévő hálózat elemzését, annak szerkezetét és kvalitatív jellemzőinek feltárását teljes mértékben el kell végezni a tervezés elején. Minden művelet tervezési szintű mélységben történik, élő körülmények között, egy már működő külső környezetben. A végső eredmény egy teljes hálózatterv.

A folyamat és az azt alátámasztó keretrendszer teljes mértékben az alapoktól lett felépítve, olyan fejlett koncepciók beépítésével, mint az NSGA (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm), grafikus modellek, valamint az AND/OR Branch and Bound algoritmus. Az optikai hálózatok előzetesen említett algoritmusait itt is ugyanúgy szükségesek.

Záró gondolatok

- Integrált költség számítás, amely az üzemeltetési és beruházási költségeket, valamint a megtérülés meghatározását a tervezési folyamat szerves részeként kezeli – ezek meghatározása nem utólagosan történik.
- Több optimális hálózati terv készül, amelyek közül a technikai és gazdasági preferenciák alapján választható ki a legmegfelelőbb. A költséghatékonyság és a műszaki tartalom közötti egyensúly a tervezés során biztosított, több alternatív megoldás kerül kidolgozásra.
- Objektív mérőszámok segítségével történő összehasonlítás támogatja az optimális döntéshozatalt.
- Az alulról építkező hálózatmodellből származó megbízható (költség) adatok pontosabbak, mint a hagyományos felülről becsülő módszerek.
- Kohezív, átfogó terv készül, így nincs szükség külön koncepcionális vagy költség alapú tervekre. A részletes műszaki-gazdasági terv egy lépésben jön létre.
- Páratlan rugalmasság részletes elemzésekkel
- Jövőbiztos hálózatok tervezése, amely figyelembe veszi a jövőbeli igényeket és lehetővé teszi a változások nyomon követését a hálózati modellben.
- Az eredmények hagyományos módszerekkel is ellenőrizhetők, akár manuálisan is – nem „fekete doboz” megoldás.
- Gyorsabb és költséghatékonyabb megoldások a hagyományos gyakorlattal összehasonlítva.
- Magyar innováció, a tervezési know-how saját fejlesztés révén teljes mértékben testre szabható az egyedi igényekhez igazodva.



Elérhetőségünk:

WS Consulting Kft.
1119 Budapest, Nándorfejérvári út 42-44.
E-mail: wsc@wsc.hu
Telefon: +36 20 377 0821
<http://www.wsc.hu>