

Megbízható folyamatok szintézise P-gráf módszertanra alapozva

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Orosz Ákos

Témavezetők: Friedler Ferenc, DSc; Holczinger Tibor, PhD

Pannon Egyetem

Műszaki Informatikai Kar

Informatikai Tudományok Doktori Iskola

2022

1. Célkitűzések

Folyamat hálózatok tervezésénél általában többféle szempontot kell érvényesíteni a legkedvezőbb hálózat kiválasztásához a gyakran nagyszámú lehetőség közül. A legtöbb ilyen szempont matematikai formában megfogalmazható egy optimalizálási feladat célfüggvényében. Így például a működési költség vagy a fenntarthatósági indikátor jól formalizálható. Van azonban olyan indikátor, amelynek a meghatározása a lehetséges esetek leszámolásával adható meg, ezáltal közvetlen módon általában nem építhető be a célfüggvénybe. Ilyen indikátor a folyamat hálózat megbízhatósága.

A munka során a cél olyan új módszer elméleti alapjainak a kidolgozása, amely alkalmas összetett folyamat hálózatok megbízhatóságának a meghatározására önmagában, vagy folyamat hálózatok szintézise során. Ez a cél három részből tevődik össze. Az első rész cél egy olyan általános megbízhatósági formula meghatározása, amellyel tetszőleges rendszer vagy folyamat hálózat megbízhatósága meghatározható. Ezt egy, a P-gráf keretrendszeren alapuló, leszámolás elvű algoritmussal teszi meg, és kitér az algoritmus számítási hatékonyságára, valamint a gyorsítási lehetőségekre is. A második rész cél a rendszerbe építhető redundanciák fajtáinak és azok hatásainak elemzése. A harmadik rész cél a megbízhatóságot is figyelembe vevő folyamat hálózat szintézis, ahol a kettő kidolgozott algoritmus különböző megközelítéssel képes generálni a lehetséges folyamat-megvalósítások Pareto-görbéjét a megbízhatóság és a költség skáláján.

2. Alkalmazott eszközök és módszerek

A munka alapjait elsősorban a P-gráf keretrendszer [1], valamint az ebben található kombinatorikus algoritmusok adják. A megbízhatóságot alkalmazó formula teljes leszámolást végez a rendszer állapotain, és minden állapot működőképességét meghatározza. Utóbbi művelet a P-gráf keretrendszer MSG algoritmusán alapszik [2], és szükség szerint bővíthető összetettebb modellek használatával is. Az ismertetett általános algoritmus így determinisztikus módon képes a megbízhatóság precíz meghatározására, ami a korábbi szakirodalomban csak speciális struktúrájú rendszerek esetén volt ismert, általános esetben nem. Az algoritmus futási idejének csökkentésére több lehetőséget is ismertet a dolgozat, amelyek között szerepel a szakirodalomból vett Bináris Döntési Diagram [3] adaptálása is. A megbízhatóságot is figyelembe vevő szintézisre kettő módszer kerül ismertetésre. Mindkettő használja a P-gráf keretrendszer SSG algoritmusát [4].

3. Új tudományos eredmények

Az értekezés új tudományos eredményeinek tézisszerű összefoglalása:

1) Általános formulát dolgoztam ki folyamat hálózatok megbízhatóságának meghatározására, feltéve, hogy a folyamatot alkotó műveleti egységek megbízhatósága adott. [S1, S2, E1, E2, E7]

- a) A formula a működőképes hálózatok P-gráf algoritmusokon alapuló kombinatorikus leszámolására épül.
- b) A formulával meghatározható a strukturális megbízhatóság, ha a leszámolás a kombinatorikusan lehetséges struktúrák alapján történik, valamint az általános megbízhatóság, ha a leszámolás a lehetséges struktúrák alapján történik.
- c) Gyorsító eljárásokat javasoltam a formula meghatározásához szükséges számítási igény csökkentésére.
- d) Bemutattam a formula alkalmazását több esettanulmánnyal.

2) Globális strukturális redundanciát megengedő folyamat hálózatok esetére igazoltam, hogy a gyakorlatban általában alkalmazott műveleti egység szintű (lokális) redundancia kizárhatja a globálisan optimális hálózatot, így az optimum garantált megtalálásához a folyamat szintű (globális) redundanciát is figyelembe kell venni. [S3, S4, E3, E4]

3) Az a) és b) pontokban meghatározott módszereket dolgoztam ki adott megbízhatósági szintet teljesítő optimális folyamat hálózatok szintézisére. [S1, S3, S5, S6, E1, E3, E5, E6, E7]

- a) A P-gráf keretrendszer algoritmusain alapuló módszer a generált lehetséges struktúrákat egyidejűleg értékeli gazdasági és megbízhatósági szempontból.
- b) A lehetséges működési módokat generáló módszer a működési módok kombinációit értékeli gazdasági és megbízhatósági szempontból.
- c) Az a) és b) pontban leírt módszerek meghatározzák a Pareto megoldásokat.

4. Az új tudományos eredmények hasznosítása

Az ismertettett megbízhatóság meghatározó módszer általánosan alkalmazható tetszőleges struktúrájú rendszerekre, ahol a műveleti egységek meghibásodásai függetlenek egymástól és az időtől. A munka célja a számítás alkalmazása folyamat hálózat szintézis feladatokban, amelyre kettő lehetséges algoritmust a dolgozat ismertet. A módszerek alkalmazásával lehetséges olyan hálózatokat generálni, amelyek teljesítik a megbízhatóságra adott elvárásokat akkor is, ha az optimalizálás más szempontok alapján történik.

5. Az értekezés témaköréből készült közlemények

Az értekezés témaköreiből az alábbi publikációk születtek:

Nemzetközi folyóiratcikkek

[S1] Á. Orosz, F. Friedler, P. S. Varbanov, and J. J. Klemes, “Systems reliability, footprints and sustainability”, *Chemical Engineering Transactions*, vol. 63, pp. 121–126, 2018, doi: 10.3303/CET1863021. [Q3]

[S2] Z. Kovacs, A. Orosz, and F. Friedler, “Synthesis algorithms for the reliability analysis of processing systems”, *Central European Journal of Operations Research*, vol. 27, no. 2, pp. 573–595, 2019, doi: 10.1007/s10100-018-0577-0. [Q2]

[S3] A. Orosz, Z. Kovacs, and F. Friedler, “Processing Systems Synthesis with Embedded Reliability Consideration”, *Computer Aided Chemical Engineering*, vol. 43, pp. 869–874, 2018, doi: 10.1016/B978-0-444-64235-6.50152-2. [Q3]

[S4] Á. Orosz and F. Friedler, “Synthesis technology for failure analysis and corrective actions in process systems engineering”, *Computer Aided Chemical Engineering*, vol. 46, pp. 1405–1410, 2019, doi: 10.1016/B978-0-12-818634-3.50235-6. [Q3]

[S5] A. Orosz, Z. Kovacs, and F. Friedler, “Synthesis of processing systems taking into account reliability”, *Chemical Engineering Transactions*, vol. 70, pp. 1111–1116, 2018, doi: 10.3303/CET1870186. [Q3]

[S6] Á. Orosz, Z. Kovács, and F. Friedler, “Synthesis of heat integrated processing systems taking into account reliability”, *Energy*, vol. 181, pp. 214–225, 2019, doi: 10.1016/j.energy.2019.05.173. [D1]

Nemzetközi konferencia előadások

[E1] A. Orosz, Z. Kovacs, and F. Friedler, “Reliability Analysis of Production Systems”, *VOCAL Optimization Conference: Advanced Algorithms* (VOCAL 2016), Esztergom, Hungary, December 12-15, 2016

[E2] Á. Orosz, F. Friedler, P. S. Varbanov, and J. J. Klemes, “Systems Reliability, Footprints and Sustainability”, *International Conference of Low Carbon Asia* (ICLCA 2017), Bangkok, Thailand, November 1-3, 2017

[E3] A. Orosz, Z. Kovacs, and F. Friedler, “Processing Systems Synthesis with Embedded Reliability Consideration”, *European Symposium on Computer-Aided Process Engineering* (ESCAPE-28), Graz, Austria, June 10-13, 2018

[E4] A. Orosz, Z. Kovacs, and F. Friedler, “Synthesis of Processing Systems Taking into Account Reliability”, *Conference on Process Integration, Modelling and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction* (PRES 2018), Prague, Czech Republic, August 25-29, 2018

[E5] A. Orosz, Z. Kovacs, and F. Friedler, “P-graph algorithms for the synthesis of reliable processing systems”, *VOCAL Optimization Conference: Advanced Algorithms* (VOCAL 2018), Esztergom, Hungary, December 10-12, 2018

[E6] A. Orosz and F. Friedler, “Synthesis technology for failure analysis and corrective actions in process systems engineering”, *European Symposium on Computer-Aided Process Engineering* (ESCAPE-29), Eindhoven, The Netherlands, June 16-19, 2019

[E7] A. Orosz and F. Friedler, “Reliability of Processing Systems: Structural Approach”, *European Safety and Reliability Conference* (ESREL 2022), Dublin, Ireland, August 28 – September 1, 2022

6. Hivatkozások

[1] F. Friedler, K. Tarjan, Y. W. Huang, and L. T. Fan, “Combinatorial algorithms for process synthesis”, *Comput Chem Eng*, vol. 16, pp. S313–S320, May 1992, doi: 10.1016/S0098-1354(09)80037-9.

[2] F. Friedler, K. Tarjan, Y. W. Huang, and L. T. Fan, “Graph-theoretic approach to process synthesis: Polynomial algorithm for maximal structure generation”, *Comput Chem Eng*, vol. 17, no. 9, pp. 929–942, Sep. 1993, doi: 10.1016/0098-1354(93)80074-W.

[3] R. Drechsler and B. Becker, "Binary Decision Diagrams". Boston, MA: Springer US, 1998. doi: 10.1007/978-1-4757-2892-7.

[4] F. Friedler, J. B. Varga, and L. T. Fan, "Decision-mapping: A tool for consistent and complete decisions in process synthesis", *Chem Eng Sci*, vol. 50, no. 11, pp. 1755–1768, Jun. 1995, doi: 10.1016/0009-2509(95)00034-3.