

OTKA nyilvántartási szám: **T047198**  
**ZÁRÓJELENTÉS**

## ZÁRÓJELENTÉS

### MESTERSÉGES INTELLIGENCIA MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA A FOLYAMATMODELLEZÉSBN

című OTKA pályázatról

2004. jan. 01 – 2007. dec. 31.

(Vezető kutató: Piglerné dr. Lakner Rozália)

A mesterséges intelligencia eszközök és módszerek folyamatmérnöki alkalmazásai a folyamatmérnökség és a műszaki informatika fontos, napjainkban intenzíven kutatott területe. A számítógéppel segített mérnöki tevékenységek rohamos elterjedésével a mesterséges intelligencia módszereinek és eszközeinek mérnöki feladatokra történő sikeres alkalmazása a műszaki fejlődés egyik fontos mozgatója.

A folyamatmodellezés a folyamatmérnöki tevékenység egyik alapvető feladata, ami a folyamatmodellek használatának széles körű elterjedésével magyarázható a folyamatrendszerek tervezésétől és szintézisétől kezdve az irányítási és diagnosztikai feladatokig. A széles körű alkalmazás mellett fontos megemlíteni, hogy egy folyamatmérnöki tevékenység megvalósítása során a munka jelentős részét a folyamatmodell elkészítése jelenti.

A nagy számú alkalmazás mellett egyre bonyolultabb modellek megalkotására van szükség, ami miatt elengedhetetlen a magas szintű számítógéppel segített modellezési technikák használata. Ezt a folyamatot a számítógépes szoftverek és hardverek rohamos fejlődése is támogatja, aminek köszönhetően a folyamatmodellek automatikus elkészítésére számos számítógéppel segített eszköz készült és készül a folyamatmérnök munkájának megkönnyítésére. Ezek az eszközök azonban legtöbb esetben nem támogatják kielégítően a modellezőt új modellek építésénél, tesztelésénél és dokumentálásánál, valamint általában nem használhatók egy meglévő modell módosítására. Ennek oka, hogy az esetek nagy részében az elkészített modellek rosszul vagy hiányosan dokumentáltak illetve strukturáltak.

A fent leírt problémák és lehetőségek nemcsak a számítógéppel segített folyamatmérnöki, hanem más mérnöki (pl. gépészmérnöki, elektromérnöki) területen is kihívást jelentenek, és napjainkban intenzív kutatás tárgyai. A mesterséges intelligencia alkalmazásának szemszögéből az alkalmazási terület jellegzetességeit speciális szintaxissal és szemantikával rendelkező tudásegysétek, az ún. ontológiák írják le, ezek kutatása is a tudomány élvonalába tartozik napjainkban. Az ontológiákon alapuló számítógéppel segített modellezés szervesen illeszkedik az ágens alapú modellezés és multi-agens rendszerek fejlesztésének témakörébe, amely a mesterséges intelligencia kutatások másik gyorsan fejlődő területe.

Kutatásainkat a fenti tématerületen kialakított alábbi résztémák köré csoportosítva végeztük:

1. Folyamatrendszerek számítógéppel segített modellezése
2. Folyamatmodell ontológiák létrehozása
3. Predikció-alapú diagnosztika többléptékű (multi-scale) modellek alkalmazásával
4. Multi-agens alapú diagnosztikai rendszer fejlesztése

## 1. FOLYAMATRENDSZEREK SZÁMÍTÓGÉPPSEL SEGÍTETT MODELLEZÉSE

A számítógéppel segített folyamatmodellezés széles körű elterjedésével egyre nagyobb méretű és egyre bonyolultabb modellek megalkotására van lehetőség. Az elkészített modellek alkalmazhatóságának illetve újrafelhasználhatóságának vizsgálatokért ezért egyre nagyobb szerepet kapnak azok a módszerek és eszközök, amelyekkel a modellek hangolhatóak, összehasonlíthatóak, transzformálhatóak illetve egyszerűsíthetőek. Mivel az azonos célra alkalmazható modellek közül intuitíven az a "jobb", amelyik könnyebben, gyorsabban kezelhető, megoldható, azaz bizonyos értelemben minimális, kiemelt jelentőséggel bírnak az úgynevezett minimális reprezentációk.

### Eredmények

A dinamikus mérlegegyenletekből származtatott folyamatmodelleket a számítástudomány és a mesterséges intelligencia formális módszereit alkalmazva szintaxissal és szemantikával rendelkező stringekként kezeltük. Ezt a megközelítést felhasználva formális módszereket dolgoztunk ki tökéletesen kevert mérlegelési térfogatokból álló determinisztikus folyamatrendszerek modelljeinek felállítására, ellenőrzésére valamint egyszerűsítésére. Ezeket az eredményeket felhasználva modellek hangolása, összehasonlítása, transzformációja illetve ellenőrzése témában összefoglaló tanulmányt készítettünk, amely a folyamatmérnökség vademecum-jaként nyilvántartott „Computer Aided Process and Product Engineering” című könyvben jelent meg. [7]

A folyamatrendszereket jellemző teljesítmény- és méret-indexek definiálásával megfogalmaztuk azokat a feltételeket, amelyek az ugyanazon folyamatrendszert leíró, ugyanazon modellezési célnak eleget tévő folyamatmodellek osztályán belül **minimális modellek** meghatározására alkalmasak. Ezek segítségével bevezettük a minimális modell fogalmát a rendszerelméleti állapotter modellek körében definiált minimális modell fogalmának általánosításaként. Általános modell redukciós és inkrementális modell építési eljárásokat definiáltunk a méret-norma szerinti minimális modellek előállítására. [1]

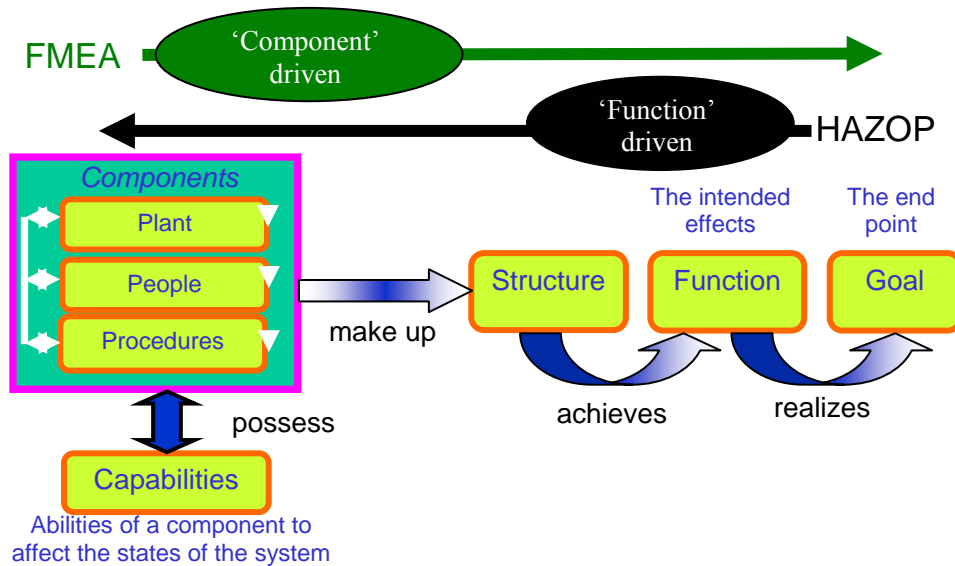
A megfogalmazott modell indexek és minimális modell tulajdonságok ismeretében kidolgoztunk egy szisztematikus modell redukciós eljárást diagnosztikai feladatokhoz használt többléptékű folyamatmodellek dekompozíciójára. A javasolt modell struktúra vezérelt eljárás egy finomított léptéket, egy ún. modell struktúra léptéket használ, amelyet dinamikán alapuló időskála-szeperációval állítunk elő. Ezután állandósult állapot feltételezés alkalmazásával egy olyan redukált nemlineáris modell állítható elő, amely csak a cél-időskálának megfelelő dinamikus mérlegegyenleteket tartalmazza. [4]

## 2. FOLYAMATMODELL ONTOLÓGIÁK LÉTREHOZÁSA

A mesterséges intelligencia kutatások egyik fő irányvonala az ún. ontológiák kialakítása, amelyek meghatározzák egy szakterület alapvető fogalmait, ezeket osztályozzák, tulajdonságok, relációk segítségével leírják, valamint specifikálják és magyarázzák a fogalomkészlet egyes elemei közt lehetséges kapcsolatokat. A fizikai és kémiai folyamatokon alapuló folyamatrendszerek fogalomrendszerének és szemantikus kapcsolatainak ily módon történő leírása segítséget nyújthat a folyamatmodellek készítéséhez és tervezett alkalmazásához (amely lehet például dinamikus szimuláció, tervezés, folyamatirányítás, diagnosztika), a kapcsolódó módszerek és eljárások kidolgozásához, valamint egységes keretbe foglalásához.

## Eredmények

Vizsgálatokat folytattunk folyamatrendszerek meghibásodásainak és az ezeket kiváltó berendezésekhez, emberekhez és eljárásokhoz (angolul *plant, people, procedures*, rövidítve *P3*) kapcsolódó tényezők közötti összefüggések leírására (P3 formalizmus, 1. ábra). A P3 formalizmus elemeit és ezek kapcsolatait formálisan ontológiák segítségével fogalmaztuk meg.



1. ábra: Diagnosztikai célú funkcionális rendszereket leíró keretrendszer

Definiáltuk a *berendezés ontológiát* (plant ontology), amely leírja a folyamatrendszerek fogalmait, azok szemantikus kapcsolatait és megszorításait, amely hasonlít az OntoCAPE projekt során kifejlesztett, a folyamatrendszerek általános leírására javasolt ontológiára. Az elkészített ontológiának két része van: a folyamatrendszerek általános viselkedésére vonatkozó közös ismeretek és az alkalmazás-specifikus tudás. Ez a leírás határozza meg egy általános folyamatmodell szerkezetének viszonyát a szóban forgó rendszerhez és lehetőséget teremt egy konkrét folyamatmodell realizáció megvalósításához, amely felhasználható valós idejű szimulációhoz és/vagy predikció alapú diagnosztikához.

Az *analízis ontológiában* (analysis ontology) összefoglaltuk a diagnosztikai fogalmakat (pl. szimptómák, gyökér okok), a különböző diagnosztikai eszközök (úgy mint FMEA és HAZOP táblák) és eljárások (mint például következtetés FMEA és/vagy HAZOP tudáson) szemantikus ismereteit. Egy meghibásodás esetén a rendszer viselkedéséről rendelkezésre álló emberi szakértelem és működtetési ismeretek jelennek meg itt az okokkal, következményekkel és lehetséges korrekciókkal együtt.

Az *eljárás ontológiában* (procedure ontology) az operátori, biztonságtechnikai és irányítási eljárások szerkezetét definiáltuk. Az eljárás ontológiának két része van: elemi lépések és az összetett (több elemi lépésből felépülő) eljárások. Az itt tárolt tudás egy konkrét folyamatrendszerre specifikus, a diagnosztikai eszközökben tárolt tudással kombinálva hatékonyabb és pontosabb diagnosztika, illetve veszteségmegelőző vagy -csökkentő eljárás érhető el.

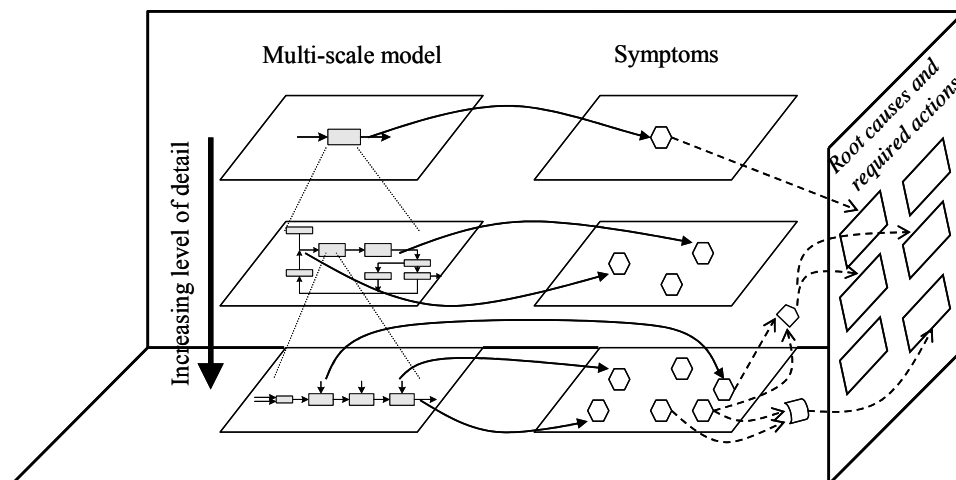
A folyamatmodellezéshez és modell alapú diagnosztikához alkalmazható ontológiákhoz kapcsolódó eredményeinket a [10, 11, 12] közleményekben publikáltuk.

### 3. PREDIKCIÓ-ALAPÚ DIAGNOSZTIKA TÖBBLÉPTÉKŰ (MULTI-SCALE) MODELLEK ALKALMAZÁSÁVAL

A predikción alapuló diagnosztika a diagnosztikai rendszerekben használatos egyik legjobb megközelítés, amely felhasználja a diagnosztizálandó üzem dinamikus, kvalitatív és/vagy kvantitatív rendszer modelljét.

#### Eredmények

Egy predikción alapuló intelligens diagnosztikai rendszer prototípusát dolgoztuk ki, amely egységes környezetben kezeli a hagyományos mérnöki dinamikus modelleket és a működési tapasztalatokból nyert heurisztikus információkat. A HAZOP táblából származó heurisztikus tudáselemeket (szimptómák, gyöker okok és megelőző beavatkozások) és a köztük lévő logikai kapcsolatokat szabályok formájában reprezentáltuk. A kifejlesztett rendszer tudásbázisát (2. ábra) a többléptékű folyamatmodell (multi-scale process model) szerkezetének megfelelően hierarchikus módon építettük fel. Az ily formában felépített struktúra a dekompozíció révén lehetővé teszi az automatikus fókuszálást a hibadetektálási és veszteség-megelőzési feladatokban. [2, 3, 9]



2. ábra: A tudásbázis szerkezete

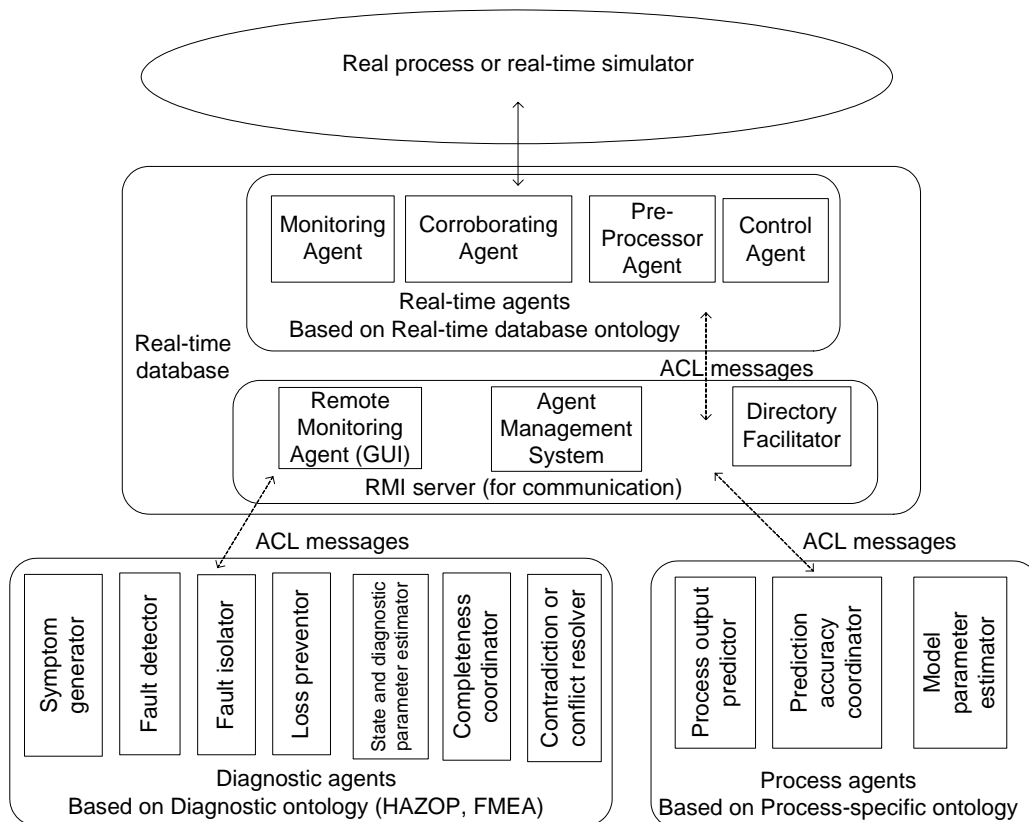
### 4. MULTI-ÁGENS ALAPÚ DIAGNOSZTIKAI RENDSZER FEJLESZTÉSE

A folyamatrendszerek diagnosztikai feladatainak megvalósításában a hagyományos mérnöki modellek és a működési tapasztalatok (heurisztika) figyelembe vétele egyaránt fontos. A különböző típusú diagnosztikai részfeladatok (pl. hibadetektálás, predikció-alapú diagnosztika, veszteség-megelőzés) együttes kezelése struktúráltan valósítható meg multi-ágens alapú diagnosztikai rendszer segítségével.

#### Eredmények

Kidolgoztuk a hibadetektálási, predikció-alapú diagnosztikai és veszteség-megőrzési feladatokat együttesen megvalósító multi-ágens alapú diagnosztikai rendszer szoftver struktúráját (3. ábra). A folyamat-specifikus és a diagnosztikai ismereteket az alapvető fogalmak és relációk definiálásával moduláris ontológiák formájában reprezentáltuk. Ezeket az ismereteket integráltuk a kifejlesztett multi-ágens szoftver rendszerbe, amelyben a különböző típusú diagnosztikai feladatokat megvalósító és koordináló ágensek működnek

együtt. A multi-ágens alapú diagnosztikai rendszert folyamatosan fejlesztjük, illetve újabb elemekkel bővítjük. [5, 6, 8, 11, 12]



3. ábra: A diagnosztikai rendszer szoftver struktúrája

## RÉSZTVEVŐ KUTATÓK

Piglerné Lakner Rozália (témavezető), Hangos Katalin, Góth Júlia, Németh Erzsébet, Skrop Adrienn (utóbbi 3 fő PhD hallgató, akik a kutatási időszakban PhD fokozatot szereztek)

**Külföldi együttműködő partnereink:** Prof. Ian T. Cameron és Ben Seligmann, The University of Queensland (Brisbane, Australia)

## PHD ÉRTEKEZÉSEK

- Góth Júlia: Efficient methods in the practice of information retrieval. Pannon Egyetem, Informatikai Tudományok Doktori Iskola, Veszprém, 2006
- Németh Erzsébet: Predikción alapuló diagnosztika mesterséges intelligencia módszerek felhasználásával. Pannon Egyetem, Informatikai Tudományok Doktori Iskola, Veszprém, 2006
- Skrop Adrienn: Új módszerek a web-es információ-visszakeresés hatékonyságának területén. Pannon Egyetem, Informatikai Tudományok Doktori Iskola, Veszprém, 2007.

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Lakner R., K.M. Hangos and I.T. Cameron: On minimal models of process systems. *Chemical Engineering Science*, **60** Elsevier, pp. 1127-1142. (2005)  
impakt faktor: 1.735
- [2] Németh, E., R. Lakner, K. M. Hangos and I. T. Cameron: Prediction-based diagnosis and loss prevention using qualitative multi-scale models, *Computer-Aided Chemical Engineering* **20A**, Elsevier, 535-540. (2005)
- [3] Németh, E., R. Lakner, K. M. Hangos and I. T. Cameron.: Prediction-based diagnosis and loss prevention using model-based reasoning, *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Vol. **3533**, Springer-Verlag, 367-369. (2005)  
impakt faktor: 0.251
- [4] Németh, E., R. Lakner, and K. M. Hangos: Diagnostic goal-driven reduction of multiscale process models. *Model Reduction and Coarse-Graining for Multiscale Phenomena*, (Eds.: A.N. Gorban, N. Kazantzis, I.G. Kevrekidis, H.C. Öttinger, C. Theodoropoulos) Springer, Berlin-Heidelberg-New York, **ISBN 3-540-35885-4**, pp. 456-487, (2006)
- [5] Lakner R., E. Németh, K.M. Hangos and I.T. Cameron: Agent-based diagnosis for granulation processes. *Computer-Aided Chemical Engineering* **21B**, Elsevier, 1443-1448. (2006)
- [6] Lakner R., E. Németh, K.M. Hangos and I.T. Cameron: Multiagent realization of prediction-based diagnosis and loss prevention. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Vol. **4031**, Springer-Verlag, 70-80. (2006)  
impakt faktor: 0.302
- [7] Hangos K.M., Lakner R.: Model Tuning, Discrimination and Verification, *Computer Aided Process and Product Engineering*. (Eds.: L. Puigjaner and G. Heyen) Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, **ISBN 3-527-30804-0**, pp. 171-187, (2006)
- [8] Németh, E., Lakner, R., Hangos, K. M.: Diagnosztikai feladatok megvalósítása ágens-alapú technikával. *Acta Agraria Kaposváriensis*, Vol **10** No 3, pp. 211-222. (2006)
- [9] Németh E., R. Lakner, K.M. Hangos and I.T. Cameron: Prediction-based diagnosis and loss prevention using multi-scale models, *Information Sciences*, **177** pp. 1916-1930. (2007)  
impakt faktor: 0.72
- [10] Cameron I.T., B. Seligmann, K.M. Hangos, R. Lakner and E. Németh: The P3 Formalism: A basis for improved diagnosis in complex systems. *CHEMECA*, 1077-1088. (2007)
- [11] Cameron I.T., B. Seligmann, K.M. Hangos, E. Németh and R. Lakner: A functional systems approach to the development of improved hazard identification for advanced diagnostic systems. *Elfogadva: 18th European Symposium on Computer Aided process Engineering, ESCAPE-18*, (2008)
- [12] Hangos K.M., E. Németh and R. Lakner: A procedure ontology for advanced diagnosis of process systems. *Benyújtva: 12th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, KES-2008*, (2008)