

РОЗДІЛ II. ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

DOI: 10.25140/2411-5363-2022-1(27)-108-124

УДК 004.94

**Світлана Корнієнко¹, Ігор Корнієнко², Володимир Дмитрієв³,
Анатолій Павленко⁴, Дмитро Камак⁵**

¹кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри кібербезпеки та математичного моделювання
Національний університет «Чернігівська політехніка» (Чернігів, Україна)

E-mail: cornel@ukr.net. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9162-1229>
ResearcherID: [AAV-4708-2020](https://orcid.org/0000-0002-9162-1229). SCOPUS Author ID: [57219057983](https://orcid.org/0000-0002-9162-1229)

²кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри геодезії, картографії та землеустрою
Національний університет «Чернігівська політехніка» (Чернігів, Україна)

E-mail: cornel@ukr.net. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9105-0780>
ResearcherID: [F-7236-2017](https://orcid.org/0000-0001-9105-0780). SCOPUS Author ID: [57219054966](https://orcid.org/0000-0001-9105-0780)

³доктор технічних наук, старший науковий співробітник,
лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, заступник начальника інституту з наукової роботи
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки
(Чернігів, Україна)

E-mail: vadmitriev@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0792-6397>
SCOPUS Author ID: [57219049932](https://orcid.org/0000-0002-0792-6397)

⁴кандидат технічних наук, начальник науково-організаційного відділу
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки (Чернігів, Україна)

E-mail: agpav@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6341-8381>
SCOPUS Author ID: [57219056002](https://orcid.org/0000-0001-6341-8381)

⁵начальник науково-дослідного відділу
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки (Чернігів, Україна)

E-mail: dkam@meta.ua. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0348-5456>
SCOPUS Author ID: [57219057496](https://orcid.org/0000-0003-0348-5456)

ОЦІНКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПОВ'ЯЗАНОСТІ ПРОЦЕСІВ ПРИ ФУНКЦІОНАЛЬНОМУ МОДЕЛЮВАННІ СИСТЕМИ ВИПРОБУВАНЬ

У статті розглянуто питання оцінки функціональних моделей на передпроектному етапі. Запропоновано спосіб оцінювання пов'язаності процесів при функціональному моделюванні складних систем за допомогою графічної нотації IDEFO з використанням засобів автоматизованого проектування. Оцінка має чіткі логічні межі й чутлива до зміни параметрів оцінюваної моделі. Зважаючи на різну важливість зв'язків, що передбачено інтерфейсом графічної нотації IDEFO, запропоновано використання шкали вагомості типу зв'язку, що забезпечує відображення в оцінці пов'язаності функцій сильних або слабких типів зв'язків і, відповідно, успішності й раціональності конфігурації функціональної моделі.

Ключові слова: випробування; автоматизація; оцінка; інформаційна пов'язаність; функціональна модель.

Табл.: 5. Рис.: 3. Бібл.: 30.

Актуальність теми дослідження. Проведення випробувань зразків озброєння та військової техніки (ОВТ) являє собою складний багатоетапний процес перевірки відповідності виробу заявленим тактико-технічним характеристикам. Здебільшого процес випробувань складається з декількох етапів: підготовки до випробувань, безпосередньо випробувань, обробки одержаних результатів і складання актів випробувань та іншої звітної документації. Успішність виконання етапів випробувань, які визначаються критеріями своєчасності й достовірності одержаних результатів, переважно визначається належною інформаційною підтримкою на всіх етапах та налагодженням внутрішньосистемних процесів документообігу та обміну інформацією.

Постановка проблеми. Для вирішення завдань всебічної інформаційної підтримки випробувань зразків ОВТ у Державному науково-дослідному інституті випробувань і сертифікації ОВТ (ДНДІ ВС ОВТ) розпочата розробка автоматизованої інформаційної системи супроводження випробувань ОВТ. Початкові етапи створення інформаційних

систем передбачають проведення системного аналізу інформаційних процесів, які відбуваються в системі. Однією з перевірених технік системного аналізу є SADT функціональне моделювання систем за допомогою нотації IDEF0 (і відповідними доповненнями IDEF1x, DFD, STD тощо) з використанням засобів автоматизації.

Проведене функціональне моделювання системи випробувань зразків ОВТ вирішило низку завдань системного аналізу інформаційних процесів, а саме дозволило визначити структуру інформаційних потоків і ресурсів, встановити носії інформації та їх маршрутизацію, сформулювати потреби в інформації для різних компонентів аналізованої системи та/або різних процесів (функцій), визначити системні ознаки проявів і впливів інформаційних потоків на ефективність функціонування системи. Проте невирішеним залишилося питання комплексної оцінки конфігурації функціональної моделі. Потреба в таких оцінках може виникнути під час вибору альтернативного варіанта функціональної моделі на етапах оптимізації і модернізації системи з метою підвищення ефективності її функціонування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасний стан нормативної бази випробувань ОВТ включає в себе низку документів, правил та методичних вказівок [1-9], які регламентують загальний порядок випробування зразків ОВТ на всіх етапах їх життєвого циклу в частині міжвідомчої взаємодії при організації і проведенні випробувань, прав і обов'язків сторін такої взаємодії, чіткої регламентації форми і змісту документації, стандартизації способів дослідження зразка ОВТ тощо. Однак залишається певна ступінь свободи в частині організації випробувальної діяльності й методичних підходів до неї безпосередньо в ДНДІ ВС ОВТ [10-11]. Успішність і системність процесів управління випробувальною діяльністю на цій ланці певною мірою впливає на рівень обороноздатності держави [12], що забезпечує актуальність інтересу до проблеми оптимізації системи випробувань. Існує чимала кількість досліджень з цих питань, наприклад, у [13-16] розглянуто низку проблем, які пов'язані з організацією, підготовкою та проведенням випробувань. У [17] авторами досліджено модель системи випробувань ОВТ, а у [18] представлено концептуальну модель автоматизованої інформаційної системи супроводження випробувань ОВТ. Створення такої інформаційної системи передбачає функціональне моделювання, дослідження і аналіз усіх інформаційних процесів у системі випробувань.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Техніка функціонального моделювання систем SADT, що представлена нотацією IDEF0, добре зарекомендувала себе під час проведення декомпозиції і системного аналізу інформаційних потоків та інформаційних ресурсів. Чисельні приклади реалізації SADT у програмних комплексах, зокрема у програмному продукті ERwin, який використовували автори, дозволяють автоматизувати більшість процесів функціонального моделювання, надають максимально зручний інтерфейс (що дозволяє досліднику зосередитись на основних задачах системного аналізу), мають гнучкі налаштування функцій та виводять у зручному вигляді результати моделювання та повну статистичну інформацію. Проте зазначена нотація, як і програмні комплекси, що її реалізують, не дають яких-небудь висновків щодо ефективності створеної функціональної моделі (сили або слабкості, вдалості, гнучкості або керованості тощо). Такою оцінкою може бути ступінь інформаційної пов'язаності процесів на різних етапах випробування та в системі випробувань загалом, а також ступінь керованості процесів випробувань.

Мета дослідження. На основі результатів функціонального моделювання, статистичних звітів, які надаються програмним продуктом ERwin, розробити спосіб оцінювання функціональної пов'язаності моделі складної системи та ступеня її керованості.

Виклад основного матеріалу. Системний аналіз інформаційних процесів і потоків у складних системах є обов'язковою процедурою при синтезі автоматизованих інформаційних систем. Незважаючи на різні цілі такого аналізу (що можна побачити на прикладі [19; 20; 24-30]), різні методи та методик, що використовуються у процесі аналізу, або різноманітність, різноплановість чи комплексність аналізованих складних систем, кінцевою метою є підвищення ефективності їх функціонування.

Проведене функціональне моделювання системи випробування ОВТ у межах випробувальної організації (з урахуванням діючих національних законодавчих і нормативних регламентних документів, стандартів, норм і методик [1-9]) дозволило визначити загальносистемні характеристики інформаційних потоків, а саме: тип інформаційного зв'язку між процесами випробування (функціями моделюваної системи); потребу в інформаційному супроводженні на різних етапах проведення випробувань ОВТ; ступінь важливості інформаційного ресурсу для процесу випробування. Для аналізу створеної функціональної моделі системи випробувань всі інформаційні потоки (зв'язки) були класифіковані на зовнішньосистемні (граничні) і внутрішньосистемні. З огляду на нотацію IDEF0, усі зв'язки між функціями можуть мати чотири призначення, бути входом (Input) або виходом (Output) функції, керувати функцією (Control) або забезпечувати її виконання (Mechanism).

Зауважимо, що в аналізованій системі випробувань як граничні, так і внутрішньосистемні зв'язки мають суто інформаційний або змішаний характер (з певною інформаційною складовою). Наприклад (рис. 1), граничний зв'язок «Випробувальний зразок» несе інформаційний вміст як у вигляді досліджуваного зразка ОВТ, так і у технічній документації на зразок та іншій супровідній документації; зв'язок «Персонал» несе як механізм, завдяки якому виконуються функції, так і певний інформаційний контент у вигляді «знань», «накопиченого досвіду», «навичок випробувальної діяльності» тощо, від якого великою мірою залежить успішність та ефективність виконання функцій системи випробувань.

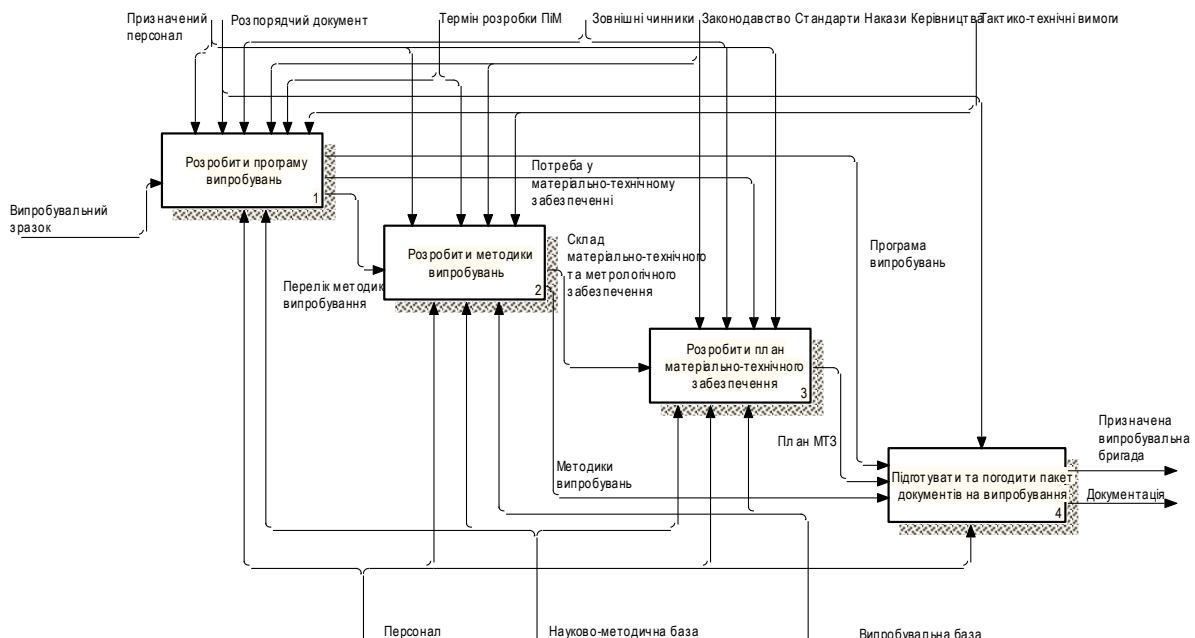


Рис. 1. Діаграма процесу підготовки документації підготовчого етапу випробувань
Джерело: розроблено авторами.

На основі сформованих у ERwin звітів щодо граничних зв'язків була виконана кількісна оцінка затребуваних інформаційних ресурсів на різних етапах випробування (табл. 1).

Таблиця 1

Перелік та характеристика граничних зв'язків функціональної моделі випробувань ОВТ

Назва зв'язку	Тип зв'язку	Кількість процесів (функцій) одержувачів / джерел	Потреби на основних етапах випробування			
			Підготовчий етап	Практичні випробування	Обробка даних	Складання акта
Випробувальна база	Mechanism	11	9	2		
Випробувальний зразок	Input	14	10	4		
Законодавство, стандарти, накази керівництва	Control	16	13	2		1
Зовнішні чинники	Control	11	7	4		
Матеріальні ресурси	Mechanism	2		2		
Науково-методична база	Mechanism	20	16		4	
Персонал	Mechanism	65	45	15	4	1
Розпорядчий документ	Control	4	3	1		
Тактико-технічні вимоги	Control	9	7		2	
Акт про випробування	Output	1				1
Кількісна оцінка затребуваності інформаційного супроводження випробування	Абсолютна	153	110	30	10	3
	Відносна	1,00	0,71	0,20	0,07	0,02

Джерело: розроблено авторами.

Така оцінка характеризує інформаційну потребу різних етапів випробування, але не визначає важливості інформаційного супроводження та вагомості інформаційних зв'язків. Оцінка може бути корисною для визначення ступеня автоматизації інформаційного супроводження в різних частинах функціональної моделі (у нашому випадку на різних етапах проведення випробування).

Для внутрішньосистемних функціональних зв'язків, які визначають ступінь і характер пов'язаності процесів (функцій), порядок та процедурність виконання завдань у системі, розробники нотації IDEF0 запропонували власну шкалу оцінювання їх важливості (табл. 2). Найвагомими зв'язками зазначені функціональні, послідовні та комунікативні зв'язки. Менш важливими зв'язками при функціональному моделюванні є процедурні, часові, логічні й випадкові. Наведені в табл. 2 оцінки важливості зв'язків (від 0 до 6) є скоріше декларативними, ніж придатними для оцінювання конфігурації функціональної моделі, проте їх можна використовувати для порівняльної оцінки внутрішньосистемної пов'язаності функцій для декількох альтернативних варіантів конфігурації зв'язків.

Таблиця 2

Характеристика зв'язків функціональної моделі і моделі даних

Вагомість	Тип зв'язності	Характеристика	Для функцій нотації IDEF0 (функціональне моделювання системи)	Для даних нотації IDEF1X (модель даних, що є еквівалентною реляційній моделі бази даних)
1	2	3	4	5
0	Випадкова	Безпосередній зв'язок між функціями малий або відсутній (дуги до/від функцій мають різні імена)	Випадкова	Випадкова
1	Логічна	Дані та функції належать до одного класу або набору елементів без функціонального зв'язку між ними	Функції тієї ж самої множини або класу	Дані тієї ж самої множини або класу
2	Часова	Дані та функції пов'язані в часі і/або використовуються (або виконуються) одночасно	Функції того ж самого періоду	Дані, що використовуються в одному часовому інтервалі

Закінчення табл. 2

1	2	3	4	5
3	Процедурна	Функції або дані є згрупованими внаслідок їх виконання (використання) в одному циклі (процесі)	Функції, що виконуються в одному циклі	Дані, що використовуються в одному циклі
4	Комунікаційна	Функції використовують (продукують) ті ж самі дані, або дані виробляються (споживаються) тією ж самою функцією (виду OUTPUT – (INPUT_1, INPUT_2, ..., INPUT_n))	Функції, використовують ті ж самі дані	Дані, на які впливає та сама функція
5	Послідовна	Послідовний зв'язок між функціями (даними) (виду OUTPUT – INPUT)	Функції, що виконують послідовні перетворення тих самих даних	Дані, які послідовно перетворюються функціями
6	Функціональна	Керування функції іншою функцією без інших типів зв'язку (виду OUTPUT – CONTROL)	Функції, які об'єднані для виконання одного процесу	Дані, які пов'язані з однією функцією

Джерело: розроблено авторами.

Питанням зв'язності розподілених структур присвячено чимало робіт, наприклад [19-25], де пропонується використання наближених методів визначення оцінок. Застосування наближених методів виправдано суттєвим спрощенням розрахунків і достатньо малою похибкою. Проте сучасні методи автоматизованого проектування дозволяють суттєво спростити задачу одержання оцінок. Проектування функціональної моделі в програмному продукті ERwin дозволяє сформувати статистичні звіти за багатьма параметрами моделі, зокрема й за міжфункціональними зв'язками. І хоча призначення цих звітів є документування результатів моделювання, їх можна використовувати для оцінки внутрішньосистемної пов'язаності функцій.

Крім того, зв'язки, що розглядалися у роботах [19-25], мають імовірнісний характер, що є неприйнятним для нашого випадку, де зв'язки мають переважно детермінований характер, а стохастичний фактор визначається через вплив зовнішнього середовища (зовнішніх чинників) на успішність виконання функцій. Детерміновані оцінки зв'язності графів, такі як вузлова зв'язність або реберний переріз, не можна застосувати через те, що вони призначені для встановлення мінімальної кількості вершин або ребер для перетворення зв'язного графа в незв'язний, і не відповідають нашій меті оцінювання розвиненості зв'язків у функціональній моделі.

Розглянемо проблему оцінки пов'язаності функцій з погляду визначення кількісного показника, що характеризуватиме розвиненість зв'язків між функціями системи. Якщо вважати, що всі зв'язки мають рівну вагу, то простішою оцінкою пов'язаності є їх щільність C_l , тобто середня кількість зв'язків, що припадає на окрему функцію:

$$C_l = \frac{N_l}{n}, \quad (1)$$

де N_l – загальна кількість зв'язків функціональної моделі; n – загальна кількість функцій функціональної моделі. У такому вигляді оцінка пов'язаності дає певну характеристику функціональної моделі, але є корисною лише при порівнянні варіантів розробки функціональної конфігурації однієї системи.

Визначимо потенційні межі існування оцінки (1). Якщо припустити, що одна функція повинна мати мінімум 2 зв'язки (дуги), що приєднані до неї (наприклад, вхід і вихід), але перша й остання функція матимуть по одному внутрішньосистемному інтерфейсному зв'язку (інші належать до граничних зв'язків), то справедливим є співвідношення кількості внутрішньосистемних зв'язків N_l : $N_l + 1 \geq n$. Таке припущення є справедливим з міркувань,

що функція не існує сама по собі і має перетворювати вхідну інформацію (продукт, енергію тощо) у вихідну. Тоді мінімальне значення, яке може прийняти оцінка (1) при зростанні кількості функцій становитиме $C_l \geq \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{N_l}{n} \right) = 1$. Зауважимо, що оцінка (1) стосується лише внутрішньосистемних зв'язків, якщо функціональна модель матиме мінімум 2 граничних зв'язка $N_{l_{ext}}$, які з'єднують систему з навколишнім середовищем, то: $N_l + N_{l_{ext}} > n$.

Визначимо потенційну верхню межу оцінки (1). Якщо вважати, що між двома функціями може існувати лише 1 зв'язок (еквівалент неорієнтованого графа), то максимальна кількість внутрішньосистемних зв'язків становитиме $N_l = \frac{n(n-1)}{2}$. Проте, невиключним є варіант, коли функції пов'язані як прямим, так і зворотнім зв'язком, і якщо це весь набір зв'язків, що може існувати між двома функціями, то максимальна кількість внутрішньосистемних зв'язків становитиме $N_l = n(n-1)$. При розгляді функціональної моделі за нотацією IDEF0 кожна функція має 3 входи і 1 вихід. Відповідно можна вважати, що потенційно можлива кількість прямих зв'язків між функціями становитиме три прямих і три зворотних зв'язка, і тоді кількість внутрішньосистемних зв'язків буде обмежена зверху величиною:

$$N_l \leq 3n(n-1). \quad (2)$$

Обмеженням для виконання нерівності (2) є те, що не може існувати дублюючих зв'язків, тобто може існувати лише один зв'язок між конкретним інтерфейсним виходом функції і конкретним інтерфейсним входом функції, і всі можливі дані (продукти, енергії тощо) групуються у один потік.

Тоді, оцінка (1) матиме межі: $1 < C_l \leq 3(n-1)$. Якщо оцінку (1) розглянути в границі, за умови що $n \rightarrow \infty$, то $C_l \in (1; \infty)$. Такий інтервал існування оцінки не є зручним при порівнянні ступеня пов'язаності функцій у функціональних моделях різної розмірності. Інакше можна запропонувати обернену оцінку (1), тоді її границі будуть знаходитись у межах: $\frac{1}{C_l} \in (0; 1]$. Знаходження оберненої оцінки біля одиниці буде визначати мінімально

можливу кількість зв'язків у функціональній схемі; при її прямуванні до нуля кількість зв'язків зростатиме. Таке представлення зв'язності дещо суперечливо, оскільки природним для розуміння є сенс збільшення оцінки при збільшенні функціональних зв'язків. З урахуванням границь зворотної оцінки (1), можна представити оцінку зв'язності як

$$Q_l = 1 - \frac{1}{C_l} = \frac{N_l - n}{N_l}, \quad (3)$$

при цьому $Q_l \in [0; 1)$. Тоді за мінімально можливої кількості зв'язків оцінка дорівнюватиме нулю, а при зростанні кількості зв'язків оцінка прагнучиме до 1. Окремо зауважимо, що оцінка (3) матиме сенс тільки за двох умов:

- 1) $N_l \geq n$;
- 2) оцінка буде точнішою при $n \rightarrow \infty$.

Оскільки кількість внутрішньосистемних зв'язків визначається нерівністю $N_l + 1 \geq n$, то потенційно може існувати випадок, коли кількість внутрішньосистемних зв'язків виявиться меншим за кількість функцій, і оцінка матиме від'ємне значення. Для усунення цього представимо оцінку (3) у такому вигляді:

$$Q_l = \frac{(N_l + 1) - n}{N_l}. \quad (4)$$

Додана одиниця не матиме суттєвого впливу при достатньо великих значеннях N_l , і не вноситиме значну похибку у величину Q_l .

Для підтвердження цього припущення, дослідимо поведінку оцінки (4) при різних значеннях кількості функцій n і кількості зв'язків N_l . Потенційно можливі значення мінімальної і максимальної кількості зв'язків для різної кількості функцій наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Вихідні дані для аналізу оцінки пов'язаності функцій у функціональній моделі IDEF0

n	$N_{l\min}$	$N_{l\max}$
2	1	6
5	4	60
10	9	270
100	99	29700

Джерело: розроблено авторами.

Результати обчисленої оцінки пов'язаності функцій для функціональних моделей з різною кількістю функцій представлені на рис. 2. Для зручності аналізу вісь кількості зв'язків N_l взята у логарифмічному масштабі.

З рис. 2 можна побачити, що потенційне наближення оцінки до одиниці можливе при достатньо великій кількості функцій. З іншого боку, технологія IDEF0 призначена для моделювання складних систем, які мають достатньо складну структуру. Наприклад, моделювання системи випробувань з декомпозицією функцій до 2-4 рівня ієрархії (яке можна вважати початковим етапом аналізу) налічує 88 функцій. Тому, на нашу думку, справедливо, що певна обмеженість у досягненні верхньої межі оцінки при малих кількостях функцій не впливатиме при аналізі складних функціональних моделей.

Також із графіків рис. 2 видно, що поведінка оцінки, яка задається кривизною графіків, однакова для різних значень n і N_l , що свідчить про можливість її застосування при порівнянні пов'язаності функцій для моделей різного масштабу і складності (на графіку логарифмічний характер осі кількості зв'язків N_l зводить розкид між максимальною і мінімальною кількістю функціональних зв'язків до одного масштабу).

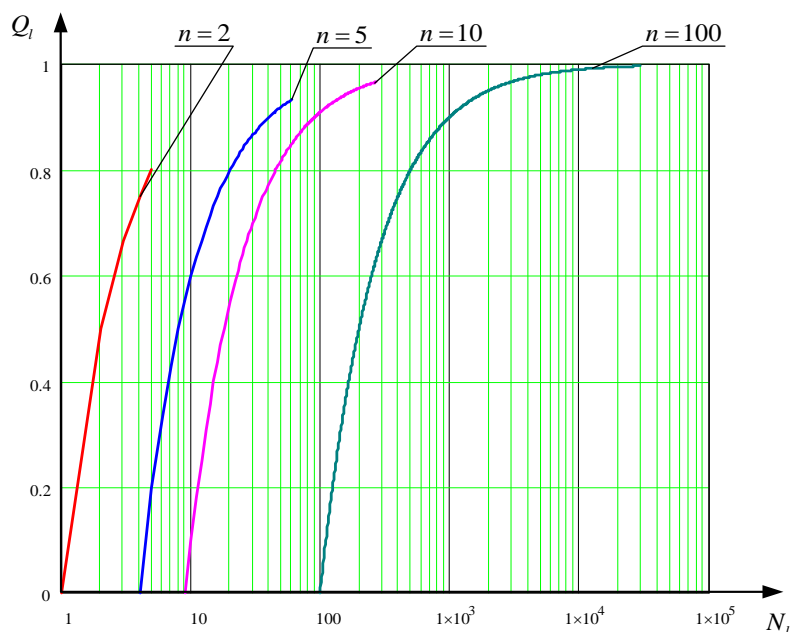


Рис. 2. Значення Q_l для різної кількості функцій n і кількості зв'язків N_l

Джерело: розроблено авторами.

Отже, одержана оцінка (4) може бути використана для оцінки пов'язаності функцій, проте, при її формуванні було здійснене припущення щодо рівнозначності міжфункціональних зв'язків. Але, як визначалося у постановочній частині статті, для оцінки найбільш керованої структури (структури з найсильнішими зв'язками) існує потреба розрізнити тип функціонального зв'язку та визначити найсильнішу пов'язаність функцій (навіть за умови однакової кількості зв'язків). Розробники технології IDEF0 рекомендували при моделюванні звертати увагу на вагомість того чи іншого типу зв'язку, які або посилюють функціональну структуру, або навпаки послаблюють її (див. табл. 2). Таке посилення або послаблення можна враховувати через привласнення зв'язкам певної ваги. У табл. 2 розробники умовно навели вагомість типу зв'язків у шкалі 0...6. Насправді на етапі функціонального моделювання системи, достатньо складно об'єктивно оцінити вплив того чи іншого типу зв'язку на ефективність функціонування системи і сформувати шкалу коефіцієнтів, яка однозначно визначатиме «корисність», «шкідливість» або «нейтральність» зв'язку, а тим більше величину їх впливу на ефективність розподіленої системи [19; 25]. Але, якщо вважати, що є певний «серединний» стан функціональної моделі системи, який можна покращувати або погіршувати за рахунок введення «сильних» або «слабких» зв'язків, то можна спробувати скористатися шкалою, що пропонується розробниками IDEF0. Прийmemo, що «процедурний» тип зв'язності є тим типом зв'язку, що приводить систему в «серединний» стан (табл. 4).

Таблиця 4

Відповідність вагомості типу зв'язності IDEF0 та ваги зв'язку при визначенні оцінки пов'язаності функцій

Вагомість IDEF0	Тип зв'язку	Вага зв'язку при визначенні оцінки пов'язаності функцій, ω		
		Масштаб співвідношення шкал $m = 1$	Масштаб співвідношення шкал $m = 0,5$	Масштаб співвідношення шкал $m = 2$
0	Випадкова	1/4	1/2	1/8
1	Логічна	1/3	2/3	1/6
2	Часова	1/2	5/6	1/4
3	Процедурна	1	1	1
4	Комунікаційна	2	4/3	4
5	Послідовна	3	5/3	6
6	Функціональна	4	2	8

Джерело: розроблено авторами.

Тобто процедурний тип зв'язку, за такого представлення, є типом зв'язку, що не посилює і не послаблює функціональну систему, відповідно його вага $\omega = 1$. Тоді інші типи зв'язків, додають, або віднімають користь. Далі можна скористатися шкалою розробників нотації IDEF0, при цьому, найсильніший тип зв'язку – «функціональний» матиме вагу $\omega = 4$, а найслабкіший – «випадковий»: $\omega = 1/4$. Складність оцінювання також полягає у визначенні величини впливу того чи іншого типу зв'язку на ефективність функціонування системи, і, не виключно, що величина впливу залежатиме від природи моделюваної системи; тобто зв'язки двох однакових по структурі функціональних моделей, але різних за призначенням (сферами застосування) можуть мати докорінно різну впливовість на ефективність функціонування системи. Для відображення «послаблення» або «посилення» впливу зв'язків можна ввести масштаб співвідношення шкал IDEF0 і ваги зв'язку при визначенні оцінки пов'язаності функцій (вага зв'язку при різних значеннях масштабу наведена в табл. 4). Тоді оцінка (4), яка враховує тип зв'язності матиме вигляд:

$$Q_i = \frac{m \sum_{i=1}^{N_i} \omega_i + 1 - n}{m \sum_{i=1}^{N_i} \omega_i}, \quad (5)$$

де m – масштаб співвідношення шкал IDEF0 і ваги зв'язку при визначенні оцінки пов'язаності функцій, ω_i – вага зв'язку i -го типу.

Зауважимо, що оцінка (5) матиме границі $Q_i \in [0; 1)$ за умови, що загальна кількість «сильних» зв'язків буде більше, ніж кількість «слабких» зв'язків, що завжди відбувається на практиці при функціональному моделюванні систем. Запропоновані коефіцієнти типу зв'язності не є остаточними і достеменно справедливими, але певним чином враховують вплив чисельності, конфігурації і типу функціональних зв'язків.

Дослідимо поведінку оцінки функціональної пов'язаності моделі при зміні типу зв'язків. Для цього побудуємо залежність оцінки від типу зв'язку та загальної кількості зв'язків (рис. 3).

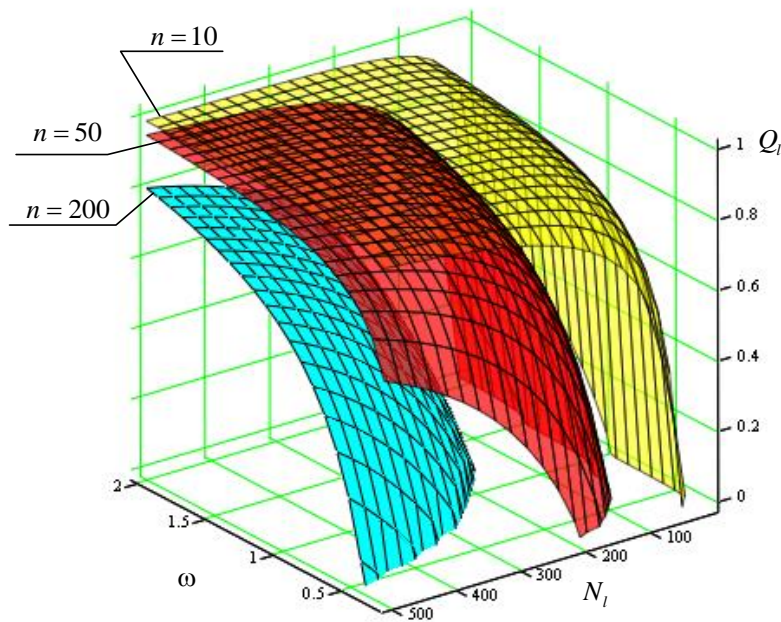


Рис. 3. Поведінка оцінки Q_i при варіюванні типами зв'язків ω_i і кількістю зв'язків N_i

Джерело: розроблено авторами.

На графіках рис. 3 варіювання параметром ω здійснюється у межах 0,25...2, при цьому нижня межа визначає, що всі міжфункціональні зв'язки в моделі є «випадковими», верхня межа характеризує модель, в якій всі зв'язки мають найсильніший функціональний тип. Вочевидь, що всі інші конфігурації системи з різними типами зв'язків знаходяться в цих межах. З графіків видно достатня чутливість оцінки пов'язаності до типу зв'язку при співрозмірному відношенні кількості функцій і кількості зв'язків. При суттєвому перевищенні кількості зв'язків над кількістю функцій (понад 7-10 разів) оцінка пов'язаності перестає бути чутливою як до типів зв'язків, так і до їх кількості.

Отже, оцінимо внутрішньосистемну пов'язаність функціональної моделі випробувань ОВТ. У табл. 5 наведені кількісні показники внутрішньосистемних зв'язків за типами і за етапами випробувань (табл. 5 сформована на основі звіту, який згенерований програмним продуктом ERwin). Зв'язки, що враховувались, належать до категорії внутрішньосистемних, і в тому числі, міжетапні. Зауважимо, що в оцінюваній функціональній моделі відсутні «слабкі» зв'язки, що пов'язане з невеликою глибиною функціональної декомпозиції процесу випробувань ОВТ.

Таблиця 5

Оцінки пов'язаності функцій на різних етапах випробування

Тип зв'язності	Кількісні показники внутрішньосистемної пов'язаності функцій за етапами							
	підготовчий етап	% типу зв'язку	практичні випробування	% типу зв'язку	обробка даних	% типу зв'язку	складання акта	% типу зв'язку
Функціональна	64	63	39	74	8	50	2	67
Послідовна	27	26	10	19	4	25	1	33
Комунікативна	11	11	4	8	4	25	-	0
Загальна кількість зв'язків за етапом випробувань	102		53		16		3	
Кількість функцій	45		17		4		1	
Щільність зв'язків	2,26		3,11		4		3	
Оцінка пов'язаності функцій Q_i	0,877		0,917		0,942		-	

Джерело: розроблено авторами.

З табл. 5 видно, що найбільш керованими процесами характеризується етап практичних випробувань, що є природним, оскільки майже всі процеси практичних випробувань керуються нормативно-методичними документами: програма, методика, календарний план випробувань. Однак оцінка Q_i визначає найбільш сильною функціональну структуру етапу обробки даних, який має найбільшу щільність зв'язків серед інших етапів функціональної моделі.

Крім того, етап обробки даних характеризується мінімальною кількістю граничних зв'язків (у порівнянні з іншими етапами) і жорстким алгоритмуванням процесів обробки результатів випробувань та одержання оцінок достовірності результатів, що дає підстави припустити про справедливість одержаної оцінки.

Висновки. У статті запропоновано спосіб оцінювання функціональної пов'язаності процесів при функціональному моделюванні складних систем за допомогою графічної нотації IDEF0 і з використанням засобів автоматизованого проектування. Оцінка має чіткі логічні межі й чутлива до зміни параметрів оцінюваної моделі. Зважаючи на різну важливість зв'язків, які передбачені інтерфейсом графічної нотації IDEF0, запропоновано використання шкали вагомості типу зв'язку, що забезпечує відображення в оцінці пов'язаності функцій сильних або слабких боків конфігурації функціональної моделі.

Використання запропонованого способу оцінювання дозволить порівнювати структури функціональних моделей складних систем ще на етапі передпроектних досліджень.

Список використаних джерел

1. Про затвердження Порядку проведення випробувань зразків озброєння та військової техніки [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 17.02.2021 р. № 159. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/159-2021-%D0%BF#Text>.

2. Про затвердження Порядку проведення випробувань та прийняття на озброєння (постачання) зразків озброєння, військової та спеціальної техніки, засобів і обладнання іноземного виробництва [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 17 лютого 2021 р. № 160. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/160-2021-%D0%BF#Text>.

3. Про затвердження Порядку супроводження дослідно-конструкторських робіт та організації проведення випробувань озброєння та військової техніки у Збройних Силах України : Наказ Головнокомандувача ЗС України від 31.05.2021 р. № 143.

4. Про внесення змін до Порядку постачання озброєння, військової і спеціальної техніки та боєприпасів під час особливого періоду, введення надзвичайного стану, проведення заходів із забезпечення національної безпеки і оборони, відсічі і стримування збройної агресії та у період проведення антитерористичної операції [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 17.02.2021 р. № 162. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/162-2021-%D0%BF#Text>.

5. ДСТУ 3021-95. Випробування і контроль якості продукції. Терміни та визначення. – [Чинний від 1996-01-01]. – Вид. офіц. – К., 1995. – 71 с.

6. Про затвердження Порядку розроблення, освоєння та випуску нових видів продукції оборонного призначення, а також припинення випуску існуючих видів такої продукції [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 03.03.2021 р. № 234. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/234-2021-%D0%BF#Text>.

7. ГОСТ В 15.210-78. СРПП ВТ. Система разработки и постановки на производство военной техники. Испытания опытных образцов изделий. – [Чинний від 1979-01-01]. – М., 1978. – 35 с.

8. ГОСТ В 15.211-78. СРПП ВТ. Порядок разработки программ и методик испытаний опытных образцов изделий. Основные положения. – [Введен 1979-07-01]. – М., 1978. – 23 с.

9. ГОСТ В 15.307-77. СРПП ВТ. Испытания и приемка серийных изделий. Основные положения. – [Введен 1979-07-01]. – М., 1977. – 36 с.

10. Про затвердження Положення про Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки : Наказ Начальника Генерального Штабу від 30.12.2017 р. № 170.

11. Методичні рекомендації щодо організації наукової і науково-технічної діяльності у Збройних Силах України. Ч. 4. Основи організації випробувань зразків (комплексів, систем) озброєння і військової техніки для потреб Збройних Сил України. – К. : ВНУ ГШ ЗС України, 2020. – 63 с.

12. Тимошенко Р. І. Оновлення парку озброєння та військової техніки – шлях до боєздатності Збройних Сил України [Електронний ресурс] / Р. І. Тимошенко // Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського. – 2016. – № 3(58). – С. 6-11. – Режим доступу: <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2016-3-58/6-11>.

13. Дмитрієв В. А. Методичний підхід до обґрунтування можливості зменшення експериментів в процесі проведення випробувань / В. А. Дмитрієв, А. І. Сергієнко. Ю. М. Тішков // Труды академії. – 2008. – № 7(87). – С. 63-67.

14. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения : монография : в 10 т. Т. 9. Прикладные аспекты испытаний и теоретико-экспериментальных исследований вооружения и военной техники / под ред. С. В. Лапицкого. – К. : Изд. дом Дмитрия Бураго, 2015. – 504 с.

15. Демидов, Б. А. Теория и методы военно-научных исследований вооружения и военной техники / Б. А. Демидов. – Х. : ВИРТА ПВО, 1990. – 558 с.

16. Ланецький Б. М. Проблемні питання організації та планування випробувань складних технічних систем / Б. М. Ланецький, В. В. Лук'ячук // Системи обробки інформації. – 2009. – № 4(78). – С. 93-96.

17. Investigation of the Model of Testing for Weapons and Military Equipment / I. Korniienko, S. Korniienko, V. Dmytriiev, A. Pavlenko, D. Kamak // Mathematical Modeling and Simulation of Systems (MODS'2020) : Selected Papers of 15th International Scientific-practical Conference (June 29 – July 01 2020, Chernihiv, Ukraine). – Chernihiv, 2020. – Pp. 309-316. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-58124-4_30.

18. Щодо можливих функціональних компонент інформаційної системи супроводження випробувань ОВТ ЗСУ / І. В. Корнієнко, С. П. Корнієнко, Д. О. Камак, С. М. Казначей, О. В. Жирна // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – 2020. – № 4(6). – С. 52-61.
19. Барабаш О. В. Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем : монография / О. В. Барабаш. – К. : НАОУ, 2004. – 226 с.
20. Полесский В. П. Оценки вероятности связности случайного графа / В. П. Полесский // Проблемы передачи информации. – 1990. – Т. 26. – Вып. 1. – С. 90-98.
21. Костров В. О. Применение оценок Полесского для расчета надежности сети связи / В. О. Костров // Электросвязь. – 2001. – № 11. – С. 42-46.
22. Кривулец В. Г. Квазиупаковочные оценки характеристик надежности сетей / В. Г. Кривулец, В. П. Полесский // Информационные процессы. – 2001. – Т. 1, № 2. – С. 126-146.
23. Кривулец В. Г. Об одном методе аппроксимации надежности монотонных систем / В. Г. Кривулец, В. П. Полесский // Информационные процессы. – 2002. – Т. 2, № 1. – С. 111-119.
24. Самуйлов К. Е. Методы анализа и расчета сетей ОКС 7 : монография / К. Е. Самуйлов. – М. : РУДН, 2002. – 292 с.
25. Корнієнко І. В. Оцінка ефективності просторово-розподілених телекомунікаційних мереж [Електронний ресурс] / І. В. Корнієнко, С. П. Корнієнко // Чернігівський науковий часопис. Серія 2: Техніка і природа. – 2011. – № 1(1). – С. 96-101. – Режим доступу: <http://ir.stu.cn.ua/123456789/12594>.
26. Бойко Н. І. Методи опису, аналізу та дослідження інформаційних потоків в торговельних підприємствах [Електронний ресурс] / Н. І. Бойко // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – 2014. – № 13. – С. 91-98. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/etks_2014_13_13.
27. Гужва В. М. Інформаційні системи і технології на підприємствах / В. М. Гужва. – К. : КНЕУ, 2001. – 400 с.
28. Садовников В. И. Потoki информации в системах управления / В. И. Садовников, П. Л. Эпштейн. – М. : Энергия, 1973. – 240 с.
29. Меняев М. Ф. Информационные потоки в системе управления [Электронный ресурс] / М. Ф. Меняев // Машиностроение и компьютерные технологии. – 2011. – № 5. – Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-potoki-v-sisteme-upravleniya>.
30. Модин А. А. Исследование и анализ потоков информации на предприятии / А. А. Модин. – М. : Энергия, 2007. – 304 с.

References

1. Pro zatverdzhennya Poryadku provedennia vyprobuvan zrazkiv ozbroiennia ta viyskovoї tekhniki [About the statement of the Procedure for carrying out tests of samples of the weapon and military equipment], The Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine (№ 159 dated 17.02.2021). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/159-2021-%D0%BF#Text>.
2. Pro zatverdzhennia Poriadku provedennia vyprobuvan ta pryiniattia na ozbroiennia (postachannia) zrazkiv ozbroiennia, viyskovoї ta spetsialnoi tekhniki, zasobiv i obladnannia inozemnoho vyrobnytstv [About the statement of the Rules of carrying out of tests and acceptance on armament (supply) of samples of the armament, military and special technics, means and the equipment of foreign manufacture], The Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine (№ 160 dated 17.02.2021). <https://zakon.rada.gov.ua/go/160-2021-%D0%BF#Text>.
3. Pro zatverdzhennia Poriadku suprovodzhennia doslidno-konstruktorskykh robit ta orhanizatsii provedennia vyprobuvan ozbroiennia ta viyskovoї tekhniki u Zbroinykh Sylakh Ukrainy [About the statement of the Order of support of research and development works and the organization of carrying out tests of the armament and military equipment in Armed forces of Ukraine], Order of the Commander-in-Chief of the Armed Forces of Ukraine (№ 143 dated 31.05.2021).
4. Pro vnesennia zmin do Poriadku postachannia ozbroiennia, viyskovoї i spetsialnoi tekhniki ta boieprypasiv pid chas osoblyvoho periodu, vvedennia nadzvychainoho stanu, provedennia zakhodiv iz zabezpechennia natsionalnoi bezpeky i oborony, vidsichi i strymuvannia zbroinoї ahresii ta u period provedennia antyterrorystychnoi operatsii [On Amendments to the Procedure for Supply of Arms, Mili-

tary and Special Equipment and Ammunition during the Special Period, Imposition of a State of Emergency, Carrying Out Measures to Ensure National Security and Defense, Repulse and Contain Armed Aggression and During the Anti-Terrorist Operation], The Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine (№ 162 dated 17.02.2021). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/162-2021-%D0%BF#Text>.

5. *Vyprobuvannia i kontrol yakosti produktsii. Terminy ta vyznachennia [Product testing and quality control. Terms and definitions]* (DSTU 3021-95).

6. *Pro zatverdzhennia Poriadku rozroblennia, osvoiennia ta vypusku novykh vydiv produktsii oboronnoho pryznachennia, a takozh prypynennia vypusku isnuichykh vydiv takoi produktsii [About the statement of the Order of development, development and release of new types of products of defense appointment, and also the termination of release of existing types of such products]*, The Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine (№ 234 dated 03.03.2021). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/234-2021-%D0%BF#Text>.

7. *Sistema razrabotki i postanovki na proizvodstvo voennoy tehniky. Ispytaniya opyitnykh obraztsov izdeliy [The system for the development and production of military equipment. Testing of prototypes of products]* (HOST V 15.210-78. SRPP VT).

8. *Poryadok razrabotki programm i metodik ispytaniy opyitnykh obraztsov izdeliy. Osnovnyie polozeniya [The order of development of programs and methods of tests of prototypes of products. Basic provisions]* (HOST V 15.211-78. SRPP VT).

9. *Ispytaniya i priemka seriynykh izdeliy. Osnovnyie polozeniya [Testing and acceptance of serial products. Basic provisions]* (HOST V 15.307-77. SRPP VT).

10. *Pro zatverdzhennia Polozhennia pro Derzhavnyi naukovo-doslidnyi instytut vyprobuvan i sertifikatsii ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki [On approval of the Regulations on the State Research Institute for Testing and Certification of Weapons and Military Equipment]*, Order of the Commander-in-Chief of the Armed Forces of Ukraine (№ 170 dated 29.06.2021).

11. *Metodychni rekomendatsii shchodo orhanizatsii naukovo i naukovo-tekhnichnoi diialnosti u Zbroinykh Sylakh Ukrainy. Ch. 4. Osnovy orhanizatsii vyprobuvan zrazkiv (kompleksiv, system) ozbroiennia i viiskovoi tekhniki dlia potreb Zbroinykh Syl Ukrainy [Methodical recommendations on the organization of scientific and scientific-technical activities in the Armed Forces of Ukraine. Part 4 Basics of organization of tests of samples (complexes, systems) of armaments and military equipment for the needs of the Armed Forces of Ukraine].* (2020). VNU GSh ZS Ukrainy.

12. Tymoshenko, R.I. (2016). *Onovlennia parku ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki - shliakh do boiezdatnosti Zbroinykh Syl Ukrainy [Renewal of the arms and military equipment park - the way to the combat capability of the Armed Forces of Ukraine]. Zbirnyk naukovykh prats Tsentru voienno-stratehichnykh doslidzhen Natsionalnoho universytetu oborony Ukrainy imeni Ivana Cherniakhovskoho – Collection of scientific works of the Center for Military Strategic Studies of the Ivan Chernyakhovsky National University of Defense of Ukraine, (3(58)), 6-11.*

13. Dmytriiev, V.A., Serhiienko, A.I., & Tishkov, Yu.M. (2008). *Metodychnyi pidkhid do obruntuvannia mozhlivosti zmeshennia eksperymentiv v protsesi provedennia vyprobuvan [Methodical approach to substantiate the possibility of reducing experiments in the process of testing]. Trudy akademii – Works of the academy, (7(87)), 63-67.*

14. Lapytskyi, S.V. (Ed.). (2015). *Osnovni voenno-tehnicheskii issledovaniia. Teoriia i prilozheniia [Fundamentals of military-technical research. Theory and applications] (T. 9. Prikladnyie aspekty ispytaniy i teoretikoeksperimentalnykh issledovaniy vooruzheniya i voennoy tehniky – Vol. 9. Applied Aspects of Testing and Theoretical Experimental Research of Weapons and Military Equipment) Izdatelskiy dom Dmitriya Burago.*

15. Demidov, B.A. (1990). *Teoriia i metody voenno-nauchnykh issledovaniy vooruzheniia i voennoi tehniky [Theory and methods of military scientific research of weapons and military equipment]. VIRTА PVO.*

16. Lanetskyi, B.M., & Lukianchuk, V.V. (2009). *Problemni pytannia orhanizatsii ta planuvannia vyprobuvan skladnykh tekhnichnykh system [Problem-solving questions of the organization and the planning the test the complex technical systems]. Systemy obrobky informatsii – Information processing systems, (4(78)), 93-96.*

17. Korniienko, I., Korniienko, S., Dmytriiev, V., Pavlenko, A., & Kamak, D. (2021). Investigation of the Model of Testing for Weapons and Military Equipment. In S. Shkarlet, A. Morozov, A. Palagin (Eds.), *Mathematical Modeling and Simulation of Systems (MODS'2020)*. MODS 2020. *Advances in Intelligent Systems and Computing* (pp. 309-316). https://doi.org/10.1007/978-3-030-58124-4_30.
18. Korniienko, I.V., Korniienko, S.P., Kamak, D.O., Kaznachei, S.M., & Zhyrna, O.V. (2020). Shchodo mozhlivyykh funktsionalnykh komponent informatsiynoyi systemy suprovodzhennia vyprovuvan OVT ZSU [On possible functional components of the information system of arms and military equipment testing of the armed forces of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Derzhavnoho naukovo-doslidnoho instytutu vyprovuvan i sertyfikatsii ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki – Scientific works of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification*, (6), 52-61. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.6.2020.06>.
19. Barabash, O.V. (2004). *Postroenie funktsionalno ustoichivyykh raspredelennykh informatsionnykh sistem [Construction of functionally stable distributed information systems]*. NAOU.
20. Polesskij, V.P. (1990). Otsenki veroiatnosti svyaznosti sluchainoho grafa [Estimates of the probability of connectivity of a random graph]. *Problemy peredachi informatsii – Information transfer problems*, 26(1), 90-98.
21. Kostrov, V.O. (2001). Primenenie ocenok Polesskogo dlia rascheta nadezhnosti seti svyazi [Application of Polesskiy estimates for calculating the reliability of a communication network]. *Elektrosvyaz – Telecommunication*, (11), 42-46.
22. Krivulets, V.G., Polesskij, V.P. (2001). Kvaziupakovochnye otsenki kharakteristik nadezhnosti setei [Quasi-packing estimates of network reliability characteristics]. *Informatsionnye protsessy – Information processes*, 1(2), 126-146.
23. Krivulets, V.G., Polesskii, V.P. (2002). Ob odnom metode approksimatsii nadezhnosti monotonnykh sistem [About one method for approximating the reliability of monotonic systems]. *Informatsionnye protsessy – Information processes*, 2(1), 111-119.
24. Samuilov, K.E. (2002). *Metody analiza i rascheta setej OKS 7 [Methods of analysis and calculation of ACS networks 7]*. RUDN.
25. Korniienko, I.V., Korniienko, S.P. (2011). Otsinka efektyvnosti prostorovo-rozpodilennykh telekomunikatsiynykh merezh [Estimation of efficiency of spatially-distributed telecommunication networks]. *Chernihivskiyi naukovyi chasopys. Seriya 2: Tekhnika i pryroda. – Chernihiv Scientific Journal. Series 2, Technology and Nature*, (1(1)), 96-101. <http://ir.stu.cn.ua/123456789/12594>.
26. Boiko, N.I. (2014). Metody opysu, analizu ta doslidzhennia informatsiynykh potokiv v torhovelynykh pidpriemstvakh [Methods of description, analysis and research information flows in trade enterprises]. *Elektrotekhnicheskie i kompiuternye systemy – Electrical and Computer Systems*, (13), 91-98. http://nbuv.gov.ua/UJRN/etks_2014_13_13.
27. Huzhva, V.M. (2001). *Informatsiini systemy i tekhnologii na pidpriemstvakh [Information systems and technologies in enterprises]*. KNEU.
28. Sadovnikov, V.I., Epshtejn, P.L. (1973). *Potoki informatsii v sistemakh upravleniia [Information flows in control systems]*. Energy.
29. Menyayev, M.F. (2011). Informatsionnye potoki v sisteme upravleniia [Information flows in the control system]. *Mashynostroenie i kompiuternye tekhnologii – Mechanical engineering and computer technology*, (5). <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-potoki-v-sisteme-upravleniya>.
30. Modin, A.A. (2007). *Issledovanie i analiz potokov informatsii na predpriiatii [Research and analysis of information flows in the enterprise]*. Energy.

Отримано 05.02.2022

UDC 004.94

**Svitlana Korniienko¹, Ihor Korniienko², Volodymyr Dmytriiev³,
Anatolii Pavlenko⁴, Dmytro Kamak⁵**

¹PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Cybersecurity and Mathematical Modeling
Chernihiv Polytechnic National University (Chernihiv, Ukraine)

E-mail: cornel@ukr.net. **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-9162-1229>

ResearcherID: [AAV-4708-2020](https://orcid.org/0000-0002-9162-1229). **SCOPUS Author ID:** [57219057983](https://orcid.org/0000-0002-9162-1229)

²PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department of Geodesy, Cartography and Land Management
Chernihiv Polytechnic National University (Chernihiv, Ukraine)

E-mail: cornel@ukr.net. **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-9105-0780>

ResearcherID: [F-7236-2017](https://orcid.org/0000-0001-9105-0780). **SCOPUS Author ID:** [57219054966](https://orcid.org/0000-0001-9105-0780)

³Doctor in Technical Sciences, Senior Researcher

The Laureate of State Prize of Ukraine in Sphere of Science and Technique, Deputy Chief of Institute of Research Work
State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification (Chernihiv, Ukraine)

E-mail: vadmitriev@ukr.net. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0792-6397>

SCOPUS Author ID: [57219049932](https://orcid.org/0000-0002-0792-6397)

⁴PhD in Technical Sciences, Chief of the Scientific Organizational Section
State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification (Chernihiv, Ukraine)

E-mail: agpav@ukr.net. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6341-8381>

SCOPUS Author ID: [57219056002](https://orcid.org/0000-0001-6341-8381)

⁵Chief of the Scientific-Research Department

State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification (Chernihiv, Ukraine)

E-mail: dkam@meta.ua. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0348-5456>

SCOPUS Author ID: [57219057496](https://orcid.org/0000-0003-0348-5456)

EVALUATION OF INFORMATION CONNECTIVITY OF PROCESSES IN FUNCTIONAL MODELING OF TEST SYSTEM

The national security and defense capability of the state is largely determined by the level of equipping the armed forces with modern weapons and military equipment.

An important point in the rearmament of the army is the high-quality and timely testing of the latest military models, which, to a large extent, is ensured by successful and systematic planning and management of test activities.

The automated test support information system is aimed at solving such problems. During the IDEF0 notation, functional modeling of the armaments and military equipment testing system was designed, which allowed to determine the system-wide characteristics of information flows, but did not allow obtaining models performance evaluation.

Existing methods for estimating distributed structures, as a rule, are reduced to estimating the connectivity of graph models and do not take into account the features of the interface of the IDEF0 notation functions.

The article considers the issue of evaluation of functional models at the pre-design stage.

A method for estimating the functional connectivity of processes in the functional modeling of complex systems using graphical notation IDEF0 and using automated design tools is proposed. The estimation has clear logical limits and is sensitive to changes in the parameters of the evaluated model. Due to the different importance of connections provided by the graphical notation interface IDEF0, it is proposed to use a scale of importance of the type of connection, which reflects the assessment of the connectedness of functions of strong or weak types of connections, and, accordingly, the success and rationality of functional configuration models. Estimates of the functional model of the weapons and military equipment test system are obtained.

The use of the proposed evaluation method will allow to compare the structures of functional models of complex systems at the stage of pre-design studies.

Keywords: tests; automation; estimation; information connectivity; functional model.

Table: 5. **Fig.:** 3. **References:** 30.