

# Програмно-апаратна реалізація інтелектуальної системи реєстрації концентрацій мікотоксинів

Яремик Р.Я.

Львівський національний університет імені Івана Франка, yaremyk@yahoo.com

*A new intellectual microprocessor-based device and method detection of micotoxins in foods are considered. Measuring are conducted in integrated electrode-optical cuvette of the special construction, which provides the photometric analysis of forward motion of the objects registration in liquid solution under act of the external electric field and simultaneous registration of kinetics of change of electrical impedance parameters solution and electrode system.*

## ВСТУП

Мікотоксини визнані одними з найбільш небезпечних біологічних агентів для здоров'я людей і тварин, оскільки здатні викликати канцерогенні, тератогенні, імунно-депресивні ефекти в організмі. Тому концентрації мікотоксинів в продуктах харчування строго регламентуються законодавством. Але задача оперативного детектування різних типів мікотоксинів на сьогоднішній день комплексно не розв'язана [1]. Існуючі методики (рідинна хроматографія, імунний аналіз) високовартісні, тривалі в часі, використовують специфічні екзотичні реагенти. Ситуація ускладнюється значною кількістю типів мікотоксинів (понад 250), кожен з яких вимагає індивідуальної методики реєстрації.

## ПРОПОНОВАНІ МЕТОДИ РЕАЛІЗАЦІЇ

Розроблено мультисенсорну систему експресного визначення концентрації мікотоксинів, яка реалізує нову методику безреагентного детектування мікотоксинів різних типів і функціонує на принципах інтелектуальних інформаційно-вимірювальних систем [2,4]. В основі пропонованої методики використовується аналіз на молекулярному рівні фізико-хімічних

властивостей токсинів (дипольних моментів, електрофоретичної рухливості, електроімпедансу електродної системи, фотометричних параметрів), а також кінетики змін параметрів при дії на молекули градієнтними електричними та магнітними полями. Застосування мультисенсорної системи з первинними перетворювачами різної фізичної природи (електричні та оптикоелектронні) дозволяє отримати унікальну інформацію про досліджувані об'єкти та критерії ідентифікації їх типів [3]. Одночасно багатомірність та багатопараметричність вимірюваних інформаційних сигналів породжують складну аналітичну задачу коректність розв'язання якої може бути забезпечена на основі інформаційних технологій, інтелектуальних алгоритмів аналізу даних, активного використання апріорної інформації та модельних представлень об'єктів.

Індивідуальна модель кожного типу токсину формується на основі результатів вимірювальних процедур, які реєструють в реальному масштабі часову динаміку сигналів мультисенсорної матриці при різних амплітудно-частотних параметрах прикладених електричних і магнітних полів. Отримані кінетичної залежності апроксимуються системою аналітичних поліноміальних функцій виду:

$$U_1(t) = a_{10} + a_{11} \cdot t^1 + a_{12} \cdot t^2 + \dots + a_{1k} \cdot t^k$$

$$\dots$$
$$U_n(t) = a_{n0} + a_{n1} \cdot t^1 + a_{n2} \cdot t^2 + \dots + a_{nk} \cdot t^k$$

де  $n$  – порядковий номер кінетичної залежності,  $k$  – порядок апроксимуючого

полінома,  $a_0 \dots a_k$  - коефіцієнти полінома,  $t$ -відліки часу. Кожна апроксимаційна функція отримується методом програмного аналізу бінарних даних відповідного циклу вимірювання (ємність  $\sim 1$  МВ). Коефіцієнти апроксимації  $a_0 \dots a_k$  для кожного вимірювального циклу визначаються на основі ітераційного методу найменших квадратів та оптимізаційної задачі мінімізації похибки апроксимації. На перших ітераціях аналізується можливість отримання необхідної точності при нижчих порядках полінома, з наступним збільшенням порядку при необхідності. Перевірка точності реалізується шляхом поелементного порівняння відліку реального сигналу сигналу та його аналога, отриманого аналітичним методом. В кінці кожного апроксимаційного циклу формується константа максимальної похибки апроксимації для даного масиву. Таким чином, в результаті виконання  $n$  вимірювальних циклів отримується компактне комплексне аналітичне представлення всіх результатів у вигляді матриці коефіцієнтів поліномів розмірністю  $[n \times k]$  та вектор-стовбчика максимальних похибок.

Отримана система функціональних залежностей конвертується в трьохмірне графічне представлення, яке являє собою поверхню із складним рельєфом. Кожна точка рельєфу поверхні однозначно зв'язана з певним інформаційним параметром в момент часу  $t$ . Модельні представлення типів токсинів зберігаються в поновлювальній базі даних і коректуються в процесі роботи. Первинне формування моделей і критеріїв прийняття рішень реалізується на етапі експериментальної роботи системи з наперед заданими типами мікотоксинів і відомими їх контраціями. У наступному етапі достовірність і точність результатів підтверджується або заперечується оператором на основі їх співставлення з результатами, паралельно отриманими іншим атестованим методом аналізу. Поновлення бази даних чи корекція існуючих параметрів в певні моменти часу еквівалентне сприйманню системою нового контенту. При нагромадженні достатнього об'єму достовірної статистики система

переходить в режим автономного уточнення і покращення діагностичних ознак детекції токсинів, враховуючи як позитивні так і негативні тренди рішень прийнятих в процесі роботи.

Задача ідентифікації типів розв'язується на основі методів аналізу зображень отриманих в поточному вимірюванні та їх кореляційному зв'язку з еталонними базовими представленнями.

## ВИСНОВКИ

Застосування мультисенсорної системи реєстрації інформаційних сигналів, методів багатомірного аналізу та механізму поновлення бази даних моделей досліджуваних об'єктів дозволили реалізувати відкриту інтелектуалізовану біосенсорну систему, розширювану на рівні користувача.

## ЛІТЕРАТУРА

- [1] Oleksandr I. Bilyy, Roman Ya. Yaremyk, Ihor Ya. Kotsyumbas and Halyna I. Kotsyumbas. Impedance spectroscopy of food mycotoxins, Proc. SPIE 8212, 82120S (2012).
- [2] Яремик Р.Я. Експериментальна автоматизована система експресного детектування мікотоксинів. Збірник матеріалів IV науково-практичної конференції "Електроніка та інформаційні технології – ЕлІТ-2012". 30 серпня - 2 вересня 2012 року, Львів-Чинадієво. С 25-27.
- [3] Монастирський Л., Яремик Р., Оленіч І., Парандій П. Багатоелементні сенсорні системи на основі поруватого кремнію. Вісник Львівського ун - ту. Серія фізична. PACS 73.20.Dx, 85.42.+m. 2011. Випуск 46. С. 189-195
- [4] Білий О., Дронюк І., Садов'як Б., Яремик Р. Автоматизований комплекс для визначення невідомих концентрацій складових багатокомпонентних розчинів. Вісник НУ "Львівська політехніка" Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології. – 2003. - № 468. – С. 6 – 10.