

УДК 623.004.67

О.В. Гулін, Т.О. Мамедова, В.В. Ришкін, Ю.П. Шамаєв

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ПРИНЦИПИ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Аналізуються принципи інтелектуалізації інформаційно-вимірювальних систем для контролю властивостей матеріалів, питання їх організації, обробки інформації і методи штучного інтелекту, що базуються при їх побудові.

Ключові слова: метод, контроль, якість, властивість, матеріали.

Вступ

Постановка задачі. У рішенні задач покращення якості продукції важливу роль відіграють інформаційно-вимірювальні системи (ІВС) і методи неруйнуючого контролю (НК), які підвищують точність і оперативність контролюємих параметрів і властивостей готових виробів, ефективність технологічних процесів виготовлення матеріалів.

Останнім часом з'явилися публікації, що підтверджують ефективність застосування методів штучного інтелекту в ІВС для особових цілей в умовах суттєвих невизначеностей. Тому дослідження в області штучного інтелекту, розробка нових моделей і методів вирішення завдань, які раніше не формалізувались і не автоматизувались на основі сучасного розвитку технічних і програмних засобів, впровадження інтелектуальних ІВС набуває дуже великої актуальності.

Аналіз літератури. В відомій літературі [1–6] розглядаються напрями підвищення ефективності промисловості, покращення якості матеріалів і виробів, що випускаються, але в цій літературі не визначаються питання інтелектуалізації ІВС, що дозволяє підвищити ефективність їх експлуатації, контролю властивостей матеріалів в умовах невизначеності і дії дестабілізуючих факторів.

Метою статті є дослідження принципів інтелектуалізації ІВС, контролю властивостей матеріалів, питанням їх організації, призначених для обробки інформації і методи штучного інтелекту, що базуються при їх використанні.

Основний матеріал

При інтелектуалізації ІВС використовуються досягнення інформаційних технологій в процесі прийняття рішень при контролі властивостей матеріалів в нечіткому середовищі, методи штучного інтелекту для вирішення проблем неруйнуючого контролю властивостей матеріалів, нестандартних задач при НК [4].

Новим є створення підходу до інтелектуалізації ІВС не тільки в даній області, але і для ряду інших предметних областях [2].

Найновий досвід роботи по створенню інформаційно-вимірювальних систем неруйнівного контролю теплоізоляційних, будівельних, полімерних матеріалів, дозволяє використовувати накопичену інформацію про властивості матеріалів, методи контролю якісних властивостей матеріалів в лабораторних, виробничих і польових умовах експлуатації при створенні бази знань в процесі проектування інтелектуальних інформаційно-вимірювальних систем (ІВС).

В той же час, при створенні ІВС застосовується метод системної інтеграції, що дозволяє використовувати для вирішення задачі побудови ІВС стандартні відомі модулі, наприклад, АЦП.

ІВС НК, що розробляються, засновані на достойнствах вимірювально-обчислювальних і інформаційно-вимірювальних системах для контролю властивостей матеріалів і розширили функціональні можливості, підвищили метрологічний рівень вимірювань в результаті застосування нових інформаційних і вимірювальних технологій, методів штучного інтелекту.

Функціонування системи передбачає використання апріорних і апостеріорних знань, математичних моделей, що уявляють знання в системі, забезпечення вимірювального ресурсу апаратних і програмних модулів, аналіз перспективи і потенційних можливостей вдосконалення інтелектуальних інформаційно-вимірювальних систем.

В даний час для НК на виробництві і в наукових проблемних лабораторіях застосовуються інформаційно-вимірювальні системи, які, на жаль, не повною мірою відповідають всім необхідним технічним характеристикам: оперативності, широкому діапазону досліджуваних матеріалів, можливості контролювати комплекс вимірюваних параметрів, метрологічному рівню результатів вимірювань, стійкості до дії дестабілізуючих факторів (ДФ), фу-

нкціонуванню в умовах невизначеності, можливості перебудови системи в ході контролю властивостей матеріалів і технологічного процесу виготовлення матеріалів. Аналіз відомих інформаційно-вимірювальних систем показує, що існуючі ІВС не в змозі контролювати велику кількість змінних чинників і раціонально вести неруйнуючий контроль властивостей матеріалів.

Одним з шляхів підвищення ефективності ІВС є вирішення проблем, що виникають при контролі властивостей матеріалів, застосування методів штучного інтелекту в інформаційно-вимірювальних системах.

Проектування інтелектуальних ІВС висуває цілий ряд науково-технічних проблем, вирішення яких необхідне для створення ефективних систем контролю властивостей матеріалів. При визначенні властивостей матеріалів існує проблема опису математичними моделями об'єктів дослідження, вимірювальних ситуацій із-за нечіткості інформації, що з'являється в умовах невизначеності при дії дестабілізуючих факторів. Проблему, пов'язану з дефіцитом інформації при контролі властивостей матеріалів в умовах невизначеності, пропонується вирішити на основі інтелектуалізації інформаційно-вимірювальних систем, що дозволяють здійснювати інтелектуальні процедури прийняття рішень по вибору оптимальних режимних параметрів вимірювань залежно від вимірювальної ситуації, оптимізацію процедур відповідно до вибраних критеріїв – оперативність і точність вимірювань.

Запропонований підхід до інтелектуалізації ІВС для вирішення проблем НК властивостей матеріалів, що полягає в прийнятті рішень при класифікації досліджуваних матеріалів (ДМ), і розпізнаванні образів, визначенні оптимальних режимних параметрів вимірювань, вибору методу вимірювань, урахування впливу ДФ і достовірності свідчень на основі використання теорії нечітких множин, механізму вибору підмножин стратегій Демпстера-Шафера і фреймового представлення знань, що дозволить підвищити комплексний показник досягнення результативності (точність і оперативність).

Ефективність функціонування ІВС багато в чому визначається методом, що використовується для отримання і обробки вимірювальної інформації.

Залежно від характеристик досліджень, умов, при яких проводяться вимірювання, вимог, що пред'являються до точності та швидкодії вимірювань, обмежень та інших факторів, в кожній конкретній ситуації доцільно використовувати той або інший метод. Значення багатьох чинників, що впливають на вибір методу, достовірно не відомі.

Тому вибір найбільш раціонального методу контролю є складним завданням, що вирішується в умовах невизначеності.

У загальному вигляді вибору методу контролю формулюється таким чином.

Задаються:

– безліч відомостей про властивості (ознаки) досліджуваного матеріалу (теплопровідність, температуропровідність, теплоємність, щільність і ін.)

$$V_b = \{V_s^b, s = 1, \dots, k\}; \quad (1)$$

– безліч вимог до геометричних розмірів матеріалів, що досліджуються

$$V_{\text{вим}} = \{V_n, V_m, V_\phi\}, \quad (2)$$

де V_n – нормальні розміри;

V_m – малі розміри;

V_ϕ – форма матеріалів;

– безліч відомостей про дестабілізуючі чинники

$$V_{\text{ДФ}} = \{V_n^{\text{ДФ}}, V_c^{\text{ДФ}}, V_b^{\text{ДФ}}\}, \quad (3)$$

де $V_n^{\text{ДФ}}$ – низький рівень ДФ;

$V_c^{\text{ДФ}}$ – середній рівень ДФ;

$V_b^{\text{ДФ}}$ – високий рівень ДФ;

– безліч рівнів визначеності (достовірності) інформації про матеріали

$$V_{\text{виз}} = \{V_{\text{дет}}, V_{\text{невиз}}, V_{\text{неч}}\}, \quad (4)$$

де $V_{\text{дет}}$ – детермінована інформація;

$V_{\text{невиз}}$ – невизначена інформація;

$V_{\text{неч}}$ – нечітка інформація;

– безліч методів, які можуть бути, використані ІВС (імпульсні методи з лінійним і плоским нагрівачами, метод з плоским нагрівачем і постійним нагрівом)

$$V_m = V_i^{M_i}, i=1, \dots, k, \quad (5)$$

де M_i – i -й метод контролю.

На основі конкретизації даних (1–4) потрібно визначити метод контролю $M_{M_i} \in V_m$, відповідний цим даним.

Дане загальне завдання включає ряд приватних завдань: розробка структури безлічі вимірювальних ситуацій H , побудова моделі «вимірювальна ситуація – метод контролю» (ВС-МК), ідентифікація вимірювальної ситуації і вибір методу контролю. Перші два завдання вирішуються в процесі розробки бази знань ІВС, дві інші – безпосередньо перед проведенням вимірювань.

Безліч H формується з використанням декартового добутку множин (1–4), тобто

$$\begin{aligned} H &= V_b \times V_{\text{вим}} \times V_{\text{ДФ}} \times V_{\text{виз}} = \\ &= \{h_{i,j,m,n}, i=1,k; j \in \{n,m,\phi\}, \\ &n \in \{n, sp, v\}, m \in \{\text{дет}, \text{невиз}, \text{неч}\}. \end{aligned} \quad (6)$$

По суті елементами $h_{i,j,n,m}$ множини H є вимірвальні ситуації, довжини, що задаються кортежами, чотири

$$h_{i,j,n,m} = \{V_i^B \times V_j^{ВМ} \times V_n^{ДФ} \times V_m^{ВІЗ}\}. \quad (7)$$

Слід відмітити, що в процесі експлуатації ІВС множина (6) може корегуватися як внаслідок зміни номенклатури множин (1–5), так і складу цих множин.

Побудова моделі ІС-МК припускає виділення в множині H таких k – підмножин H_i , $i = 1, k$, що для них виконуються умови:

– перетин будь-якої пари підмножин $H_i < H$, $H_j < H$ є порожня множина, тобто

$$H_i \cap H_j = \emptyset, i, j = 1, k, i \neq j; \quad (8)$$

– будь-яка вимірвальна ситуація $h_{i,j,n,m}$ є елементом однієї з підмножин H_i , $i = 1, k$, тобто

$$\bigcap_{i=1}^k H_i = H; \quad (9)$$

– для кожної підмножини H_i доцільно використовувати один конкретний метод контролю V_i^M .

Умови (8–9) означають, що вирішується завдання розбиття множини H на k непересічних підмножин.

Важлива особливість цього часткового завдання полягає в наступному. У реальних ситуаціях може опинитися, що для якої-небудь з множин (1–4) неможливо буде виділити один єдиний елемент.

Наприклад, у множині безлічі $V_{ДФ}$ частина дестабілізуючих чинників відноситься до категорії $V_n^{ДФ}$, а інша – до $V_c^{ДФ}$. В цьому випадку $V_{ДФ}$ доповнюється ще одним елементом $V_{нс.ДФ}$.

В результаті такого розділення множини H розробляється модель ІС-МК у формі системи процедурних правил:

якщо $h_{i,j,n,m} \in H_1$, то використовується метод контролю V_1^M

$$\begin{matrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{matrix} \quad (10)$$

якщо $h_{i,j,n,m} \in H_k$, то використовується метод контролю V_k^M .

При рішенні задачі розбиття і формування системи правил (10) можуть використовуватися різні критерії – похибка вимірювання, швидкодія, комплексні показники.

Тому в базі знань (БЗ) міститься інформація для різних варіантів рішення задачі розбиття. Наявність цієї інформації дозволяє оперативно визначати доцільний метод контролю в процесі експлуатації ІВС.

Поряд з загальним завданням вибору методу контролю при проектуванні ІВС СМ вирішуються такі завдання:

– формування групи (набору) методів для БЗ ІВС без урахування вимірвальних зондів, що є у складі системи (завдання ФМ1);

– формування групи методів для БЗ ІВС з урахуванням вимірвальних зондів, що знаходяться у системі (завдання ФМ2).

Завдання ФМ1 формулюється таким чином. На основі відомої інформації про досліджувані матеріали (1) та (2), умови вимірювань (3), методів (5), що є у розпорядженні проектувальника, допустимих значень похибки вимірювання $\Delta Y_{доп}$ і швидкодії $\Delta T_{доп}$, потрібно сформувати підмножину

$V_M^1 \leq V_M$, яке забезпечить виконання обмежень на показники точності і швидкодії властивостей матеріалів, тобто

$$\Delta Y (V_M^1 / V_B, V_{ВМ}, V_{ДФ}) < \Delta Y_{доп}; \quad (11)$$

$$\Delta T (V_M^1 / V_B, V_{ВМ}, V_{ДФ}) < \Delta T_{доп}; \quad (12)$$

де $\Delta Y (V_M^1 / V_B, V_{ВМ}, V_{ДФ})$, $\Delta T (V_M^1 / V_B, V_{ВМ}, V_{ДФ})$ – відповідно похибка та швидкодія, які забезпечуються групою методів V_M^1 при можливих V_B , $V_{ВМ}$ та $V_{ДФ}$.

Завдання ФМ2 відрізняється від завдання ФМ1 тим, що накладається додаткове обмеження на кількість вимірвальних зондів $N_{ВМ}$, які використовуються в ІВС. В цьому випадку в нерівностях (11), (12) похибка та швидкодія записуються у вигляді

$$\Delta Y (V_M^1 / V_B, V_{ВМ}, V_{ДФ}, N_{ВМ}); \quad (13)$$

$$\Delta T (V_M^1 / V_B, V_{ВМ}, V_{ДФ}, N_{ВМ}). \quad (14)$$

Слід відмітити, що в розглянутих завданнях вибору методу і формування групи методів під елементом $V_i^M \in V_M$ розуміється метод визначення властивостей матеріалів в широкому сенсі.

Складовими цього методу є:

по-перше, деякий фізичний спосіб, що полягає в дії на досліджуваний матеріал і отримання даних про властивості на основі відомих фундаментальних законів;

по-друге, метод обробки вимірвальної інформації з метою підвищення точності і достовірності параметрів, що визначаються.

Ефективність функціонування ІВС властивостей матеріалів (ВМ) в основному визначається показниками точності, швидкодії і зручності в експлуатації. На ці показники суттєво впливають такі чинники: відсутність достатніх статистичних даних при визначенні властивостей нових матеріалів; вплив великої кількості дестабілізуючих чинників на процес вимірювання; відсутність моделей, що дозволяють усунути вплив ДФ і вибрати оптимальний режим роботи ІВС залежно від конкретної вимірвальної ситуації; недостатня теоретична підготовка користувачів для вирішення таких завдань, як вибір методу або вимірвального зонду при дослідженні

матеріалів; недостатнє використання досвіду і знань фахівців (експертів) у відповідній предметній області при реальній експлуатації ІВС.

Підвищення ефективності ІВС досягається вирішенням таких задач:

- вибором методу і вимірювального зонду, що забезпечують максимальну ефективність ІВС залежно від конкретної вимірювальної ситуації;

- побудовою математичних моделей предметної області, досліджуваних матеріалів, що дозволяють в автоматизованому режимі реалізувати знання експертів при виконанні вимірювань;

- виділенням класів матеріалів, близьких за характеристиками, які суттєво впливають на точність вимірювання ;

- розробкою бази знань ІВС, що містить як накопичений досвід користувача, так і теоретичні знання експертів;

- розробкою процедур вироблення рішень в автоматизованому режимі з урахуванням достовірності використаних свідчень;

- використанням знань експертів при класифікації вимірювальної ситуації, оптимізація режимних параметрів вимірювань.

Область експертизи контролю матеріалів характеризують предметною областю. Предметна (ПО) область характеризує: об'єкти вимірювання (фізичні величини і параметри), математичні моделі, методи і алгоритми, складові математичний апарат сучасної метрології; процес вимірювання і його метрологічне забезпечення [1]. При цьому ПО складають досліджувані матеріали: теплоізоляційні, полімерні, будівельні, а також інформаційно-вимірювальні системи для неруйнуючого контролю

якісних властивостей матеріалів, їх математичне, алгоритмічне і метрологічне забезпечення.

Залежно від рівня вірогідності інформації про ВМ визначають задачі контролю при детермінованих даних, в умовах невизначеності (випадкові величини і процеси) і в умовах нечіткості (ненадійні дані, погано визначені матеріали).

Класифікація задач проводиться по таких ознаках: властивості, що визначаються, рівень апріорної інформації, вимоги до точності. За типом вимірюваних властивостей матеріалів визначені такі : вимірювання фізичної величини, що залежить від параметрів вимірювань (непрямі, сукупні, статичні), визначення інтегральних властивостей, визначення характеристик об'єктів при впливі дестабілізуючих факторів.

Параметри, що визначаються, мають такі характеристики: діапазон вимірювань (низький, середній, високий), залежність від ДФ, структура (тверде тіло), сфера застосування (приладобудування, будівництво, машинобудування і ін.).

Математичне моделювання процесу контролю якісних властивостей і розробки ПВС включає процедуру складання моделі предметної області дослідження. Розробка моделі для широкого діапазону визначення якісних властивостей від теплоізоляційних матеріалів до металів є дуже складною структурою оскільки при контролі і вимірюванні властивостей для всіх класів відомих матеріалів важко забезпечити допустиму похибку вимірювань, що встановлюється відповідною нормативною технічною документацією.

Тому, необхідно розробити математичну модель предметної області, що відображає область параметрів властивостей матеріалів, діапазони параметрів властивостей досліджуваних матеріалів, вхідні і вихідні дані.

Математична модель предметної області є основою для розробки інтелектуальної інформаційно-вимірювальної системи і класифікації матеріалів, що досліджуються.

Математична модель предметної області (ПО) М ПО, що характеризує загальну інформацію про ПВС і ВМ, записується у вигляді кортежу [2]

$$M_{ПО} = \{U, D, V_M, V_{вч}, V_{ДФ}, J_{ок}\}, \quad (15)$$

де U – безліч параметрів, що визначаються;

D – безліч інтервалів (діапазонів) вимірюваних параметрів;

V_M – безліч методів вимірювання, що використовуються;

$V_{во}$ – безліч використаних вимірювальних осередків (ВО);

$V_{ДФ}$ – безліч ДФ;

$J_{ок}$ – об'єм інформації, що отримується користувачем (ОК).

У результаті інтелектуалізації ПВС модель предметної області доповнюється новими компонентами і набирає вигляду

$$M_{ПО}^i = \{U, D, K_i, V_M^i, V_3^i, V_{ДФ}^i, J_i^i, V_{ші}^i, V_3^i, \mu_{fk}\},$$

де K_i – безліч класів ВМ;

V_M^i – безліч методів штучного інтелекту (ШІ);

V_3^i – безліч завдань, що вирішуються методами ПВС з використанням бази знань;

μ_{fk} – функції належності до нечітких множин.

Верхнім індексом «i» відмічені компоненти, які можуть розвиватися (розширятися) за рахунок наявності бази знань.

При виборі методу вимірювання використовуються результати вирішення задачі класифікації ВМ і розпізнавання образів.

Висновки

Прийняття рішень щодо ефективності ПВС здійснюється на основі:

1. Визначення про надходження відносної похибки результатів вимірювань до діапазону допустимих відносних похибок.

2. Прийняття рішення про використання класифікації імітаційної моделі (правильна, неправильна) на основі визначення втрат від неправильної класифікації.

3. Прийняття рішення щодо втрат точності та оперативності.

4. Прийняття рішення про оцінку верогідності отриманих результатів вимірювань.

4. Кушнір О.І. Аналіз впливу «гібридної» війни на розвиток автоматизованої системи управління авіацією та ППО ЗСУ / О.І. Кушнір, О.П. Давикоза, Ю.Ф. Кучеренко // Наука і техніка Повітряних Сил ЗСУ. – Х., 2017. – С. 116-120.

5. Селиванова З.М. Математическое моделирование информационно-измерительных систем контроля теплофизических свойств материалов / З.М. Селиванова // Составляющие научно-технического прогресса: сб. мат-лов междунар. пр. конф. – Тамбов, 2006. – С. 119-122.

6. Романов В.П. Интеллектуальные информационные системы: уч. пособие / В.П. Романов. – М.: Изд. «Эк-замен», 2003. – 496 с.

Список літератури

1. Закон України „Про метрологію та метрологічну діяльність”. Урядовий кур’єр, №06. – 14.06.2015 р.

2. Степанков М.М. Шляхи вдосконалення методів отримання і обробки інформації у засобах повітряної радіотехнічної розвідки / М.М. Степанков, А.В. Козєв, В.В. Романенко // Наука і техніка Повітряних Сил ЗСУ. – Х., 2017. – С. 121-123.

3. Романов В.Н. Интеллектуальные средства измерений / В.Н. Романов, В.С. Соболев, Э.И. Цветков / под ред. Э.И. Цветкова. – М.: РИЦ «Татьянин день», 1994. – 280 с.

Надійшла до редколегії 11.04.2017

Рецензент: д-р техн. наук проф. В.Б. Кононов, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ПРИНЦИПЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННО ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

А.В. Гулин, Т.А. Мамедова, В.В. Ришкин, Ю.П. Шамаев

Анализируются принципы интеллектуализации информационно измерительных систем для контроля свойств материалов, вопросы их организации, обработки информации и методы использования искусственного интеллекта при их создании.

Ключевые слова: метод, контроль, качество, свойство, материалы.

PRINCIPLES INTELLECTUALIZATION INFORMATIVELY OF MEASUREMENTS SYSTEMS

A. Gulin, T. Mamedova, V. Rishkin, Y. Shamaev

Principles intellectualization informatively of the measurements systems are analysed for control of properties of materias, questions of their organization, treatments of information and methods of the us artificial intelligence at their creation.

Keywords: method, control, quality, property, materials/