

Висновки. При аналізі результатів застосування мережі Кохонена у тестових задачах розпізнавання образів було встановлено, що використання модифікованого варіанта з двома додатковими компонентами навчальної множини дозволяє розпізнавати образи із лінійно залежними компонентами. Результати навчання значною мірою залежать від значень параметрів мережі (швидкості навчання, початкових значень вагових коефіцієнтів, періоду навчання і розміру сусідства).

1. Kohonen T. *Self-Organizing Maps* (2nd edition). — Springer Verlag, 1997. — 448 p.
 2. Ткаченко Р., Хаймуді Ель-Кхатір. Особливості застосування мереж Кохонена у задачах розпізнавання образів // *Технічні вісті* — 2002. — №№ 1(14), 2(15). — С. 110-113.
 3. Ткаченко Р.О., Юрчак І.Ю., Цимбал Ю.В. Нейтраційне навчання нейронних мереж прямого поширення // *Вісн. ДУ "Львівська політехніка"*. — 1999. — № 380. — С. 109-115.
 4. Rao V.B., Rao H.V. *C++ Neural Networks and Fuzzy Logic* (2nd edition) — New York, MIS Press, 1995.

УДК 657.471.012

Л.К. Гліненко, І.В. Атаманова, Т.А. Смердова
 Національний університет "Львівська політехніка",
 кафедра ЕЗІКТ

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕДУРИ ФВА ДЛЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

© Гліненко Л.К., Атаманова І.В., Смердова Т.А., 2003

Проаналізована існуюча технологія побудови функціонально-вартісної діаграми ФВА. Запропоновані шляхи удосконалення для складних систем.

Actual FCA technique for value-cost diagram creation is analyzed and proposed to be improved by function grouping and their values reduction.

Функціонально-вартісний аналіз виходить з того, що довільна технічна система (ТС) є лишень засобом реалізації певної функції для задоволення деякої потреби [1]. ТС моделюється у вигляді дерева функцій, причому для вартості кожної функції, що складається з вартості її носія та експлуатаційних витрат, існує межа «функціональної доцільності». Ця межа задається співвідношенням функціональної значущості (вагомості) внутрішніх функцій: чим більший внесок даної функції в реалізацію головної функції системи, тим більша частка витрат може припадати на дану функцію, і, таким чином, на її носія. За значущістю функції рангуються відповідно до ступеня безпосередньої участі в перетворенні об'єкта головної функції. Після розташування функцій у порядку монотонного спадання і присвоєння їм відповідних рангів границя функціональної значущості описується формулою:

$$W_i = \frac{2n}{i \sum_{i=1}^n i}, \quad (1)$$

де i — ранг функції, n — кількість функцій за умови, що ранги функцій індивідуальні.

Границя функціонально виправданих витрат на функцію задається кривою граничних витрат, яка є дзеркальним відбиттям кривої функціональної значущості окремих функцій [1]. Масштабування шкали вартостей здійснюється, виходячи з припущення, що в існуючій системі-прототипі витрати на функцію із середнім значенням функціональної значущості $W_j = W_{cp}$ збігаються з функціонально необхідними $C_j = C_{opt}$, де

$$W_{cep} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i = \frac{2}{\sum_{i=1}^n i} \sum_{i=1}^n \frac{1}{i}. \quad (2)$$

Сукупність кривої граничних витрат і гістограми реальних вартостей функцій, відкладених у відповідному масштабі, утворюють функціонально-вартісну діаграму. Функції, чії вартості потрапляють за межі кривої граничних витрат, вважаються надлишковими за вартістю. Вони утворюють так звану зону надлишкових витрат, а їх носії вважаються такими, що підлягають першочерговому вдосконаленню.

Практичній реалізації ФВА складних систем можуть перешкодити:

- ускладненість підтримки стандартними пакетами прикладних програм побудови функціонально-вартісної діаграми у класичному вигляді;
- складність рангування великої кількості функцій з наданням кожній з них окремого рангу.

Побудова як класичної функціонально-вартісної діаграми, так і діаграми за методом [2] передбачає надання кожній з функцій окремого рангу так, щоб ранги цих функцій створювали монотонний ряд натуральний чисел 1, ... n. У складних системах такий ряд рангів побудувати дуже складно і суб'єктивність експертної оцінки може призвести до спотворення результатів аналізу. У "функціональній" версії ФВА, запропонованій Литвином та Герасимовим [1], рангування функцій з такою точністю не проводиться — (ранг функції визначається виключно стосовно головної функції, а саме:

- 1) функціям, об'єкт яких збігається з об'єктом головної функції, надають ранг основних (О), тобто перший;
- 2) функціям, об'єктом яких є елементи-носії основних функцій, надають ранг першої допоміжної (Д*), що відповідає рангу 2;
- 3) функціям, об'єктом яких є елементи-носії функцій В, надають ранг другої допоміжної (Д**), що відповідає рангу 3 тощо.

Таке рангування може бути здійснено об'єктивно, проте фактично не дозволяє побудувати функціонально-вартісної діаграми, оскільки виникає значна кількість функцій з однаковими рангами, причому чим складніша система, тим більша повторюваність рангів функцій.

Для об'єднання можливостей обох версій ФВА нами був запропонований метод групування функцій однакових рангів. Ідея методу полягає в тому, що рангування поводить за методом Литвина і Герасимова, а однаковість отриманих рангів компенсується групуванням функцій зі збіжними рангами в окремі групи з наданням групі рангу її функцій. У цьому випадку для груп функцій повторюваності рангів немає, і стає можливою побудова класичної функціонально-вартісної діаграми, але не для окремих функцій, а для виділених груп. У результаті за діаграмою виявляється група функцій, що потрапляє в зону надлишкових витрат. Найбільш "витратну" функцію визначають декомпонуванням групи на функції з виділенням функції з найбільшою приведеною

вартістю. Якщо приведені вартості кількох функцій групи приблизно однакові, то для подальшого аналізу вибирається функція, що належить до блока з найменшим коефіцієнтом функціонального втілення. Останній визначається як співвідношення вартості функцій найвищого для даного блоку рангу (тобто основних для даного блоку) до вартості всіх функцій.

Для автоматизації побудови вартісної діаграми необхідно автоматизувати операцію масштабування осі вартості, вся решта операцій легко підтримуються пакетом Microsoft Excel. Для цього операцію дзеркального відбиття кривої функціональної значущості і ручне геометричне масштабування вартостей функцій доцільно замінити розрахунком так званих приведених вартостей. "Приведення" вартостей полягає у множенні вартостей всіх функцій на масштабний коефіцієнт приведення, величина якого підбирається таким чином, щоб приведена вартість функції з середньою вагомістю дорівнювала цій вагомості:

$$K_{np} = (W_i/W_i=W_{cp})/C_i \quad (3)$$

У цьому випадку крива функціональної значущості пройде для функції з середньою вагомістю крізь точку, що відповідатиме кривій допустимих витрат і, як наслідок, збігатиметься з кривою допустимих витрат. Гістограма приведених вартостей, накладена на цю криву, дозволить визначити зони надлишкових витрат, яким відповідатимуть функції, приведена вартість яких виходить за криву функціональної значущості.

Переваги застосування запропонованої методики проілюстровані на прикладі побудови функціонально вартісної діаграми такої широковідомої технічної системи, як стаціонарний дефібрилятор (рис. 1).

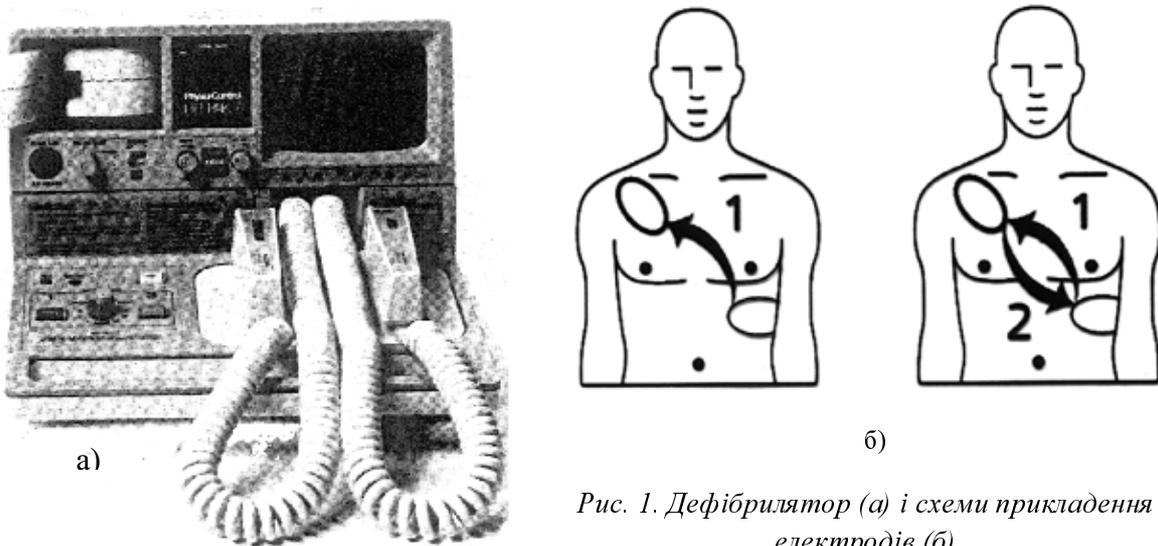


Рис. 1. Дефібрилятор (а) і схеми прикладення електродів (б)

Технічна система *дефібрилятор* призначена для поновлення роботи серця, що зупинилося або перестало працювати в нормальному ритмі. Пристрій може застосовуватися як для запуску серця, що зупинилося, так і для знімання аритмії. Виконання цих функцій забезпечується подачею електричного імпульсу певної форми і заданої енергії на серце за допомогою прикладених в певних місцях електродів (рис. 1) і здійсненням по серцю електричного удару.

Функціонально-вартісний аналіз проводиться на основі аналізу функціонально-вартісної діаграми, побудова якої неможлива без створення структурної та функціональної

схем, функціонально-елементної та функціонально-вартісної моделей, рангування функцій у межах отриманої функціональної моделі.

Спрощена електрична схема дефібрилятора наведена на рис. 2.

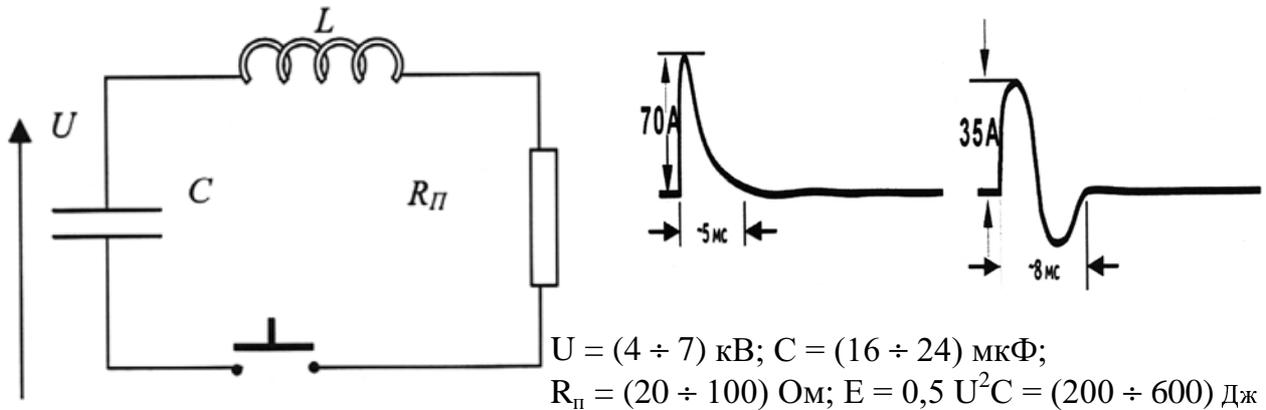


Рис. 2. Спрощена електрична схема і форма імпульсу дефібрилятора

Структурна схема класичного дефібрилятора наведена нижче, на рис. 3.

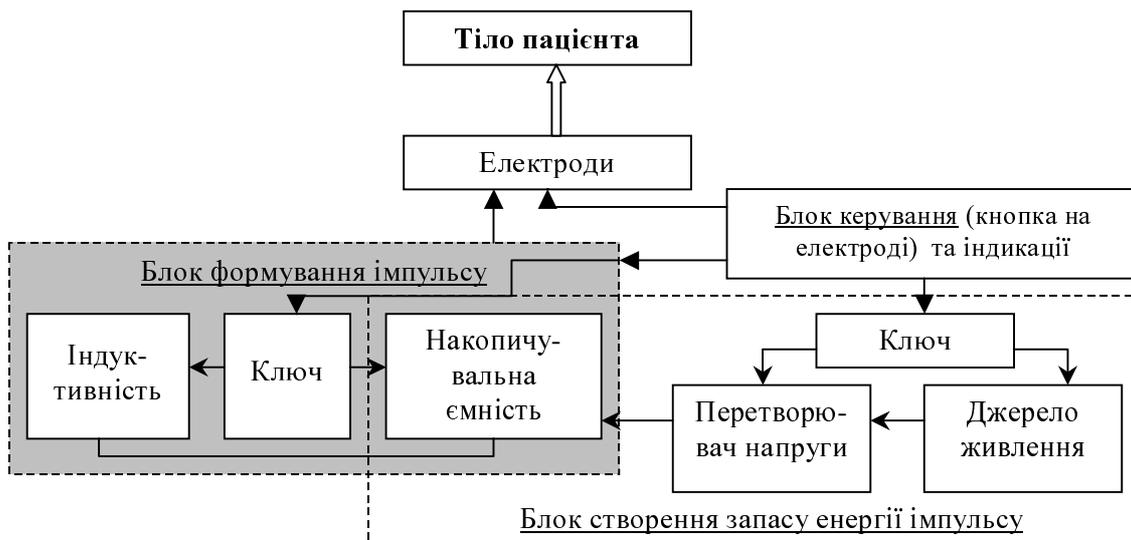


Рис. 3. Структурна схема дефібрилятора

Функціональна схема дефібрилятора наведена на рис. 4. На цій схемі: Ф1 — удар електричним імпульсом по серцю; Ф11 — подача на електроди необхідного імпульсу в необхідний момент часу; Ф12 — фіксація (утримання) електродів; Ф21 — створення необхідного запасу енергії для подачі імпульсу; Ф111 — забезпечення необхідного моменту подачі імпульсу; Ф1111 — визначення необхідного моменту натискання пускової кнопки на електродах; Ф1112 — натискання кнопки у визначений момент; Ф11121, Ф11122 — замикання ключів (реле) відповідно кіл формування імпульсу і кіл створення запасу енергії; Ф111211, Ф111221 — замикання цих же кіл при замиканні ключа і створення відповідно розряду між електродами та заряду на ємності; Ф112 — забезпечення форми імпульсу підбиранням величини індуктивності; Ф113 — забезпечення заданої енергії імпульсу вибором накопичувальної ємності C ; Ф1131 — зберігання запасу енергії; Ф211 — створення вихідної напруги U_0 ; Ф222 — перетворення величини напруги (підсилення) до заданої

величини U ; Φ_{223} — перетворення поданої на ємність напруги у запас енергії заданої величини $E = UC^2/2$. На схемі не вказані кабелі, що під'єднують елементи один до одного і забезпечують передачу електричного сигналу між елементами схеми (Φ_{31}), несучі конструкції і корпус, що забезпечують взаємне розташування елементів у пристрої та зручність транспортування та експлуатації, Φ_{41} . Не виділені окремо елементи індикації роботи блоків та їх функції, їх вартість не враховується під час проведення ФВА.



Рис. 4. Функціональна схема дефібрилятора

У реальних конструкціях дефібриляторів “джерело живлення” становить окрему підсистему в складі: перетворювачів AC/DC (змінна напруга (струм) \rightarrow постійна напруга (струм) (18 В) (3 шт.), який забезпечує перетворення змінного струму від мережі (220 В) в постійну напругу (18 В), яка подаватиметься на основний блок підсилення напруги від 18 В до 2,7 кВ, зображений на рисунку вище; акумулятора, який забезпечує живлення пристрою в разі відсутності мережі живлення; перетворювачів (постійна напруга \rightarrow постійна напруга) (± 15 В), які забезпечують перетворення постійного струму від акумулятора та від перетворювача AC/DC (18 В) в постійну напругу (15 В), яка подаватиметься на основний блок підсилення напруги від 18 В до 2,7 кВ, зображений на рисунку вище; ключів (реле), які замикають контури мережі живлення, акумулятора і забезпечують перемикання цих контурів залежно від того, звідки йде живлення.

Вартості елементів конструкції дефібрилятора в середньому складають: електроди пара — 55 грн.; високовольтні дроти — 25 грн.; корпус приладу — 60 грн.; несучі

конструкції, дроти — 50 грн.; ключі БФІ, БСЗЕ — по 55 грн.; індуктивність, 2 шт., — 300 грн. (за 1); перетворювач напруги (15-18В у 2,7 кВ) — 70 грн.; джерело живлення, в т. ч. перетворювач (підсилювач) (± 15 В), 3 шт., (за 1) — 95 грн.; перетворювач АС/DC (змінна напруга \rightarrow постійна напруга (18 В)) — 200 грн.; акумулятор — 320 грн.; ключі блоку живлення, 3 шт. (за 1) — 55 грн.

Функціонально-елементна і функціонально-вартісна моделі системи та результати рангування функцій за запропонованим методом наведені в табл. 1. Як видно з таблиці, наявність декількох блоків, що підтримують функції однакових рангів, призводить до наявності однакових рангів елементарних функцій, для яких і проведено обчислення вартості як вартості їх носіїв. Якщо один елемент виконує декілька функцій, то його вартість розподіляється між цими функціями у певному співвідношенні; для спрощення приймають, що цей поділ йде порівну між функціями.

Таблиця 1

Функціонально-елементна і функціонально-вартісна моделі системи та результати рангування функцій ТС “Дефібрилятор”

Позначення та зміст функції	Носій	Ранг функції	Вартість функції, грн.	Ранг в балах
Ф1 (ОФ). Пропускання електричного імпульсу заданої енергії і певної форми подаванням заряду на прикладені в певні місця тіла пацієнта електроди	Електроди, блок формування імпульсу	Основна функція (ОФ)		1
Ф13. Передача розряду на пацієнта	Електроди + високовольтні кабелі	Допоміжна функція (ДФ) 1-го рангу (ДФ1) по ОФ Ф1	75	2
Ф11. Створення потрібного імпульсу між електродами в потрібний момент часу	БФІ та блок керування (С, L, Rпац, ключ)	Основна функція по Ф1		1
Ф111. Забезпечення необхідного моменту подачі імпульсу	Блок керування (людина, кнопки)	Основна по ДФ1 Ф11, тобто ДФ1		1
Ф1111. Визначення необхідного моменту натискання кнопки пуску на електродах	Людина, давачі	Основна по ДФ1 Ф111, тобто ДФ1		1
Ф11121. Замикання ключа кола формування імпульсу у визначений момент	Ключ кола 1	Допоміжна по ДФ2 Ф111211, тобто ДФ3	55/2	4
Ф111211. Замикання кола формування імпульсу при замиканні ключа і створення відповідно розряду між електродами	Ключі кола 1, дроти (кабелі)	Допоміжна по ДФ1 Ф111, тобто ДФ2	55/2 +30/3	3

Продовження табл. 1

Ф1112. Натискання кнопки у визначений момент	Людина	Основна по ДФ1 Ф111, тобто ДФ1		2
Ф11122. Замикання ключа (реле) кола створення запасу енергії	Ключі кола 2	Допоміжна по ДФ2 Ф111221, тобто ДФ3	55/2	4
Ф111221. Замикання кола створення запасу енергії при замиканні ключа і створення заряду на ємності	Ключі кола 2, дроти (кабелі)	Допоміжна по ДФ1 Ф21, тобто ДФ2	55/2 +30/3	3
Ф112. Створення заданого імпульсу	Коло формування імпульсу	Основна по ДФ1 Ф11, тобто ДФ1		1
Ф1121. Забезпечення форми імпульсу підбиранням величини індуктивності	Індуктивність	Основна по ДФ1 Ф112, тобто ДФ1	600(2*300)	1
Ф1122. Забезпечення енергії імпульсу вибором накопичувальної ємності С	Ємність	Основна по ДФ1 Ф112, тобто ДФ1	210/3	1
Ф1131. Зберігання запасу енергії	Ємність	Допоміжна по ДФ1 Ф112, тобто ДФ2	210/3	2
Ф12. Фіксація (утримання) електродів	Людина або фіксатори	Допоміжна по ДФ1 Ф13, тобто ДФ2		3
Ф21. Створення необхідного запасу енергії для подачі імпульсу	БСЗЕ	Допоміжна по ДФ1 Ф11, тобто ДФ2		3
Ф211. Створення вихідної напруги U_0	Джерело живлення	Допоміжна по ДФ2 Ф21, тобто ДФ3	320 (ак) 470	4
Ф222. Перетворення величини напруги (підсилення) до заданої величини U	Перетворювач-підсилювач	Допоміжна по ДФ2 Ф21, тобто ДФ3	270	5
Ф223. Перетворення поданої на ємність напруги у запас енергії заданої величини $E = UC^2/2$, зарядка ємності	Ємність	Основна по ДФ2 Ф21, тобто ДФ2	210/3	3
Ф224. Замикання кола живлення	Ключ	Допоміжна по ДФ2 Ф21, тобто ДФ3	55	6
Ф31. Передача електричного сигналу між елементами схеми. Забезпечення розташування елементів у пристрої	Кабелі, дроти, несучі конструкції	Допоміжна по ДФ2 Ф111211 та інших, тобто ДФ3	30 (30/3+20)	7
Ф41. Забезпечення цілісності та зручності експлуатації ТС	Корпус	ДФ4	60	8

Згідно із запропонованим нами методом, замість спроби уточнити ранг окремих функцій 2-го (найнижчого) рівня ієрархії (рівень елементів) з тим, щоб надати їм ранги від 1 до 17, проведемо групування функцій з однаковим рангом і побудуємо функціонально-вартісну діаграму для груп функцій. Результати групування наведені в табл. 2. Вартість групи функцій визначено як суму вартостей функцій у складі групи, вагомість функцій обчислена за формулою (2).

Таблиця 2

Вартості і ранги груп функцій

Група функцій	Склад функцій групи	Ранг групи	Вагомість	Вартість, грн.
Ф1р	Ф1111, Ф1121, Ф1122	1	0,556	420
Ф2р	Ф13, Ф1112, Ф1131	2	0,278	145
Ф3р	Ф111211, Ф223, Ф111221, Ф12	3	0,185	145
Ф4р	Ф11121, Ф11122, Ф211	4	0,139	845
Ф5р	Ф222	5	0,111	270
Ф6р	Ф224	6	0,093	55
Ф7р	Ф31	7	0,079	30
Ф8р	Ф41	8	0,069	60

Розрахунок середньої вагомості за формулою (2) дає $W_{cp} = 0,185$, і за функцію зі збалансованими витратами приймається група Ф3р. Оскільки для Ф3р приведена вартість дорівнює вагомості, то $K_{пр} = W_{Ф3р}/C_{Ф3р} = 0,001277$. Множення на $K_{пр}$ всіх вартостей груп функцій дає приведені вартості, для яких і будується функціонально-вартісна діаграма; криву граничних витрат в цьому випадку задає крива вагомостей груп функцій. Результат такої побудови в Microsoft Excel наведений нижче.

З рис. 5 видно, що в зоні надлишкових витрат опинилися групи функцій Ф1, Ф4 та Ф5. Результат декомпонування їх вартостей на вартості окремих функцій наведений нижче, на рис. 6.

Як видно з рис. 6, основні надлишкові витрати пов'язані з функцією Ф211, $W_{пр}=1,009$ проти 0,035 у інших функцій групи Ф4р; Ф222 та Ф1121, $W_{пр} = 0,77$ проти 0,09 у Ф1122. Відповідно з точки зору надлишковості витрат вдосконаленню в першу чергу підлягають саме ці функції та їх носії (табл. 1) - індуктивності та перетворювачі напруги. Альтернативою може бути забезпечення форми імпульсу безіндуктивнісним контуром (наприклад, на тиристорах) та зменшення кількості перетворювачів в БСЗ.

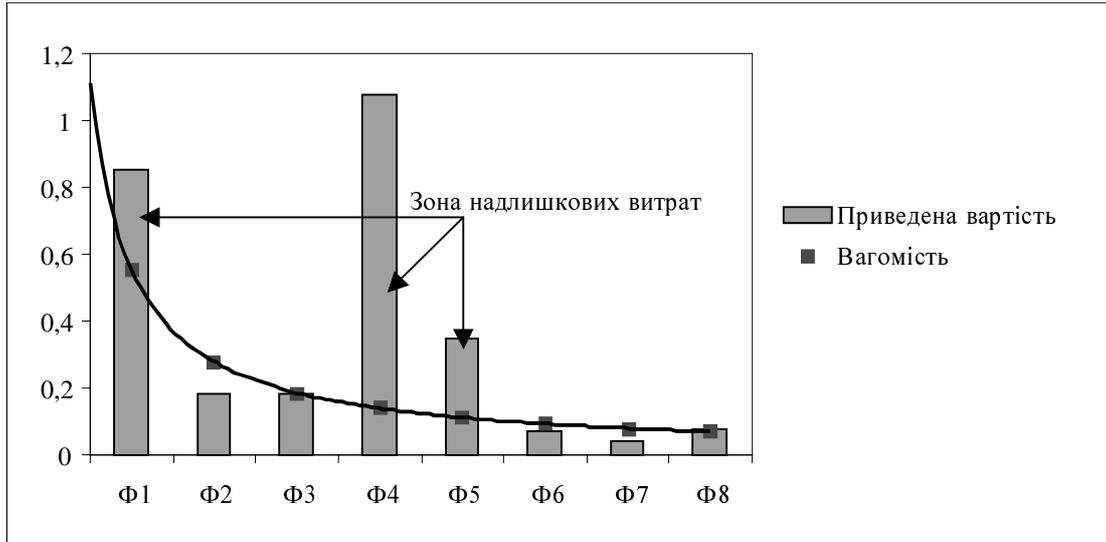


Рис. 5. Функціонально-вартісна діаграма для груп функцій

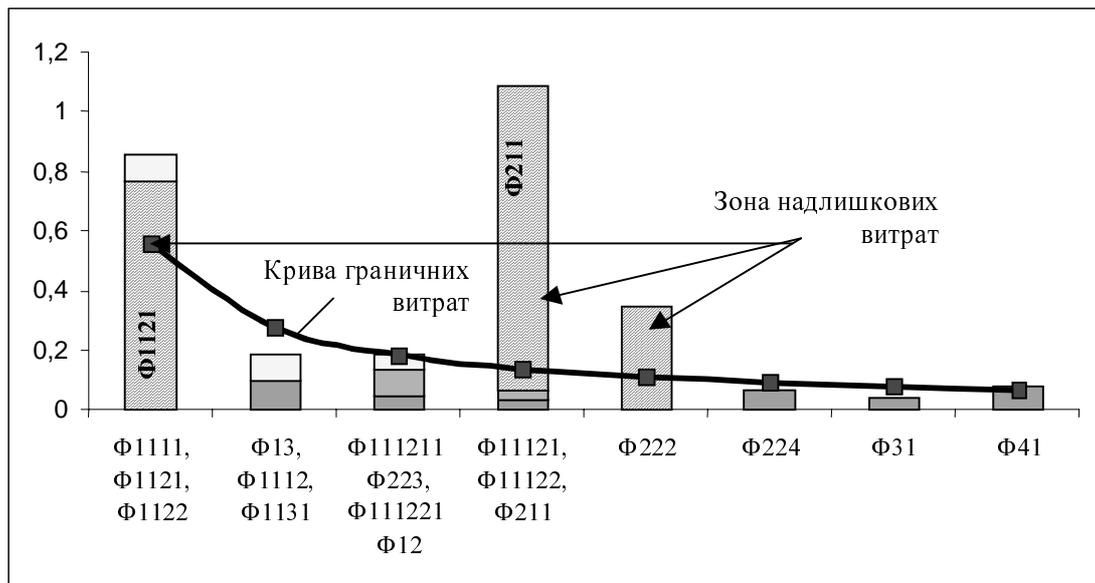


Рис. 6. Функціонально-вартісна діаграма для окремих функцій

Висновки. Наведений приклад побудови функціонально-вартісної діаграми свідчить про те, що застосування запропонованих нами методів заміни реальної вартості функцій їх приведеними вартостями та групування функцій однакової вартості спрощує побудову функціонально-вартісної діаграми, прискорює процедуру проведення ФВА складних систем і збільшує об'єктивність аналізу.

1. Гліненко Л.К., Смердов А.А., Вибойцик О.М. *Моделювання евристичних задач проектування*. Львів; 1997. 2. Гліненко Л.К., Атаманова І.В. *Оцінка структури системи за критерієм функціональної доцільності витрат* // *Вісн. НУ «Львівська політехніка»*. 2001. — № 415. — С. 3–7.