

УДК 389.14:621.391:006.354:004.021

Вавілов Є. В. аспірант. Тел. +380 (93) 000 03 69. E-mail: eugene.vavilov@gmail.com
(Одеська державна академія технічного регулювання і якості)

МНОЖИННЕ ВИЗНАЧЕННЯ ДЕРЕВА ВЛАСТИВОСТЕЙ ЯКОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Vavilov Ye. V. The plural determination tree of the properties of the informative system quality. The article presents a generalized solution of the problem of automatic formation of quality indicators of the information system. The solution makes it possible to assess the functioning of information systems in accordance with the requirements. To achieve the model of decision tree building features quality information system. The problem of developing a method of binary encoding genetic information properties of the system based on genetic algorithms. The technology of building wood properties as the information system is represented as a classification algorithm, selecting and grouping the set of quality indicators. These quality indicators used to construct the levels of nodes and leaves of the tree. The proposed model tree building features quality information system is the development and improvement of the method of constructing a similar tree using phylogenetic analysis. The model is based on new methods of genetic coding and clustering.

Keywords: informative system, quality indicators, wood properties, genetic information, genetic algorithm, descriptions model

Вавілов Є. В. Множинне визначення дерева властивостей якості інформаційної системи. В статті приводиться узагальнене рішення задачі автоматичного формування системи показників якості інформаційної системи. Рішення дає можливість провести оцінку функціонування інформаційної системи відповідно до встановлених вимог. Для досягнення рішення розроблено модель побудови дерева властивостей якості інформаційної системи.

Ключові слова: інформаційна система, показники якості, дерево властивостей, спадкова інформація, генетичний алгоритм, модель характеристик

Вавілов Е. В. Множественное определение дерева свойств качества информационной системы. В статье приводится обобщенное решение задачи автоматического формирования системы показателей качества информационной системы. Решение дает возможность провести оценку функционирования информационной системы в соответствии с установленными требованиями. Для достижения решения разработана модель построения дерева свойств качества информационной системы.

Ключевые слова: информационная система, показатели качества, дерево свойств, наследственная информация, генетический алгоритм, модель характеристик

1. Постановка задачі

Наслідками швидких змін у науці та техніці, які є характерними для індустріального суспільства, є інтенсивне зростання обсягів інформації, яка передається у сучасних інформаційних мережах (СІМ). Як зазначено у [1-3], внаслідок цього виникла необхідність оптимізації та вдосконалення нормативної бази щодо СІМ, механізмів її застосування, методів та засобів контролю їх якості функціонування, а також ефективного метрологічного забезпечення єдності вимірювань та випробувань.

Зв'язок задачі з важливими науковими та практичними завданнями. Технічне та технологічне ускладнення об'єктів вимірювання призвело до створення інформаційно-вимірювальних систем (ІВС), які, відповідно до ГОСТ 8.437-81, функціонують у складі комплексів контролю за якістю існуючих СІМ, як сукупність функціонально об'єднаних вимірювальних, обчислювальних та інших технічних засобів [4, 5]. Саме вони застосовуються для отримання вимірювальної інформації, її перетворення та обробки з метою подання споживачеві в необхідному вигляді, або автоматичного здійснення логічних функцій контролю, діагностики та ідентифікації в СІМ [6]. На поточний момент часу велика увага приділяється ІВС, які здатні функціонувати в умовах мінливих характеристик каналів зв'язку, а також адаптуватися до різних топологій та методів передачі вимірювальної інформації, представленої в цифровому вигляді, що, зокрема, має важливе значення при побудові територіально-

розподілених вимірювальних систем, та є однією із заporук успіху наукового, технічного та технологічного прогресу щодо отримання найповніших даних про досліджувані об'єкти [1, 7].

Враховуючи високу складність ІВС та методів, що забезпечують достовірне представлення даних про об'єкти вимірювань, вимог щодо їх метрологічного забезпечення [8], **раніше не вирішеною частиною загальної проблеми** є задача автоматичного формування системи показників якості (ПЯ), відповідно до якої було б можливим провести оцінку функціонування СІМ у відповідності до встановлених вимог.

Виходячи з цього, **метою статті** є розробка моделі побудови дерева властивостей якості інформаційної системи (ІС) та, як споріднена побічна задача – розробка методу двійкового кодування спадкової інформації властивостей системи на основі генетичних алгоритмів [9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких покладено початок вирішення проблеми. Як у [1] показав О. Грабовський та як зазначено у [9, 10], сукупність питань з удосконалення метрологічного забезпечення у галузі ІС, веде до необхідності введення багатокритеріальних та багатопараметричних оптимізаційних задач [11, 12]. Так, О. Лужбінін вважає, що в останні роки для вирішення подібних завдань з метою пошуку оптимальних характеристик та формулювання критеріїв оптимальності ІВС, став інтенсивно використовуватися апарат, заснований на теорії генетичних алгоритмів (ГА). Він зазначає, що у цьому напрямі перші публікації належать Н. Барічеллі, Л. Фогелю, А. Оуенсу та М. Уолшу. В той же час загальновідомо, що сучасну теорію ГА розробив Д. Холланд, яку в подальшому удосконалили його учні – К. де Йонг та Д. Голдберг. Розвитком теорії та їх практичним застосуванням у сфері програмно-технічних засобів займалися О. Лужбінін та С. Ісаєв. Г. Вороновський, К. Махота, С. Петраш та С. Сергеев показали можливість використання ГА при дослідженні штучних нейронних мереж. В. Емельянов та В. Курейчик узагальнили відомі положення щодо теорії та практики еволюційного моделювання, та разом з О. Лебедевим заклали основи пошукової адаптації. Д. Рутковська, М. Пилиньський та Л. Рутковський показали, що ГА можуть бути основним засобом дослідження нечітких систем, що лягло в основу досліджень у дисертаційній роботі. Серед західних вчених, які займалися проблемами впровадження ГА у сфері людської діяльності, включаючи інформаційно-комунікаційні системи, системи дистанційного діагностування, ІВС та ін., слід відзначити J. Holland, K. de Jong, W. Spears, D. Whitley, M. Mitchell, K. Deb, S. Agrawal, R. Biesbroek, S. Rana, E. David, J. R. Koza та багатьох інших. В області оцінки якості електронної апаратури необхідно відзначити російських вчених В. Брюніна, В. Абрамова, В. Пролейко та Б. Мансурова. В області оцінки якості програмних засобів відомими є роботи Є. Кранкова, В. Ліпаєва та М. Треногіна. В області оптимізації систем на основі ГА основними є роботи Д. Батищева та І. Норенкова.

Однак, слід зазначити, що у зазначених напрямках досліджень для вирішення завдань удосконалення методів формування ПЯ інформаційних систем, ці питання у належній мірі не розроблено, хоча відомі дослідження за спільним рішенням деяких з завдань. Тим більше у жодному літературному джерелі немає відомостей стосовно множинного визначення дерева властивостей якості ІС. Саме цьому питанню приділена увага у статті.

2. Поняття і визначення. Побудова дерева властивостей

ПЯ будь якої технічної системи, зокрема ІС, можна представити у вигляді багатомірної структурованої множини, лінеаризація якої призводить до формування та побудови дерева властивостей [13-15]. Далі вважатимемо, що термін «дерево властивостей» є тотожним терміну «дерево характеристик». Зважаючи на це, результати, які отримано у [7, 9-18], можемо використати для множинного визначення дерева властивостей, що буде еквівалентним побудові дерева характеристик якості ІС підприємства [14-18]. У цих же джерелах приведено основні положення, методи та алгоритми процесу створення багатомірної множини з її послідовним перетворенням у дерево властивостей. Враховуючи їх, побудову дерева властивостей якості ІС представимо у вигляді алгоритму класифікації, відбору та групування множини ПЯ

для побудови рівнів, вузлів та листя дерева. Для цього, взявши за базу дні, які отримано у [3-6, 8-10], побудуємо кінцеву множину властивостей (далі – множину) Q , яка містить множини Q_1, Q_2, \dots, Q_i , що є її підмножинами властивостей (далі – підмножинами) ($Q_i \subset Q \Leftrightarrow \forall q_i \in Q_i: q_i \in Q; i = 1, 2, \dots, a$). Множини Q_i , у свою чергу містять множини Q_{ij} , ($Q_{ij} \subset Q_i \subset Q \Leftrightarrow \forall q_{ij} \in Q_{ij}: q_{ij} \in Q_i: q_{ij} \in Q; j = 1, 2, \dots, b$), які містять множини Q_{ijk} , ($Q_{ijk} \subset Q_{ij} \subset Q_i \subset Q \Leftrightarrow \forall q_{ijk} \in Q_{ijk}: q_{ijk} \in Q_{ij}: q_{ijk} \in Q_i: q_{ijk} \in Q; k = 1, 2, \dots, c$), і т. д. Кінцевим є деяке вкладення $Q_{ijk\dots m}$ ($Q_{ijk\dots m} \subset \dots \subset Q_{ijk} \subset Q_{ij} \subset Q_i \subset Q \Leftrightarrow \forall q_{ijk\dots m} \in Q_{ijk\dots m}: \dots : \in q_{ijk} \in Q_{ij}: q_{ijk} \in Q_i: q_{ijk} \in Q; m = 1, 2, \dots, d$).

Таким чином нами створено шарову структуру з вкладених множин, де q_x є елементами відповідних множин шару. Зазначимо, що при цьому символ x є ідентифікатором відповідної множини, а кожен зі створених шарів позначимо літерами латинського алфавіту та числами, як це показано на Рис. 1. Інформативною ознакою, яка слідує з Рис. 1, є те, що ідентифікатор відображає деякі очевидні сутності, наприклад: властивості та підвластивості можуть бути як взаємозалежними, так і незалежними одна від одної; властивості та підвластивості можуть бути згруповані у середині будь-якого шару по будь-якому закону та ін.

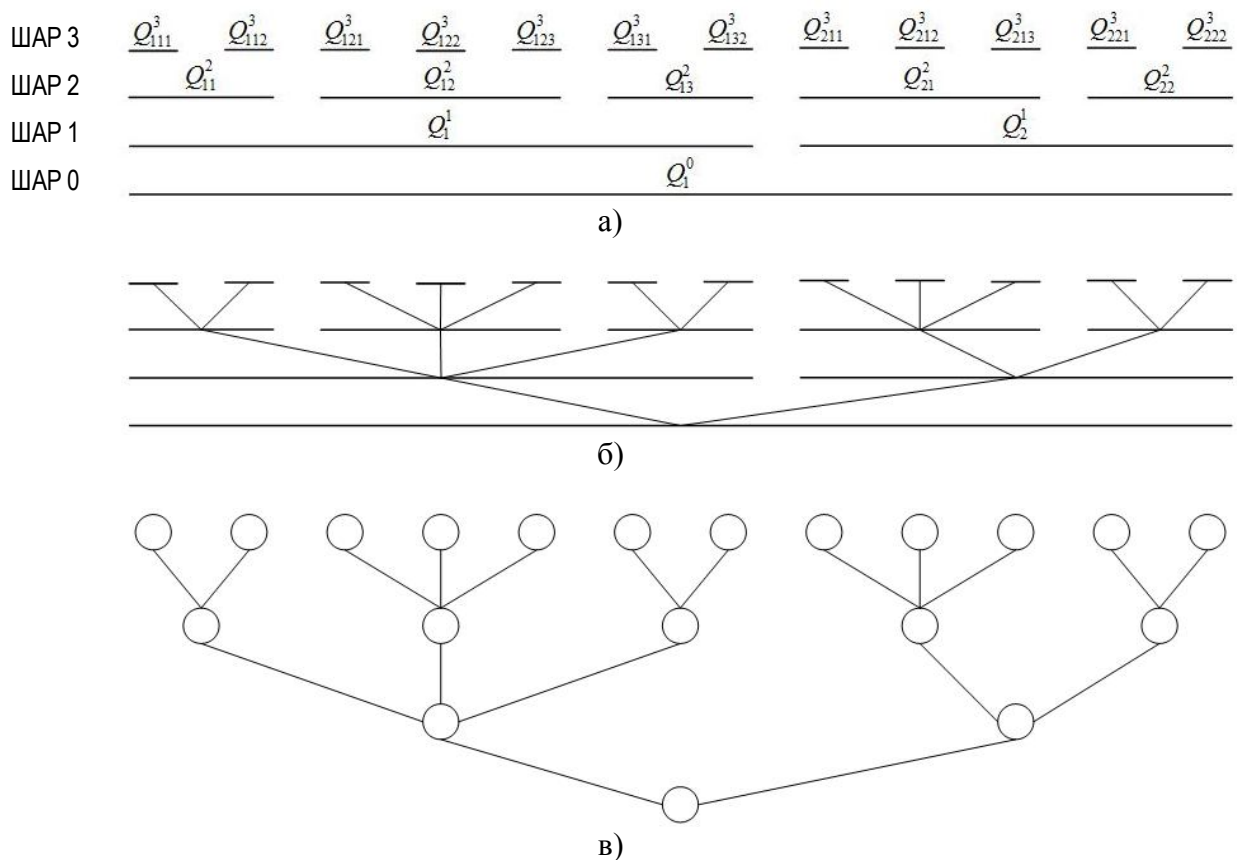


Рис. 1. Ілюстрація побудови кінцевої множини властивостей якості ІС підприємства

Приведені сутності не суперечать загальним математичним та алгоритмічним правилам, що у подальшому дозволило сформулювати та побудувати дерево властивостей. Зважаючи на сказане, вкладені множини, у відповідності до шару, якому вони належать, ідентифікуємо, як $Q_1^0; Q_i^1; Q_{ij}^2; Q_{ijk}^3; \dots, Q_{ijk\dots p}^N$, де: N – номер шару структури ($N = 0, 1, 2, \dots, \omega$), i, j, k, \dots, p – ідентифікатори множин відповідних шарів. Оскільки, за умовою побудови, множина Q_1^0 містить у собі всі вкладені множини та підмножини, визначимо їх як предка. Тоді всі шари з більшими номерами, у відповідності до прийнятої ідентифікації, представляють собою множини-нащадки. Аналогічно, множини Q_i^1 є батьківськими стосовно до вкладених у них множин Q_{ij}^2 . Але при цьому відмітимо, що вони одночасно є нащадками

відносно Q_1^0 та «братами» відносно множин свого шару. Як витікає з умов побудови та Рис. 1, наведені визначення можна узагальнити відносно всіх шарів та множин, які вони утримують.

На Рис. 1, для наочності, з урахуванням визначення «предок-нащадок», лініями поєднано вкладені множини, які показано у вигляді окружностей. Результатом перетворення є ієрархічна структура, називана «дерево». Приклад узагальненого дерева властивостей (характеристик, які розглянуто, н-д, у серія стандартів SQuaRE [5]) для умовної ІС, наведено на Рис. 2. У його основу покладено приклад філогенетичного дерева [13], де воно досить докладно описано. Згідно до цього джерела та інших публікацій, у теорії графів, дерево $T = (Q, B)$ визначається як сукупність елементів, яка складається з двох непустих множин:

1) непушта множина Q вузлів, яка включає множину Q^0 та всі вкладені множини $Q = \{\{Q^0\}, Q^1, \dots, Q^N\}$;

2) непушта множина B ліній, яка включає сполучні лінії, та володіє, по-перше, зв'язаністю, тобто властивістю прокладати маршрут для будь-якої пари вузлів через одного загального предка, та по-друге – ациклічність, тобто властивістю зв'язувати предка з нащадками тільки однією лінією та тільки в межах одного кроку (нижчестоячого шару). Відповідно, при ациклічності, зв'язки між «братами» будуть відсутні, тобто шари дерева складатимуться з попарно непересічних множин.

Далі вважатимемо, що вузол (множина) Q^0 є коренем дерева. Це дає можливість визначити піддерево, як частину деревоподібної структури, яка може бути представлена у вигляді окремого дерева $T' = (Q', B')$, у якому ($Q' \subset Q$; $B' \subset B$). З погляду теорії множин, вважатимемо піддерево підмножиною.

Розглянемо отримане дерево (Рис. 1, Рис. 2) у контексті структури моделі характеристик якості ІС, яка наведена у ДСТУ ISO 9000:2007 [19] та ISO/IEC 25010:2011 [20]. Відповідно до зазначених стандартів визначимо, що коренем дерева, тобто якістю системи (ЯС), є множина Q_1^0 , яка представляє собою набір усіх властивостей ІС. Тоді всі вузли дерева будуть характеристиками ЯС (ХЯС) та підхарактеристиками ЯС (ПХЯС), які містять кілька властивостей системи. Виходячи з цього, можна зробити висновок про те, що кількісні значення ЯС, ХЯС та ПХЯС будуть визначатися відповідними комплексними ПЯ (КПЯ). При цьому будемо враховувати той факт, що чим ближче до кореня дерева розташований рівень, тим більше властивостей містять характеристики (показники) якості. Зважаючи на це та відповідно до [14, 15], для узагальненої системи ПЯ, прикладом якої може бути Рис. 2, перший шар буде складатися із двох показників:

1) КПЯ₁¹ – утримує всі економічні ПЯ;

2) КПЯ₂¹ – утримує всі неекономічні ПЯ (наприклад, множини $\{Q_1^1\}$ та $\{Q_2^1\}$,

відповідно) – і т.д. за шарами (див. Рис. 1).

Як випливає з Рис. 1 та Рис. 2, таке розподілення, при необхідності, може бути продовжено далі по шарах. Останній шар w (шар листів) буде складатися з множини властивостей якості системи $\{Q_{ijk\dots p}^w\}$, тобто з ПЯ, які не підлягають подальшому діленню.

Такі ПЯ будуть простими показниками (ППЯ).

Як слідує з [19, 20], для ІС існують лише характеристики, які відповідають трьом моделям якості. Ними є модель якості при використанні, модель якості продукту та модель якості даних. Проведені дослідження показали, що для встановлення якості ІС підприємства досить обмежитися двома моделями: моделлю якості при використанні та моделлю якості продукту. У цих моделях якості ІС, на відміну від узагальненої системи ПЯ, економічний ПЯ в явному вигляді відсутній, але деякі ПЯ (наприклад, ефективність, продуктивність, економічні ризики, використання ресурсів та ін.) враховують відповідні економічні ППЯ. Виходячи з цього, подальші результати отримано тільки для зазначених моделей якості.

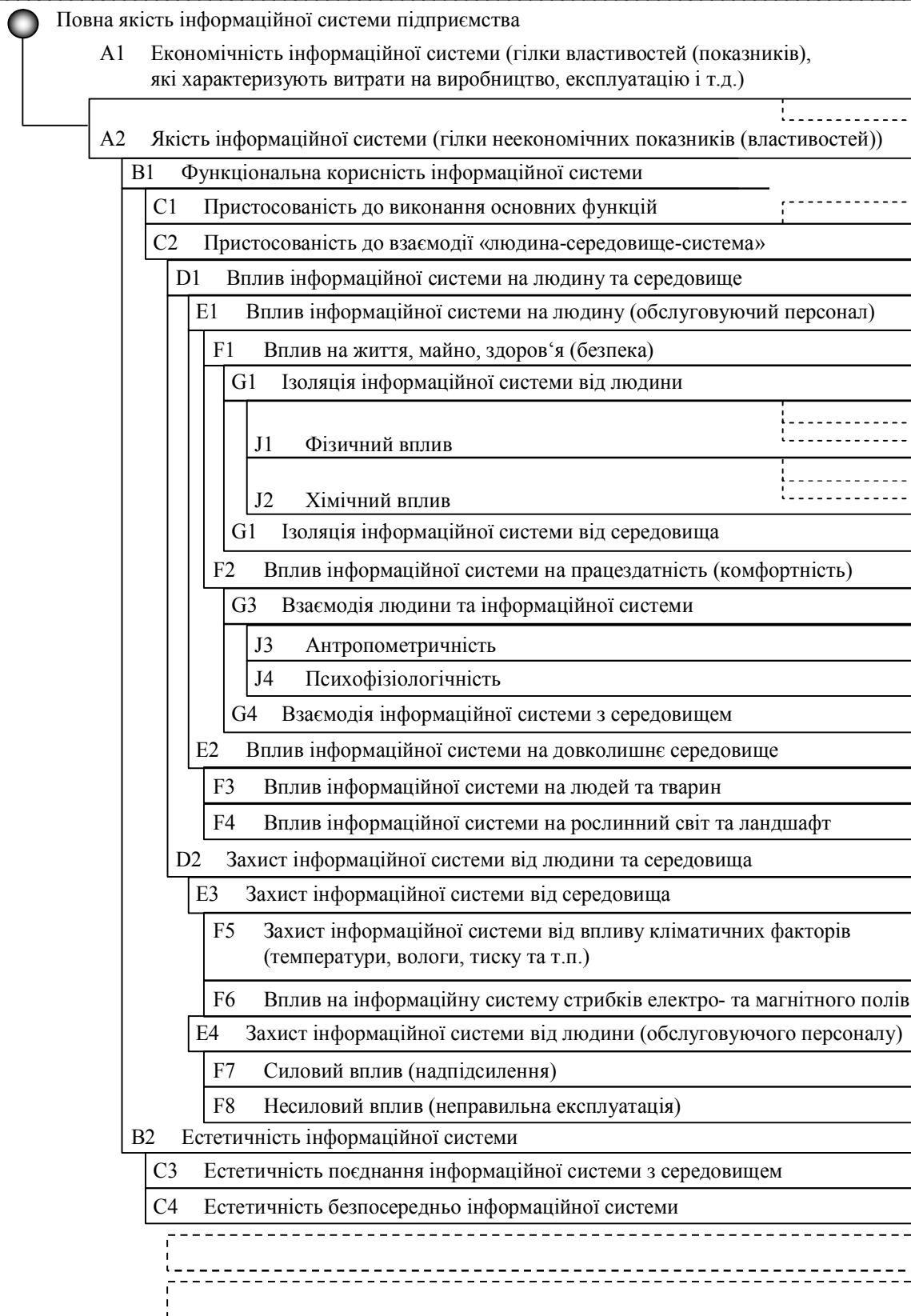


Рис. 2. Узагальнене дерево властивостей деякої умовної ІС підприємства

3. Модель побудови дерева властивостей

Як показано у [21], розробка моделі побудови дерева властивостей є одним з найбільш складних завдань, які виникають при побудові будь-яких систем ПЯ.

Найбільш вагома складова складності є автоматизація процесу побудови дерева якості. Згідно [17, 18], побудова дерева є досить складним та відповідальним завданням, яке

проводиться в ручному або напівавтоматичному режимі. Однак, якщо його розглядати з точки зору біології, то в ній використовується поняття про «філогенетичне дерево», яке відбиває еволюційні взаємозв'язки між різними сутностями, що мають загального прародича (далі – предка). Побудова таких дерев досить добре автоматизована, що дозволяє досліджувати шляхи еволюції біологічних видів, використовуючи загальну генетичну базу.

Далі пропонується модель є розвитком та удосконаленням методу побудови дерева властивостей якості з використанням філогенетичного аналізу. При цьому вони базуються на нових методах генетичного кодування та кластеризації. З цією метою покажемо процес розробки методу двійкового кодування спадкової інформації властивостей системи. Введемо наступні означення:

Означення 2.1. Алфавітом є множина неподільних символів деякої формальної мови.

Означення 2.2. Геном є неподільна у функціональному відношенні одиниця спадкоємної інформації, яка передається від предків до нащадків.

Означення 2.3. Хромосомою є лінійна структура, яка складається з множини генів та у якій міститься спадкоємна інформація.

Означення 2.4. Генотипом є сукупність генів, які знаходяться у хромосомах особи.

Означення 2.5. Особиною є неподільна одиниця, яка складається з множини (набору) хромосом та володіє здатністю до еволюційного розвитку.

Означення 2.6. Еволюцією є процес розвитку генотипу особи від простого до складного.

Зважаючи на приведені означення, вважатимемо, що спадкоємна інформація особи розташована в генах. У біологічних об'єктах спадкоємна інформація, яка міститься у генах, кодується на основі алфавіту генетичного коду – множини нуклеотидів (аденін (A), гуанін (G), цитозин (C), тимін (T) та урацил (U)). Кожен з генів містить різні комбінації (комбінації з повтореннями) нуклеотидів. За аналогією з біологічними об'єктами, представимо множину властивостей системи, зображених на рис. 1, у вигляді шаруватої структури, як множину особин, кожна з яких складається з однієї хромосоми зі своїм набором генів та містять деяку спадкову інформацію, що передається від шарів з меншими номерами до шарів з більшими номерами так, як це зображено на Рис. 3.

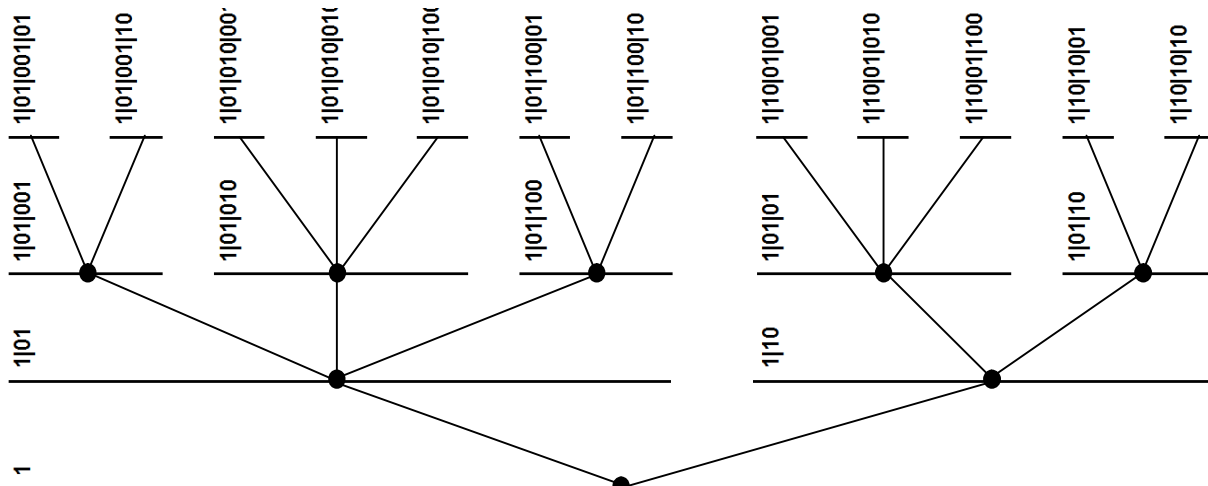


Рис. 3. Представлення множини властивостей системи

Для кодування спадкової інформації застосуємо двійковий алфавіт у вигляді множини символів $\{0,1\}$, тобто бітів, які у біологічному методі кодування відповідають нуклеотидам біологічних об'єктів. Ген такої особи має вигляд, який аналогічний гену, що описаний у [21]. В удосконаленій формі приведемо його на Рис. 4, де $\beta_i = \{0,1\}$, $i = 0,1,2, \dots, l$, l – довжина кодової послідовності гена ($l = i + 1$).

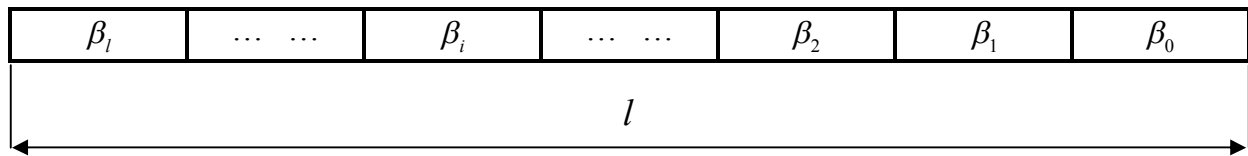


Рис. 4. Ген особини

Нехай множина Q_1^0 , якою позначимо якість системи, є теоретичним коренем філогенетичного дерева, тобто загальним предком усіх властивостей якості в еволюційному процесі. Тоді, відповідно до визначення піддерева, будь-яку вкладену множину Q_x^N , де x – ідентифікатор множини в шарі N , можна трактувати як корінь утвореного нею піддерева, яке складається з вкладених у нього множин наступних шарів. Визначимо Q_1^0 , як особину, хромосома ідентифікатора якої складається з одного гена, а її еволюційним процесом є формування хромосом ідентифікаторів нових особин шляхом додавання до хромосоми попереднього шару одного гена для наступного шару. Кількість бітів у гені, що додається, визначається потужністю множини предка, тобто

$$l_{x_N}^N = |Q_{x_{N-1}}^{N-1}| \quad (N \neq 0). \quad (1)$$

Оскільки в нульовому шарі розташована тільки множина Q^0 , то для її ідентифікації в шарі досить одного біта інформації. Це значить, що хромосома ch^0 ідентифікатора особини, складається з одного гена довжини $l_1^0 = 1$ з кодом $ch^0 = \{\beta_1^{Q^0}\} = \{\beta_0\} = \{1\}$ (Рис. 3 та Рис. 4).

Відповідно до визначення еволюційного процесу (рис. 3, рис. 4) та виразу (1) перший шар буде складатися із двох особин $\{Q_1^0\} = \{\{Q_1^1\}, \{Q_2^1\}\}$, хромосома кожної з яких буде містити по два гени: перший ген довжиною $l_1^0 = 1$, другий ген довжиною $l_1^1 = l_2^1 = d(Q_1^0) = 2$. Структура хромосом l -го шару матиме вигляд: $\{\{chq^0\}, \{\beta_1^{Q_1^1}\}\} = \{\{\beta_1^{Q^0}\}, \{\beta_1^{Q_1^1}\}\}$ та $\{\{chq^0\}, \{\beta_1^{Q_2^1}\}\} = \{\{\beta_1^{Q^0}\}, \{\beta_1^{Q_2^1}\}\}$. Коди генів: $\{\beta_1^{Q^0}\} = \{\beta_0\} = \{1\}$, $\{\beta_1^{Q_1^1}\} = \{\beta_0\beta_1\} = \{01\}$, $\{\beta_1^{Q_2^1}\} = \{\beta_0\beta_1\} = \{10\}$. Коди хромосом відповідно: $\{101\}$ і $\{110\}$. Генотип цих особин показано на Рис. 3.

Позначимо хромосому ідентифікатора особини Q_x^N шару N через chq_x^N , де x – ідентифікатор особини, тоді вираз коду (множини байтів) довільної хромосоми можна записати у вигляді:

$$\{chq_x^N\} = \{\{chq_{x_{N-1}}^{N-1}\}, \{\beta_N^{Q_x^N}\}\} : (N \geq 1), \quad (2)$$

де: $\{chq_{x_{N-1}}^{N-1}\}$ – хромосома ідентифікатора предка в шарі $(N-1)$; x_{N-1} – ідентифікатор предка в шарі $(N-1)$, $\{\beta_N^{Q_x^N}\}$ – ген ідентифікатора особини Q_x^N .

Для кореня дерева $(N=0)$ $\{chq_{x_{N-1}}^{N-1}\}$ не існує і $\{chq_x^N\} = \{chq_1^0\} = \{\beta_1^0\} = \{1\}$.

Нормування довжини $l_{x_N}^N$ гена $\beta_N^{Q_x^N}$ в межах шару можемо здійснювати на основі виразу:

$$l_{norm}^N = \max |Q^{N-1}|, \quad (3)$$

де $\max |Q^{N-1}|$ – потужність одного з множин шару $N-1$, що має максимальне значення.

Зазначимо, що для теоретичного кореня дерева $(N=0)$ завжди

$$ch^0 = \{\beta_1^{Q^0}\} = \{\beta_0\} = \{1\} \text{ та } l_{norm}^0 = l_1^0 = 1.$$

4. Висновки

Представлене узагальнене рішення задачі автоматичного формування показників якості інформаційної системи дозволяє оцінити функціонування інформаційних систем відповідно до встановлених вимог та існуючих стандартів у галузі оцінки якості інформаційних систем. Для досягнення рішення розроблено модель побудови дерева властивостей якості інформаційної системи. Технологія побудови дерева властивості для інформаційної системи представлено у вигляді алгоритму класифікації, відбору та групування набору показників якості. Ці показники можуть бути використані для побудови рівнів вузлів та листків дерева.

Література

1. Грабовський О. В. Розробка методу оцінювання якості інформаційно-вимірювальних систем на основі використання генетичних алгоритмів : автореферат дис... канд. техн. наук : 05.01.02 / О. В. Грабовський; ОДАТРЯ. — Одеса, 2013. — 20 с.
2. Грабовський О. В. Скорочення випробувань надійності ІВС за рахунок її функціональної надмірності / О. В. Грабовський, Н. Ф. Казакова // Технологічний аудит та резерви виробництва. — 2013. — №2/1(10). — С. 24-27.
3. Вавілов Є. В. Інтелектуальні автономні системи: Концептуальні положення створення та функціонування / Є. В. Вавілов, О. О. Скопа // Біоніка інтелекту. — 2013. — №5(74). — С. 95-102.
4. Вавілов Є. В. Стан процесів управління виробництвом продукції та послуг на сучасному етапі у сенсі стандартів ISO 9000 / Є. В. Вавілов, Г. М. Котов // Технічне регулювання та якість: Сучасні стан та перспективи : V Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених, 20-21 травня 2014 р. : матер. конф. — Одеса, ОДАТРЯ. — С. 185-187.
5. Вавілов Є. В. Серія стандартів SQuaRE як основа забезпечення вимог до якості та оцінки програмних засобів / Є. В. Вавілов // Збірник наукових праць ОДАТРЯ. — 2015. — № 1(6). — С. 129-139.
6. Казакова Н. Ф. Автоматизація процесу адаптації інформаційних систем до інцидентів інформаційної безпеки / Н. Ф. Казакова, Є. В. Вавілов // Інформаційна безпека. — 2013. — №4(12). — С. 49-56.
7. Грабовський О. В. Аналіз показників якості інформаційно-вимірювальних систем / О. В. Грабовський // Вісник національного технічного університету «ХПІ». — 2013. — №16. — С. 59-66.
8. Вавілов Е. В. Задача выбора оптимальной структуры системы метрологического обеспечения и управления / Е. В. Вавілов, О. Г. Есина // Проблеми технічного регулювання та якості : IV Всеукр. наук.-практ. конф., 9-10 жовтня 2014 р. — ОДАТРЯ, Одеса. — С. 147-148.
9. Вавілов Є. В. Загальні принципи технології прогнозування ситуацій для систем з генетичними принципами функціонування / Є. В. Вавілов // Інформаційно-вимірювальні технології в метрології, технічне регулювання та менеджмент якості : III Всеукраїнська наук.-практ. конф., 30-31 травня 2013 р. : матер. конф. — Одеса, ОДАТРЯ. — С. 213-215.
10. Вавілов Є. В. Технологія прогнозування ситуацій для систем з генетичними принципами функціонування / Є. В. Вавілов // Технологічний аудит та резерви виробництва. — 2013. — №2/1(10). — С. 22-24.

11. Грабовський О. В. Принципові питання вирішення задачі багатокритеріальної оптимізації показників якості інформаційно-вимірювальних систем на основі мультихромосомного генетичного алгоритму / О. В. Грабовський, Л. В. Коломієць // Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості. — 2013. — №1 (2). — С. 93-101.

12. Грабовський О. В. Технологія розв'язку завдання багатокритеріальної оптимізації показників якості ІВС на основі мультихромосомного генетичного алгоритму / О. В. Грабовський, Є. В. Вавілов // Сучасний стан та перспективи розвитку системи технічного регулювання, метрології та якості : VI Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, 21-22 травня 2015 р. — ОДАТРЯ, Одеса. — 11 с.

13. Грабовський О. В. Філогенетична модель побудови дерева властивостей показників якості / О. В. Грабовський // Вісник інженерної академії України. — 2013. — №1. — С. 225-228.

14. Грабовський О. В. Візуалізація структури показників якості інформаційно-вимірювальних систем / О. В. Грабовський, С. Л. Волков, О. О. Скопа // Метрологія та прилади. — 2013. — №2. — С. 69-74.

15. Грабовський О. В. Візуалізація структури показників якості інформаційно-вимірювальних систем / О. В. Грабовський, С. Л. Волков, О. О. Скопа // Інформаційно-вимірювальні технології в метрології, технічне регулювання та менеджмент якості : III Всеукр. наук.-практ. конф., 30-31 травня 2013 р. : тези доповіді. — Одеса, 2013. — С. 74-75.

16. Грабовський О. В. Регуляризація визначення показників якості функціонування ІВС з врахуванням нечіткості інформації / О. В. Грабовський, С. Л. Волков, О. О. Скопа // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». — 2013. — №26 (999). — С.169-174.

17. Грабовський О. В. Показники якості та життєві цикли захищених інформаційно-вимірювальних систем / О. О. Скопа, С. Л. Волков, О. В. Грабовський // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. — 2013. — №15(204), Ч. 1. — С. 192-198.

18. Грабовський О. В. Показники якості та життєві цикли інформаційно-вимірювальних систем / О. В. Грабовський, Т. І. Наконечна, С. Л. Волков // Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості. — 2012. — №1(1). — С. 17-23.

19. ДСТУ ISO 9000:2007. Система управління якістю. Основні положення та словник. — Введ. 2008-01-01. — Київ : Держстандарт України, 2001. — 72 с.

20. ISO/IEC 25010:2011. Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and software quality models [Електронний ресурс] : Портал : ISO. — Режим доступу \www/ URL: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=35733. — Заголовок з екрана, доступ вільний, 25.08.2014.

21. Грабовський О. В. Розробка методу оцінювання якості інформаційно-вимірювальних систем на основі використання генетичних алгоритмів : дис... канд. техн. наук: 05.01.02 / Грабовський Олег Вікторович; ОДАТРЯ. – Одеса, 2013. – 219 с.

Дата надходження в редакцію: 15.07.2015 р.

Рецензент: д.т.н., проф. О. О. Скопа