

Розроблення теоретичних засад аналізу структурних властивостей нормативної бази щодо технічного регулювання та постановка задач з її оптимізації

В. Буланцов, перший заступник генерального директора, ДП «УкрНДНЦ проблем стандартизації, сертифікації та якості», м. Київ

В. Стулей, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри математичних методів системного аналізу, Інститут прикладного системного аналізу НТУУ «КПІ», м. Київ

Разработка теоретических основ анализа структурных свойств нормативной базы технического регулирования и постановка задач ее оптимизации

В. Буланцов, первый заместитель генерального директора, ГП «УкрНИУЦ проблем стандартизации, сертификации и качества», г. Киев

В. Стулей, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математических методов системного анализа, Институт прикладного системного анализа НТУУ «КПИ», г. Киев

The Development of the Theoretical Foundations for the Analysis of Structural Properties of the Technical Regulations Normative Base and Setting Problems With Its Optimization

V. Bulantsov, The First Deputy of General Director of the State Enterprise «UKRNDNC»

V. Stuley, Ph.D, Associate Professor of the Mathematical Methods of System Analysis department in the Institute of Applied Systems Analysis NTUU «KPI»

Розроблено теоретичні засади побудови математичних моделей для проведення аналізу структурних властивостей бази нормативних документів (БНД) технічного регулювання та її синтезу. Синтез розуміється як пошук оптимальної структури БНД із властивостями, які відповідають наперед заданому критерію оптимальності, наприклад, мінімізації структурної складності документарної системи. Запропонована математична модель еволюції складної структури БНД суттєво використовує підходи із теорії графів та алгебраїчної топології.

Загальний стан проблеми

Із перших кроків розвитку стандартизації як науки та у подальших дослідженнях аналіз стандартизації як єдиної цілісної системи займає особливе місце [1].

Для вивчення подібних цілісних складних систем зазвичай використовуються методи системного аналізу та дослідження операцій: пригадаємо, наприклад, успішне застосування зазначених підходів в аналізі та прийнятті рішень з оптимізації системи технічного регулювання (СТР) у цілому [2]. У цій роботі для формування наукових та практичних засад побудови СТР України використано ентропійний метод, за яким створення структури із високою надійністю означає зменшення швидкості нарощення ентропії за рахунок збільшення рівня організації у системі.

Із урахуванням кращого світового досвіду автори роботи [3] започаткували теоретичні засади побудови структурних складових СТР. У цій роботі за-

пропоновано моделі національної системи стандартизації, метрологічної системи та системи ринкового нагляду, винайдено найкращі альтернативи структурним складовим СТР.

Результатам комп'ютерного моделювання побудови СТР присвячена робота [4], а в роботі [5] запропоновано математичну модель національної системи стандартизації та розраховано результативність окремих альтернатив її побудови.

Надалі системний підхід вдало поширюється на систему стандартизації у галузі метрології шляхом розроблення принципів концептуального моделювання складної ієрархічної системи стандартизації національного рівня у цій галузі та із застосуванням нового критерію оптимізації для вирішення оптимізаційних задач із відповідними цільовими функціями щодо об'єктів стандартизації [6, 7].

Описані вище дослідження, як видно, спираються на парадигму системності, що обумовлює розгляд

систем технічного регулювання як структурно та функціонально складних утворень, що мають багато різномірних елементів (об'єкти стандартизації, БНД, відповідні органи з технічного регулювання держави тощо). Ці елементи пов'язані один з одним зв'язками різної природи (адміністративного підпорядкування, інформаційного обміну, метрологічними вимогами, поліморфним наслідуванням тощо).

Усе це робить СТР у цілому об'єктом дослідження теорії складних систем, що бурхливо розвивається з другої половини ХХ ст. [8, 9].

Важливими складовими системних досліджень у галузі технічного регулювання є аналіз структурних властивостей БНД технічного регулювання, а також синтез оптимальної структури цієї сукупності документів за наперед визначеним критерієм (критеріями), можливо навіть локальними.

Домінуючим науковим підходом [10—13] щодо зазначених завдань є такий, що розглядає взаємозв'язки між різними об'єктами стандартизації як першооснову, яка практично повністю визначає структуру БНД. При цьому результати досліджень підтверджують зазначений підхід до оптимізації БНД, наголошуючи, що за правильного вибору об'єктів стандартизації підстав для збільшення кількості чинних нормативних документів (НД) немає.

Не заперечуючи наукову обґрунтованість та практичну значимість зазначеного вище підходу, автори пропонують безпосередньо аналізувати структуру БНД та вважають, що такий аналіз може мати самостійний науковий та практичний інтерес.

Натомість у проаналізованих джерелах не знайшлося згадки стосовно застосування подібного методу, за яким безпосередньо аналізується структура БНД, хоча на таку принципову можливість вказується в роботі [14].

Спробуємо надати деякі пояснення принципів можливості застосування безпосереднього методу аналізу структурних властивостей БНД. Виходячи із загальної теорії математичного моделювання та підходів системного аналізу [8, 9], реальні об'єкти стандартизації спочатку розглядаються як такі, що існують у реальному середовищі.

Надалі, у процесі створення НД, вони «перетворюються» на деякі абстрактні образи, які відбивають сукупність важливих для стандартизації властивостей реальних об'єктів та їх взаємозв'язки. Як правило [9], таке перетворення можна вважати гомоморфним відображенням множини характеристик (властивостей) реального об'єкту стандартизації (прообраз відображення) у деяку множину (образ), який відображається у НД [9].

Таким чином, структурні властивості БНД відповідають (за визначенням) властивостям образів та їх взаємним зв'язкам. Через наявність гомоморф-

ного відображення реальні об'єкти стандартизації та їхні взаємні зв'язки відображаються із деякою похибкою (неважливою для завдань стандартизації), тому можна очікувати таке ж саме й від структурних властивостей БНД.

Проте структура БНД набуває й власних характеристик за рахунок використання у процесі створення операцій агрегування та декомпозиції, ієрархій, застосування механізмів поліморфізму та інкапсуляції, які можуть бути не притаманні як реальним об'єктам стандартизації, так й їхнім образам як таким.

Усе це робить БНД системою із самостійною складною структурою, яка потребує незалежного вивчення та оптимізації за визначеними критеріями, що є актуальною науковою задачею, на необхідність вирішення якої прямо вказується у роботі [14]: *«Вивчення внутрішніх і зовнішніх зв'язків стандартів у системі являє собою важливу проблему, вирішення якої дозволить визначити оптимальну кількість стандартів в системі. Структурний аналіз становить одну з основних задач сучасної науки: структура — головна характеристика цілісної системи»*.

Аналіз досліджень структурних властивостей складних систем

Наука щодо структурних властивостей складних систем має власний математичний апарат, започаткований у теорії графів, який отримав подальшого розвитку в методах алгебраїчної топології [15].

Між цими теоріями є достатньо тісний зв'язок, тому це надає можливість побудувати модель структури БНД змішаним способом: метрики із теорій графів можуть використовуватися для характеристики найпростіших кількісних характеристик структури БНД, а більш тонкі властивості пропонується вивчати, виходячи із методів алгебраїчної топології.

Перше практичне застосування алгебраїчної топології для аналізу структури складної системи пов'язують із роботами Аткина [18, 17] для аналізу урбаністичної структури та соціальних мереж відповідно, в яких використанні ідеї Даукера [15].

Цей підхід під назвою *Q*-аналіз або поліедральна динаміка викладено у монографії [18], присвяченій застосуванню методу, в основному, у соціальних науках.

Бурхливий розвиток практичного застосування *Q*-аналізу пов'язується з дослідженнями Дж. Касті з Інституту прикладного системного аналізу (Австрія) [19, 20].

Розвиток практики використання методів *Q*-аналізу проходить як у напрямках його традиційного застосування — аналізу структури соціальних та урбаністичних мереж, так і в нових сферах застосування: моделювання структури GIS, аналізу

структурної складності телекомунікаційних [21] та енергетичних [22] систем, структурного аналізу системи забезпечення екологічної та природно-техногенної безпеки України [23], застосування для оптимізації архітектури підприємства та його організаційної структури [24] тощо.

Подальшому теоретичному розвитку методів Q -аналізу присвячені роботи [25, 26] у яких, зокрема, математично коректно запропонована дуже важлива з точки зору практичних потреб лінгвістична шкала, яка характеризує ступені складності структури системи звичайними мовними засобами.

Мета дослідження

Незважаючи на достатньо велику кількість вказаних вище сфер застосування Q -аналізу, авторам не відомі приклади використання цього потужного інструменту аналізу структури складних систем для цілей безпосереднього дослідження структури БНД.

Саме тому ця стаття присвячена теоретичним закладам побудови математичних моделей для аналізу та синтезу структурних властивостей БНД СТР із застосуванням методів Q -аналізу. При цьому синтез розуміється нами як пошук оптимальної структури БНД із властивостями, які відповідають наперед заданому критерію оптимальності, наприклад, мінімізації складності структури БНД, точне математичне визначення якого надає теорія структурної складності, побудована методами поліедральної динаміки.

Математична модель об'єкта дослідження

Припустимо, що БНД описується скінченною множиною $U \stackrel{\text{def}}{=} U(t, n)$ — сукупністю документів технічного регулювання, які є чинними на момент часу t , де n — кількість документів у БНД, тобто потужність U .

Множина U є своєрідним «всесвітом» документів, який постійно змінюється у «дискретному» часі t : якісь документи втрачають чинність, інші її набувають, вносяться зміни тощо — усе це спричиняє повну перебудову взаємних зв'язків між різними документами, що й відображається різними моментами часу, в яких фіксуються ці зміни.

Таким чином кожен момент часу t асоціюється зі змінами кількості та складу множини U у зв'язку з набуттям чинності нових документів та скасуванням раніше чинних, можуть бути перебудовані взаємні посилання на документи, що також фіксуватимемо як зміни U у часі.

Припустимо, що для будь-якої пари документів $(x, y) \in U^2$ (декартового добутку $U^2 \stackrel{\text{def}}{=} U \times U$) дослідником визначене деяке бінарне відношення R — твердження, що відображає взаємний зв'язок між документом $x \in U$ та документом $y \in U$. Множина U є носієм бінарного відношення R , яке задає певну структуру зв'язків на цьому носії.

Побудуємо математичну модель об'єкта дослідження, що описує динаміку структурних змін БНД будь-якої СТР.

Визначимо спочатку множину \mathcal{H} пар скінченних множин, заданих у визначені моменти часу t : носія U та заданого на ньому бінарного відношення R :

$$\mathcal{H} \stackrel{\text{def}}{=} \left\{ \langle U(t, n), R(U) \rangle \mid R \subseteq U^2, t = 1, \dots, T, n \in \mathcal{N} \right\}, \quad (1)$$

де $t = 1, \dots, T$ відбиває послідовну еволюцію у часі структурних властивостей БНД від визначеного первинного моменту розгляду $t = 1$ до нинішнього стану $t = T$.

Множина \mathcal{N} — є скінченною та складається з відповідних потужностей r носія τ , впорядкованих за індексом t , тобто

$$\mathcal{N} \stackrel{\text{def}}{=} \{n(t), t = 1, \dots, T\}. \quad (2)$$

Бінарне відношення R можна задати за допомогою правила (твердження), яке дає змогу з'ясувати, чи перебуває пара у певному відношенні, чи ні, або ж переліком пар, що перебувають у ньому: $R \subseteq U^2$.

Бінарне відношення на скінченному носії часто зручно описувати також у виді орієнтованого графа. При цьому вершини відповідають елементам R , а дуги — зв'язкам між ними, тобто вершини графа з'єднуються дугою тоді і лише тоді, якщо ці вершини (елементи) знаходяться у відношенні R .

За допомогою спеціальної матриці суміжності можна задати як бінарне відношення, так і відповідний йому граф:

$$B(R) \stackrel{\text{def}}{=} \|b_{ij}\| \stackrel{\text{def}}{=} \begin{cases} 1, & (b_i, b_j) \in R \\ 0, & (b_i, b_j) \notin R \end{cases}. \quad (3)$$

Усі зазначені вище способи задання бінарних відношень є практично еквівалентними.

Для цілей аналізу еволюції БНД потрібно визначити також кількісні показники, що характеризують структурний стан БНД. Тобто описати не лише існування зв'язків між документами носія як таких, але й задати якусь кількісну міру сили таких зв'язків.

Припустимо, що ми зажадали описати зв'язок між документами як своєрідний канал передавання даних із заданою потужністю та застосувати, скажімо, теорію *К. Шенона*¹ для характеристики інформаційної сили зв'язків. У цьому випадку слід замінити одиницю у формулі (3) для $B(R)$ на відповідне чисельне значення метрики, визначеної дослідником.

Як було підкреслено вище, подібний підхід широко застосовується на практиці в дослідженнях,

¹ Будь-який канал з шумом характеризується межею передавання повідомлення. За швидкості передавання, що перевищує цю межу, відбувається спотворення даних.

що спираються на теорію графів, тому може бути використаний й для аналізу властивостей БНД. При цьому визначення кількісних метрик є локальним, тобто метричні характеристики $f \in (-\infty, \infty)$ визначаються безпосередньо для кожного елемента з множин $R(U)$, упорядкованих у послідовність бінарних відношень:

$$\Phi \stackrel{\text{def}}{=} \left\{ (x, y) \rightarrow f \mid \begin{array}{l} \forall (x, y) \in R(U) \exists f \in (-\infty, \infty), \\ R \subseteq U^2, t = 1, \dots, T, n \in \mathcal{N} \end{array} \right\}.$$

Таким чином це означає задання, для кожного моменту часу та визначення складу носія, матриці суміжності, що описує відповідне бінарне відношення у такий спосіб:

$$\Omega(R) \stackrel{\text{def}}{=} \left\| \omega_{ij} \right\| \stackrel{\text{def}}{=} \begin{cases} f_{ij}, (\omega_i, \omega_j) \in R \\ 0, (\omega_i, \omega_j) \notin R, R \subseteq U^2, t = 1, \dots, T, n \in \mathcal{N} \end{cases} \quad (4)$$

де $f_{ij} \in (-\infty, \infty)$, $i = 1 \dots \dim R$, $j = 1 \dots \dim R$.

Окрім локального підходу до описання структурних властивостей БНД, пропонується використовувати методи алгебраїчної топології [19, 20] для глобального описання структури зв'язків, заданих бінарними відношеннями на множині еволюції носія БНД.

Для розв'язання цієї задачі проведемо деякі узагальнення: замість розгляду кожної пари окремого бінарного відношення $(x, y) \in R(U)$ із заданням матриці суміжності (4) розглядатимемо всю множину $R(U)$ загалом:

$$\Psi \stackrel{\text{def}}{=} \left\{ R(U) \rightarrow Q \mid \begin{array}{l} \forall R \subseteq U^2 \exists Q = \{q_i\}_{i=0, \dots, k}, \\ q_i \in \mathbb{R}, k \in \mathbb{N}, R \subseteq U^2, t = 1, \dots, T, n \in \mathcal{N} \end{array} \right\} \quad (5)$$

де скінченна множина Q визначається складом елементів $\{q_i\}_{i=1, \dots, k}$, $q_i \in \mathbb{R}$, $k \in \mathbb{N}$ таким чином, щоб відбити значні та важливі властивості еволюції структури носія БНД. Іншими словами, множина Q залежить від \mathcal{H} .

Назвемо Q метричною множиною для \mathcal{H} та формуватимемо її елементи із кількісних характеристик, які розраховується у результаті проведення Q -аналізу [19, 20] для будь-якого бінарного відношення на відповідному носії.

Дійсно, \mathcal{H} з топологічної точки зору визначає впорядковану множину симплиціальних комплексів, для яких можна розрахувати елементи структурного вектора Q , та сформувані відповідні елементи метричної множини Q :

$$Q := \{q_i = Q_i\}_{i=0, \dots, \dim R} \quad (6)$$

де Q_i — елементи структурного вектора симплиціального комплексу R відповідної розмірності $\dim R$.

Як елементи Q можна також використовувати інші характеристики \mathcal{H} , наприклад, ексцентриситети відповідних симплексів, діаметр та радіус R як орієнтованого графа тощо.

Одним із найважливіших глобальних кількісних показників, що характеризує властивості \mathcal{H} , є \equiv — показник величини складності структури [20], який пропонується розмішувати у складі Q останнім елементом:

$$q_k \equiv \frac{2 \cdot \sum_{i=0}^{\dim R} (i+1) \cdot Q_i}{(\dim R + 1) \cdot (\dim R + 2)}. \quad (7)$$

Задача аналізу структурних властивостей БНД

Запропонована математична модель (1) — (7) структури БНД як об'єкта дослідження відображає найважливіші чинники еволюції БНД технічного регулювання у часі:

а) зміни складу та кількості документів БНД, які відбиваються змінами елементів носія та відповідно впорядкованою множиною \mathcal{N} за визначенням (2);

б) кількісні характеристики БНД, що залежать від її структурних властивостей та моделюють локальний інформаційний обмін у системі, ентропію, вартісні показники тощо, що визначено (4);

в) глобальні кількісні показники структурних властивостей системи, визначені метричною множиною за законом (5), склад якої формується самостійно дослідником, але має включати, як мінімум, показники (6) та (7).

Запропонована модель дозволяє виконати аналіз властивостей такої структури протягом всього обраного періоду її еволюції в часі. Це надає можливість зробити висновки щодо тенденцій розвитку структури, перевіряти наслідки для структурної складності БНД упровадження нових документів або змін до чинних.

Окрім цього, наведена постановка (1)—(7) дозволяє сформулювати й завдання синтезу оптимальної системи в сенсі відповідних наперед заданих критеріїв оптимальності.

Три задачі синтезу структури БНД

Оптимізація структури БНД розглядається як задача отримання структури БНД із заданими наперед властивостями, виходячи із структури, що задана для чинної на момент дослідження БНД, тобто є задачею синтезу її структури.

Припустимо, що маємо деяку структуру БНД у фіксований момент часу:

$$\mathcal{H}(T) = \left\{ \langle U(t, N), R(U) \rangle \mid R \subseteq U^2, t = T \right\}, \quad (8)$$

де N — кількість чинних НД системи.

Знайдемо таку нову пару $\langle U(t, N), R(U) \rangle^*$, для якої мають місце відношення домінування:

$$\Psi(\langle U(t, N), R(U) \rangle) < (\langle U(t, N), R(U) \rangle^*) \quad (9)$$

за умови не погіршення локального стану системи, що визначається відношенням подібності:

$$\Omega(\langle U(t, N), R(U) \rangle) \sim \Omega(\langle U(t, N), R(U) \rangle^*) \quad (10)$$

Зміст відношень домінування та подібності має задавати дослідник.

Задача (8) — (10), поставлена вище, відображає намагання отримати нову структуру носія БНД, яка не гірша за попередню, але є глобально кращою за неї з точки зору структурних властивостей.

Поставлену задачу надалі називатимемо *прямим синтезом* структури БНД.

Найпростішу задачу прямого синтезу можна поставити у такий спосіб. Уважатимемо, наприклад, що метрична множина Q за визначення Ψ виразом (9) складається із єдиного елемента, який задамо за формулою (7) як $q_0 = \equiv$, а матриця сумісності у (10) є найпростішою (не має вагових навантажень) $\Omega(R) := B(R)$. Тоді матимемо постановку задачі синтезу оптимальної структури БНД з меншою складністю, ніж є на момент часу $t=T$.

Можна поставити задачу з синтезу оптимальної структури БНД інакше.

Відношення домінування у (9) замінимо на відношення подібності, а у (10) застосуємо відношення домінування.

У цьому сенсі отримаємо оптимізацію визначених локальних властивостей БНД, що не погіршує стану складності її структури як самостійної системи. При цьому структура носія та склад множини, що описує відповідне бінарне відношення, може змінитися, але так, щоби не збільшити глобальної складності системи у цілому.

Поставлену таким способом задачу надалі називатимемо *оберненим синтезом* структури БНД.

Проілюструвати постановку найпростішої задачі оберненого синтезу можна, якщо зняти умову (9). У цьому випадку отримуємо оптимізаційну задачу на графах [27].

Звичайно можна також розглянути синтез оптимальної структури БНД, застосувавши у (9) та (10) відношення домінування. У цьому випадку одночасно отримаємо оптимізацію як визначені локальні властивості БНД, так і завдання з покращення стану складності її структури.

Поставлену таким чином задачу називатимемо *комплексним синтезом* структури БНД.

Завдання з комплексного синтезу є, на перший погляд, більш привабливими, але їх практична

розрахункова реалізація надскладна. Це пов'язано з тим, що для кожного оптимізаційного кроку в (9) слід знаходити повне вирішення у (10) й навпаки.

Розглянемо деякі практичні аспекти, важливі під час постановки та розв'язання відповідних задач аналізу та синтезу складних структур БНД.

Редукція складної структури БНД

із застосуванням поняття зовнішнього середовища

Розглянемо як носій БНД фонд національних стандартів загалом на певну фіксовану дату та задамо на ньому бінарне відношення R .

За даними Мінекономрозвитку [28] станом на 27.09.2013 фонд національних стандартів налічував 27 тис. документів (для порівняння — база міжнародних та європейських стандартів налічує 47160 документів).

Така значна потужність носія практично позбавляє дослідника шансів на успіх навіть за вирішення завдань з аналізу структури БНД.

Припустимо: розглядається трирічний період, що достатньо характерно для планування робіт зі стандартизації, а також: потужність носія практично не зазнає змін у часі (кількість документів залишається сталою — 27 000). Тоді маємо величину 2 млрд. 187 млн., що є оцінкою зверху кількості зв'язків у системі БНД, навіть для 1 року еволюції отримаємо 729 млн. зв'язків.

Для зменшення розмірності задачі виконаємо спеціальну операцію з *редукції* структури в еволюційній множині \mathcal{H} , заданих (1) та (2).

Припустимо, що вибрано деяке відображення Θ , за яким задане бінарне відношення на носії відбивається в інше бінарне відношення на тому самому носії, до якого додамо єдиний для еволюційної множини \mathcal{H} елемент θ . Цей елемент відобразатиме зовнішнє середовище для еволюції БНД, що вивчається дослідником (близьке до цього поняття зовнішнього середовища запропоновано у [7]):

$$\Theta \stackrel{\text{def}}{=} \{R(U) \rightarrow R_0(U_0) \mid \text{dom}R := \text{dom}R_0, U_0 := U \cup \theta\} \quad (11)$$

Для нового бінарного відношення R_0 задамо область його допустимих значень $\text{Im}R_0$ у такий спосіб:

$$\text{Im}R_0 \stackrel{\text{def}}{=} \{y_0 \mid \forall (x, y) \in R \exists y_0 := y \oplus \theta, y \in \text{Im}R\}. \quad (12)$$

У результаті $\text{Im}R_{\theta_{\text{Im}R}}$ визначить відповідну множину із однакових елементів θ , що задає зовнішнє середовище для нового бінарного відношення R_0 . Таке спрощення структури може дозволити вивчати не всю загалом БНД, а її окремі підмножини. При цьому виділення таких підмножин має відбуватися не довільно, а за визначеними вище правилами. ▶

Вибір правила Θ можна здійснювати, наприклад, відповідно до прийнятої у практиці міжнародної класифікації стандартів (ICS) [29].

ICS визначає структуру для каталогів міжнародних, регіональних та національних стандартів, інших НД і має використовуватися як основа для систематизації структури БНД.

Структура БНД в ICS є ієрархічною та складається із декількох рівнів. Перший рівень охоплює 40 сфер діяльності у галузі стандартизації, наприклад, дорожній транспортний засіб, інженерія, сільське господарство, металургія тощо. Кожна сфера поділяється на групи на другому рівні. Таких груп у ICS налічується 392, надалі йде розподіл ще на 909 підгруп (на третьому рівні ієрархії ICS).

Теоретично здійснення описаної в (11) та (12) редукції за рівнями ієрархії ICS має суттєво знизити складність дослідження та дозволити аналізувати структурні властивості не всієї БНД, а лише тієї вертикалі БНД, яка цікавить дослідника: від вибраної сфери до групи і надалі до підгрупи відповідного рівня ICS.

Оскільки класифікація ICS створювалася історично, може виявитися, що структурні зв'язки між різними вертикалями більш щільні, ніж усередині вертикалі ієрархії ICS, яка досліджується. Запропонований у статті інструмент дослідження із застосуванням редукції дозволяє порівняти силу внутрішніх зв'язків кожної вертикалі з оточуючим середовищем. Якщо виявиться, що якась вертикаль сильніше пов'язана з іншими, ніж усередині, таку класифікацію не можна буде вважати вдалою.

Можна також Θ пов'язати із вже зазначеною інформаційною теорією та виключати елементи, що знаходяться на «інформаційній» відстані, більшій, ніж встановлена дослідником. Це відбиватиме затухання інформації під час передавання методом посилання від одного документа до іншого.

Нормативна система посилань як елементарна структура БНД

Математична модель структури БНД (1) — (7) як об'єкта дослідження вимагає задання бінарного відношення (правила) на носії БНД. Зрозуміло, що семантика R не змінюється з часом, але, звичайно, склад цієї множини буде різним у зв'язку зі змінами в часі самого носія $U := U(t, n)$.

Задамо бінарне відношення R_L у такий спосіб: документ $x \in U(t, n)$ знаходиться у бінарному відношенні з документом $y \in U(t, n)$, якщо в тексті документа x є посилання на текст документа y , як передбачено у [30].

Цей стандарт визначає, що, якщо в тексті стандарту є посилання на інші чинні в Україні НД, поло-

ження яких разом з положеннями стандарту становлять сукупність його положень та вимог, такі посилання наводяться у відповідному розділі стандарту.

Уведене таким чином бінарне відношення R_L називатимемо елементарним, а відповідну БНД – БНД з елементарною структурою.

Значимо також, що до БНД з елементарною структурою також може застосовуватися редукція, описана в (11), (12).

Описання різних типів структурних зв'язків

Окрім елементарного бінарного відношення R_L , що описує прості посилання, можна задати ієрархічну архітектуру посилань на тому самому носії.

Розглянемо правила «прямого посилання на стандарти» у технічному регламенті, що надає презумпцію відповідності його вимогам [31]. Іншими словами, дотримання стандартів, що містяться в цих посиланнях, розглядається як один із шляхів досягнення відповідності вимогам регламенту.

Загалом в Україні станом на 27.09.2013 діяло 1340 стандартів добровільного застосування [28], що може сприйматися як доказ відповідності продукції вимогам технічних регламентів, розроблених на базі директив ЄС. З них, наприклад, підпадає під дію Технічного регламенту низьковольтного електричного обладнання 215 національних стандартів (в ЄС — 711), а для підтвердження Технічного регламенту електромагнітної сумісності презумпцію відповідності можуть надати 56 національних стандартів (в ЄС — 153).

Наведені приклади показують, що потужності носіїв для розглянутого бінарного відношення суттєво нижчі, ніж для носія з елементарною структурою зв'язків. Тому застосування запропонованих в статті методів, насамперед, доцільно здійснювати для аналізу БНД, носій якої складається із технічного регламенту та тієї сукупності стандартів, які обрані за принципом презумпції відповідності цьому регламенту.

Аспекти автоматизованого опрацювання даних

Стандарт [30] вимагає виділяти усі суттєві посилання у відповідному розділі стандарту.

Пряме посилання на стандарт означає, що посилання на конкретний стандарт безпосередньо цитується в тексті за допомогою ідентифікаційного номера і заголовка [31].

Така побудова текстів НД відкриває шляхи автоматичного опрацювання текстів стандартів засобами комп'ютерного опрацювання даних за аналогією процесів, регламентованих міжнародним стандартом дублінського ядра [32].

Це може дозволити автоматично будувати відповідну матрицю сумісності $B(R)$ заданих бінарних

відношень R на визначених носіях БНД, зберігати її для проведення аналізу структурної складності, визначеної подібним чином.

ВИСНОВКИ

У статті запропоновано використання потужного математичного інструментарію з теорії графів та алгебраїчної топології для цілей безпосереднього аналізу структури складних систем БНД технічного регулювання та синтезу структур БНД, оптимальних у певному сенсі.

На думку авторів, незважаючи на достатньо велику кількість сфер практичного застосування як теорії графів, так і Q -аналізу, у цій статті визначено методи, уперше запропоновані для вирішення завдань аналізу та синтезу складної структури БНД як такої.

Запропоновано математичну модель, що формальними методами описує еволюцію структурних властивостей БНД. Вона охоплює найсуттєвіші аспекти структури БНД, як такої: зміни складу та кількості документів; кількісні характеристики, що моделюють локальні зв'язки між документами, а також глобальні кількісні показники складності побудови БНД як цілісної системи.

Використання моделі надає можливості зробити висновки щодо тенденцій розвитку структури БНД, перевіряти наслідки для зміни структурної складності БНД у процесі впровадження нових документів або внесення змін до чинних.

На основі побудованої моделі окремо сформульовані як задачі аналізу еволюції структури БНД, так і три відокремлені задачі синтезу її оптимальної структури, які отримали назву *прямого, оберненого та комплексного синтезу* структури БНД.

Автори запропонували узагальнити деякі підходи з теорії графів та Q -аналізу за допомогою введення *метричної множини*, яка описує глобальні структурні кількісні характеристики еволюції БНД під час її аналізу та використовується як множина критеріїв у задачах синтезу.

Локальні характеристики, що описують структуру БНД, запропоновано розглядати окремо від глобальних, які додаються до метричної множини. Такий підхід поєднує в одній математичній моделі методи теорії графів з методами Q -аналізу, що дає потужний інструмент для дослідження складних структур БНД. При цьому показано, що наведені в роботі постановки задач за їх спрощення легко зводяться до відомих та добре вивчених задач з теорії графів та алгебраїчної топології.

Розглянуто важливі практичні аспекти застосування запропонованого підходу:

а) показано як використовувати формальний метод редукції, тобто засіб коректного зниження розмірності бінарного відношення у системі, яка аналізується або оптимізується;

б) обговорено питання використання методу редукції для аналізу міжнародної класифікації стандартів ICS;

в) показано, що стандартна побудова текстів нормативних документів відкриває шляхи їх автоматичного опрацювання, що може дозволити автоматично побудувати відповідну матрицю суміжності;

г) зроблено висновок, що запропоновані у статті методи, насамперед, доцільно здійснювати для аналізу БНД, носій якої складається із технічного регламенту та тієї сукупності стандартів, які вибрані за принципом презумпції відповідності цьому регламенту.

Розвиток подальших досліджень може йти у декількох напрямках:

1. Зазвичай різні системи класифікації документів мають на меті впорядкувати їх у систему, щоб знизити структурну складність. Тому запропонований у статті метод можна використати у подальшому для практичних досліджень сили структурних зв'язків між різними ієрархічними вертикалями у системах класифікації, зокрема, в ICS. Це дозволить зробити висновки щодо оптимальності класифікаційних систем з точки зору структурної складності.

2. Стандарти побудови НД відкривають шляхи для автоматизації опрацювання текстів стандартів. Тому подальші дослідження можуть бути присвячені комп'ютерній реалізації запропонованих у статті методів дослідження. На цьому шляху ймовірно знадобиться розробити та прийняти відповідний ДСТУ або (та) започаткувати розроблення відповідного міжнародного стандарту за достатньо близькою аналогією міжнародного стандарту дублінського ядра з описання даних [32].

3. Складність структури БНД безпосередньо впливає на вартість її розроблення, прийняття або внесення змін до неї. Цей аспект до сьогодні не враховується у процесі бюджетування витрат на стандартизацію, гармонізацію, перегляд стандартів тощо. Саме тому подальші дослідження мають встановити зв'язок кількісних характеристик складності БНД з фінансовими метриками та показниками. Навіть поверховий погляд на цю проблему показує, що значена вартість залежить від показників складності суттєво нелінійно.

4. Запропоновані підходи можна використовувати для будь-якого носія: від законодавчої бази держави до системи внутрішніх НД окремої компанії. Тому можна розширити застосування запропонованих методів на інші об'єкти дослідження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Постыка В. М. Научно-методические проблемы стандартизации и пути их решения. — М.: Машиностроение, 1989. — 128 с.
2. Віткін Л. М., Лапач С. М., Хімичева Г. І. Принципи, теоретичні засади та практичні рекомендації щодо побудови сучасної системи технічного регулювання України // Системи обробки інформації. — 2009. — Випуск 3 (77). — С. 153—165.
3. Віткін Л. М., Хімичева Г.І., Лапач С. М., Зенкін А. С. Побудова багатofакторних моделей структурних складових системи технічного регулювання // ВЕЖПТ. — 2011. — № 4. — С. 45—56.
4. Віткін Л. Світовий досвід та стратегія розвитку систем технічного регулювання // Стандартизація, сертифікація, якість. — 2013. — № 4 (83). — С. 3—11.
5. Віткін Л., Луценко Д. Модель реформування системи стандартизації України в контексті міжнародних зобов'язань та необхідності модернізації економіки // Стандартизація, сертифікація, якість. — 2013. — № 3. — С. 3—12.
6. Величко О. М. Оптимізація багаторівневої національної метрологічної системи // Міжвід. наук.-техн. збірник «Вимірювальна техніка та метрологія». — Львів: Вид-во Нац. універ. «Львівська політехніка». — 2005. — № 65. — С. 148—156.
7. Величко О.М. Система стандартизації національної метрологічної системи у глобальному зовнішньому середовищі // Системи обробки інформації. — 2006. — Вип. 6 (55). — С. 18—32.
8. Згуровский М. З, Панкратова, Н. Д. Системный анализ. Проблемы, методология, приложения. — К.: Наукова думка, 2011. — 726 с.
9. Месарович М., Тахакара Я. Общая теория систем: математические основы. — М.: Мир, 1978. — 312 с.
10. Постыка В. М. К вопросу упорядочения систем стандартов // Стандарты и качество. — 1987. — № 8. — С. 70—73.
11. Постыка В. М. О проблеме разработки теории стандартизации // Стандарты и качество. — 1992. — № 1. — С. 25—27.
12. Постыка В. М. О классификации нормативных документов по стандартизации // Стандарты и качество. — 1984. — № 6. — С. 32—35.
13. Едидович В. Н., Атливаник П. Г. О структурах систем стандартов // Стандарты и качество. — 1984. — № 6. — С. 27—32.
14. Бунин Г. П., Плущевский М. Б., Плотников А. В. Стандартизация как научно-техническая деятельность и перспективы становления ее как науки: взгляд на проблемы и пути их решения [Электронный ресурс] // Всероссийский научно-дослідний інститут стандартизації та сертифікації в машинобудуванні. — Режим доступу: <http://www.vniinmash.ru/i/file/standartizatsiya.doc>
15. Dowker, C.H. Homology groups of relations // Annals of Mathematics. — 1952. — 56 (1). — P. 84—95.
16. Atkin, R.H., Johnson, R.H. and V. Mancini. An analysis of urban structure using concepts of algebraic topology // Urban Studies. — 1971. — 8 (2). — P. 221—242.
17. Atkin, R. From cohomology in physics to q-connectivity in social science // International Journal of Man-Machines Studiesю. — 1972. — 4. — P. 341—362.
18. Atkin, R. Mathematical Structure in Human Affairs. — New York: Crane-Russak Publishers Co., 1974. — 212 p.
19. Atkin, R.H. & Casti J.L. Polyhedral dynamics and the geometry of systems // IIASA Report RR 77-06 Laxenburg (Austria). — 1977. — 42 p.
20. Касти Дж. Большие системы. Связность, сложность и катастрофы. — М.: Мир, 1982. — 216 с.
21. Поповский В.В., Лемешко А.В. Математическое моделирование связности телекоммуникационных систем с использованием симплицальных комплексов // Праці УНДІРТ. — 2000. — №2 (22). — С.79-82.
22. В.Н. Сулейманов, Т.Л. Кацадзе Математический аппарат структурного анализа электроэнергетической системы // Электротехнические комплексы и системы управления. — 2007. — №2. — С. 32-36.
23. А.Б. Качинский, Н.В. Агаркова Структурный анализ системы забезпечення екологічної та природно-техногенної безпеки України // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2013. — № 1. — С.7-15.
24. Boulmakouf, Z. Besri Performing Enterprise Organizational Structure Redesign through Structural Analysis and Simplicial Complexes Framework // The Open Operational Research Journal. — 2013. — 7. — С.11-24.
25. Degtiarev K.Y. Perceptual Proximity-Based Approach to Structural Complexity Estimate of Simplicial Complex in the Framework of Q-Analysis Holistic Methodology // Proc. 5th Int. Conference ICSCCW. — 2009. — 4 p.
26. Degtiarev K.Y. Q-Analysis and Human Mental Models: A Conceptual Framework for Complexity Estimate of Simplicial Complex in Psychological Space // Proc. 6th Int. Conference ICSCCW. — 2011. — 11 p.
27. Э. Майника Алгоритмы оптимизации — М.: Мир, 1981. — 325 с.
28. Мінекономрозвитку продовжує роботу з приведення національних стандартів у відповідність до світових вимог [Електронний ресурс] // Прес-служба Міністерства економічного розвитку і торгівлі. — Режим доступу: http://www.kmu.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=246716748&cat_id=244277212

29. International Classification for Standards [Електронний ресурс] // Switzerland: International Organization for Standardization. — 2005. 112 p. — Режим доступу: <http://www.iso.org/iso/ics6-en.pdf>
30. Правила побудови, викладання, оформлення та вимоги до змісту нормативних документів: ДСТУ 1.5:2003. — [Чинний від 01-07-2003, на заміну ДСТУ 1.5-93]. — К.: Держстандарт України, 2003. — 47 с. — (Національні стандарти України).
31. Vyze T. Using and referencing ISO and IEC standards for technical regulations [Електронний ресурс] //

ISO Programme Manager Policy and Research ISO, Policy and Research DEVT ISO. — 2008. — Режим доступу: <http://info.ogp.org.uk/standards/08Beijing/07UsingAndReferencingISOAndIECStandards.pdf>

32. ISO 15836:2003. Information and documentation - The Dublin Core metadata element set [Електронний ресурс] // Національні інформаційні стандарти організації по стандартизації. — 2003. — 7 р. — Режим доступу: http://www.niso.org/apps/group_public/download.php/6576/The%20Dublin%20Core%20Metadata%20Element%20Set.pdf ■

НОВИНИ ISO

Нова редакція стандарту ISO/TS 22003 дасть поштовх сертифікації в галузі безпечності харчової продукції

Убезпечення харчової продукції стає найважливішим аспектом охорони здоров'я. Значення можливих негативних наслідків недоброякісних продуктів харчування змусила ISO розробити серію стандартів ISO 22000 на менеджмент для забезпечення харчової продукції, яка дозволить ідентифікувати такі загрози та управляти ними. Незважаючи на те, що у світі було видано тисячі сертифікатів на відповідність вимогам цих стандартів, хоча це не є обов'язковою вимогою, за останні роки довіру споживачів харчова промисловість продовжувала втрачати, що зумовило нагальну необхідність її стимулювання.

Член групи щодо засобів стимулювання довіри споживачів до безпечності харчової продукції Якоб Феурмен вважає, що нещодавно опублікований стандарт ISO/TS 22003 змінює правила для органів із сертифікації, які обслуговують харчову промисловість. Після повного перегляду з моменту публікації у 2007 році нова редакція стандарту дозволить підвищити якість сертифікації харчових компаній. Співголова групи спеціалістів, які розробили нову редакцію ISO/TS 22003, Феурмен пояснює, які практичні зміни було зроблено у другій редакції, та які переваги для зацікавлених осіб вона надаватиме. Він зазначив, що недоброякісна харчова продукція завжди була проблемою для людства, бо чимало із сучасних проблем не є новими. Хоча немає жодного стандарту, який би повністю усунув цю проблему, стандарт ISO/TS 22003 дасть змогу виконати всі умови для підвищення рівня довіри до сертифікації у межах усього ланцюга постачання.

Стандарт, наприклад, надає правила застосування вимог щодо компетентності аудиторів органу з сертифікації або тривалості аудитів. Якщо орган з сертифікації хоче отримати акредитацію, орган

з акредитації повинен оцінити його з метою визначення, чи всі правила виконано. Хоча сертифікація на відповідність вимогам стандарту ISO 22000:2005 не є обов'язковою вимогою, у випадках, коли споживачі та наглядові органи вважають сертифікацію необхідною або її буде використано як інструмент диференціації компанії на ринку, стандарт ISO/TS 22003 підвищить довіру до видачі сертифікатів постачальникам харчової продукції.

Основна зміна в новій редакції ISO/TS 22003, до якої доведеться адаптуватись органам із сертифікації, це зміна «підходу, заснованого на атестації» на «підхід, заснований на професіоналізмі» у ході визначення компетентності аудитора.

Крім того, новий стандарт детальніший за стандарт ISO/IEC 17021 загальної призначеності і містить специфічні для харчового сектору вимоги, які має впровадити орган із сертифікації.

Стандарт ISO/TS 22003 треба розглядати як можливість для органів із сертифікації гармонізувати свою діяльність незалежно від того, сертифікують вони «продукцію» або «системи менеджменту». У майбутньому харчовому сектору буде важливо знайти рентабельніше рішення з сертифікації. Спільна робоча група, яка розробила стандарт ISO/TS 22003, дійшла висновку, що власникам схем сертифікації, органам з акредитації, сертифікації та наглядовим органам у харчовій промисловості необхідно сісти за стіл переговорів для обговорення нових можливостей. З цієї метою Комітет ISO з оцінки відповідності (ISO/CASCO) та підкомітет ISO, який відповідає за стандарти для системи управління безпечністю харчової продукції (ISO/TC 34/SC 17), розглянуть шляхи розвитку цієї концепції. ■