

RAPORT DE ACTIVITATE

- Sinteza -

Etapa II / 2015

Identificarea, estimarea on-line și validarea experimentală a modelelor unor clase de bioprocese

Proiectul ADCOSBIO urmărește aplicarea unor rezultate ale cercetării la bioprocese din industria alimentară, în special din panificație, dar și la procesele de tratare a apelor reziduale provenite din această industrie. Modelarea și conducerea bioprocесelor pot fi realizate cu succes prin abordări inter-disciplinare din domeniile automatizării, biochimiei și tehnologiei informației. Bioprocесele sunt sisteme neliniare complexe, caracterizate prin incertitudini de modelare, interconexiuni, întârzieri și absența unor senzori ieftini și fiabili. În cadrul proiectului sunt exploatate aceste abordări interdisciplinare în scopul dezvoltării unor sisteme de identificare și conducere avansată.

Obiectivele de cercetare principale ale proiectului ADCOSBIO pe toată perioada de derulare sunt următoarele:

1. Analiza și modelarea unor procese din industria alimentară;
2. Dezvoltarea de noi tehnici de identificare și estimare a bioprocесelor;
3. Proiectarea de tehnici avansate de conducere pentru trei clase de bioprocесe;
4. Implementarea de sisteme avansate de conducere pentru procese din industria alimentară.

În ce-a de-a doua etapă a proiectului, derulată în anul 2015, au fost realizate cercetări care vizează în special primele două obiective și parțial pe cel de-al treilea, prin activități de cercetare specifice, conform planului de realizare a proiectului.

Activitatea II.1

Validarea modelelor propuse prin experimente de laborator, utilizând bioreactoarele pilot disponibile și echipamente specifice.

Rezultate obținute:

- Modele experimentale ale bioprocесelor. Au fost validate experimental modele de procese de fermentație prin utilizarea a două bioreactoare de laborator (Biostat A plus - Sartorius și New Brunswick BioFlo115 - Eppendorf) și modele ale unor bioprocесe de depoluare prin utilizarea unei stații pilot și a unui simulator SIMBA (pentru o stație de epurare urbană).

Activitatea II.2

Colectarea și analiza datelor, teste și comparații pentru procesele industriale implementate la partenerul P1.

Rezultate obținute:

- Documentație tehnică privind analiza de proces – măcinare, prelucrarea făinii, producerea pâinii, procese de depoluare din stația de epurare, la Partenerul P1 (Raport științific).

Activitatea II.3

Tehnici de identificare inovative bazate pe distribuții și pe abordări tip inteligență artificială pentru procese de fermentație și pentru procese de depoluare cu nămol activ.

Rezultate obținute. Set de noi algoritmi de identificare pentru bioprocese:

- Algoritm de identificare off-line a parametrilor multi-nivel bazat pe distribuții;
- Algoritm de identificare off-line a parametrilor de tip PSO (*Particle Swarm Optimization*).

Activitatea II.4

Analiză și comparații privind estimatoarele de stare pentru bioprocese.

Rezultate obținute. Set de proceduri inovative de estimare on-line pentru bioprocese:

- Procedură de proiectare a estimatoarelor exponențiale de stare;
- Procedură de proiectare a observerelor asimptotice de stare;
- Procedură inovativă de estimare on-line utilizând observare interval;
- Procedură de proiectare a estimatoarelor în regim alunecător pentru bioprocese liniarizate.

Activitatea II.5

Proiectarea și implementarea unor tehnici de estimare combinată și hibride pentru bioprocese din industria alimentară.

Rezultate obținute:

- Tehnici de estimare combinată și hibridă: estimarea combinată a coeficienților de producție și a vitezelor de reacție; soluții pentru estimarea hibridă a vitezelor de reacție și a variabilelor de stare, cu aplicabilitate la procese de fermentație a drojdiilor și de depoluare (Raport științific).

Activitatea II.6

Acordarea iterativă bazată pe experimente și acordarea evolutivă bazată pe optimizare a controllerelor pentru bucle de reglare în industria alimentară.

Rezultate obținute. Algoritmi de acordare inteligentă a reguletoarelor (Raport științific):

- Proiectarea reguletoarelor în sistemele cu întârziere folosind metoda coeficienților de formă;
- Acordarea inteligentă a reguletoarelor în structurile cu mai multe grade de libertate, metode de reglare PID inteligentă și de reglare optimală;
- Acordarea iterativă a reguletoarelor bazată pe experimente;
- Moduri de operare a reguletoarelor automate numerice utilizate în instalații alimentare și biotehnologice.

Activitatea II.7

Diseminarea rezultatelor cercetării.

Rezultate obținute:

- Publicarea a cinci articole în reviste cotate ISI, unele aflate în evaluare anul precedent: *Asian Journal of Control* (Wiley) [Pet15], *BioMed Research International* [Sel15], *Computers in Industry* (Elsevier) [Răd15], *Combustion Science and Technology* (Taylor & Francis) [Rom15b] (acceptat), *International Journal of Biomathematics* (în evaluare) [Rom15c];

- Participarea cu 10 lucrări la manifestări științifice: INISTA 2015 [Stî15], ICSTCC 2015 [Luc15], [Mar15b], ICCO 2015 [Mar15a], [Șen15a], SACI 2015 [Sga15], [Voi15] (toate indexate IEEE Xplore), ICAT 2015 [Rom15a], [Șen15b] (lucrări selectate pentru publicarea în reviste), CNIC 2015 [Rom15d], plus o lucrare din anul 2014 extinsă la un capitol Springer în curs de apariție [Șen16].

Publicații

[Luc15] Luca L., Barbu M., Ifrim G., Caraman S., "Analysis of phosphorus removal performances in a municipal treatment plant", *Proc. of 19th Int. Conf. on System Theory, Control and Computing (ICSTCC'15)*, Romania, pp. 415-420, 2015.

[Mar15a] Marin C., Selișteanu D., "Finite time response control of affine systems", *Proc. of 16th Int. Carpathian Control Conf. (ICCC'15)*, Hungary, pp. 304-309, 2015.

[Mar15b] Marin C., Selișteanu D., Popescu D., Roman M., "Adaptive optimal control of a continuous stirred tank bioreactor", *Proc. of 19th Int. Conf. System Theory, Control and Computing (ICSTCC'15)*, Romania, pp. 49-54, 2015.

[Pet15] Petre E., Tebbani S., Selișteanu D., "Robust-adaptive control strategies for a time delay bioelectrochemical process using interval observers", *Asian Journal of Control*, Wiley, 17, (5), pp. 1767-1778, 2015, [Impact factor IF = 1.556].

[Răd15] Rădac M.B., Precup R.E., "Optimal behaviour prediction using a primitive-based data-driven model-free iterative learning control approach", *Computers in Industry*, Elsevier, 74, pp. 95-109, 2015. [IF = 1.287].

[Rom15a] Roman M., Selișteanu D., Petre E., Șendrescu D., "Modelling and adaptive control of a yeast fermentation process inside a fed-batch bioreactor", *Proc. of Int. Conf. on Advanced Technology & Sciences (ICAT'15)*, Turkey, pp. 171-177, 2015.

[Rom15b] Roman M., Selișteanu D., "Modeling of fast reactions mechanisms for biomass conversion processes", *Combustion Science and Technology*, Taylor and Francis, in press, 2015, [IF = 0.991].

[Rom15c] Roman M., Selișteanu D., "Modelling of microbial growth bioprocesses: Equilibria and stability analysis", *International Journal of Biomathematics*, under review, 2015, [IF = 0.805].

[Rom15d] Roman M., Selișteanu D., "Modelling of biochemical processes for efficient enzymes production", *16th International Scientific Congress (CNIC'15)*, Cuba, EIN-P-025, 2015.

- [Sel15] Selișteanu D., Șendrescu D., Georgeanu V., Roman M., "Mammalian cell culture process for monoclonal antibody production: nonlinear modelling and parameter estimation", *BioMed Research International*, ID 598721, 2015, [IF = 1.579].
- [Sga15] Sgaverdea S., Bojan-Dragoș C.A., Precup R.E., Preitl S., Stînean A.I., "Model Predictive Controllers for magnetic levitation systems", *Proc. of 10th Jubilee IEEE Int. Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI'15)*, Romania, pp. 171-176, 2015.
- [Stî15] Stînean A.I., Bojan-Dragoș C.A., Precup R.E., Preitl S., Petriu E.M., "Takagi-Sugeno PD+I fuzzy control of processes with variable moment of inertia", *Proc. of Int. Symposium on INnovations in Intelligent SysTems and Applications (INISTA'15)*, Spain, pp. 335-342, 2015.
- [Șen15a] Șendrescu D., Selișteanu D., "Modelling of bacterial growth bioprocesses based on heuristic optimization techniques", *Proc. of 16th Int. Carpathian Control Conf. (ICCC'15)*, Hungary, pp. 470-474, 2015.
- [Șen15b] Șendrescu D., Selișteanu D., Ionete C., "PID controller tuning for bacterial growth bioprocesses control", *Proc. of Int. Conf. on Advanced Technology & Sciences (ICAT'15)*, Turkey, pp. 254-258, 2015.
- [Șen16] Șendrescu D., Tebbani S., Selișteanu D., Bioprocesses Parameter Estimation by Heuristic Optimization Techniques, in S. Olaru *et al.* (eds.), *Developments in Model-Based Optimization and Control*, Chapter 11, 22 p., *Lecture Notes in Control and Information Sciences* 464, doi 10.1007/978-3-319-26687-9_11, Springer, 2016.
- [Voi15] Voișan E.I., Paulis B., Precup R.E., Drăgan F., "ROS-based robot navigation and human interaction in indoor environment", *Proc. of 10th Jubilee IEEE Int. Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI'15)*, Romania, pp. 31-36, 2015.

Concluzii

Obiectivele de cercetare din cea de-a doua etapă a proiectului au fost realizate. Rezultatele cercetării constau în: validarea experimentală a unor modele ale bioprocесelor, analiza datelor de la procesele industriale, obținerea unor noi algoritmi de identificare și a unui set de proceduri inovative de estimare on-line pentru bioprocесe, elaborarea unor tehnici de estimare combinată și hibridă precum și a unor algoritmi de acordare inteligentă a reguletoarelor. Au fost elaborate rapoarte științifice, iar rezultatele cercetării au fost diseminate prin publicarea de lucrări științifice (5 în reviste cotate ISI și 10 prezentate la conferințe). Pe baza rezultatelor din primele două etape, în anul următor vor fi dezvoltate tehnici de conducere avansată pentru bioprocесe, în diverse structuri de sisteme de conducere. Aceste tehnici vor fi implementate, testate și validate pe procese din industria alimentară.