

УДК 355.457.1

**Іван КАТЕРИНЧУК,**  
доктор технічних наук, професор,  
Національна академія Державної прикордонної  
служби України імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький

**Денис ГУЛЕВАТИЙ,**  
Національна академія Державної прикордонної  
служби України імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький

## **ФОРМАЛІЗАЦІЯ СТРУКТУРНО- ФУНКЦІОНАЛЬНОГО МЕТОДУ ОРГАНІЗАЦІЇ ВЗАЄМОДІЇ СУБ'ЄКТІВ ПРИКОРДОННОЇ БЕЗПЕКИ**

*Обґрунтовано науково-методичне забезпечення дослідження організації взаємодії її суб'єктів. Розроблено та формалізовано структурно-функціональну модель суб'єкта забезпечення прикордонної безпеки на прикладі Державної прикордонної служби України.*

**Ключові слова:** функція, завдання, національна безпека, державний кордон, взаємодія.

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Охорона та захист державного кордону – складний і динамічний процес, що характеризується великим просторовим розмахом та напруженістю обстановки. Його здійснення передбачає залучення великої кількості різних за складом, призначенням та можливостями сил та засобів і потребує чіткої підготовки й узгодженості в їх діях [8–9]. Необхідність удосконалення організації взаємодії зумовлена наявністю загальних цілей,  
© Катеринчук І., Гулеватий Д.

функцій і завдань правоохоронних та силових органів у сфері прикордонної безпеки та необхідністю комплексного підходу до збирання, аналізу й оцінки інформації про обстановку на державному кордоні; потребою удосконалення форм і способів оперативно-службових (службово-бойових) дій при виконанні спільних завдань.

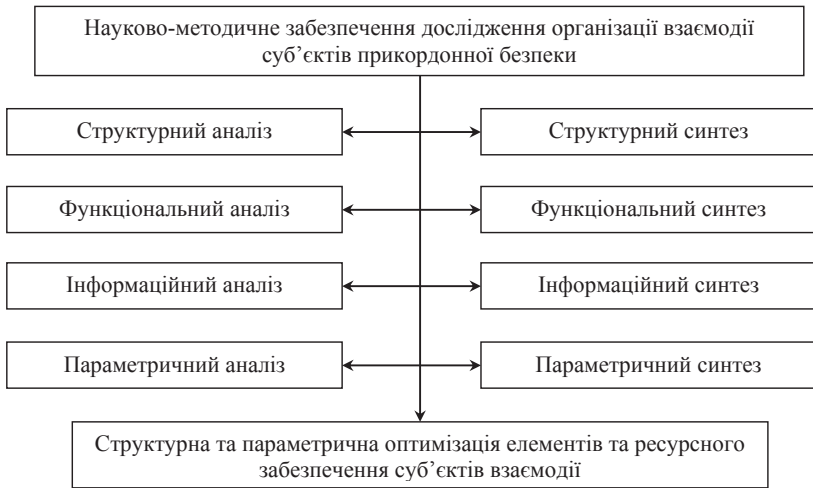
**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опираються автори.** Питання сумісної діяльності міжвідомчих сил щодо забезпечення національної безпеки у прикордонній сфері досліджувались у роботах науковців та фахівців І. О. Калініна, І. О. Кириченко, М. М. Литвина, Ю. В. Потомського, В. Є. Вербицького, В. І. Тробюка та інших [5; 6; 7]. Застосування прикладних математичних методів в інтересах організації взаємодії розглянуто у роботах [4; 10; 11]. Аналіз праць зазначених авторів свідчить, що не існує єдиного механізму взаємодії, який би базувався на адекватних науково-методологічних засадах, науково обґрунтованих пропозиціях і рекомендаціях. Отже, існує потреба подальшого розвитку науково-методичного забезпечення обґрунтування рішень на організацію взаємодії між різними складниками системи національної безпеки.

**Метою статті** є формалізація структурно-функціонального методу організації взаємодії суб'єктів прикордонної безпеки.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Науково-методичне забезпечення дослідження системи прикордонної безпеки, а саме організації взаємодії її суб'єктів, охоплює такі складники аналізу і синтезу (рис. 1) [1–3]:

структурний аналіз, що застосовується для декомпозиції суб'єктів взаємодії як складних ієрархічних систем на елементи й підсистеми різного рівня та аналізу взаємозв'язків між ними, побудови структури і функцій складних багаторівневих ієрархічних систем;

структурний синтез, що застосовується для дослідження окремих елементів суб'єктів взаємодії, взаємозв'язків та відношень між ними з метою виявлення характеристик та параметрів, які забезпечуватимуть максимальну ефективність функціонування складної системи в цілому;



**Рис.** Науково-методичне забезпечення дослідження організації взаємодії суб'єктів прикордонної безпеки

функціональний аналіз, який полягає у визначенні функцій, завдань, форм і способів застосування елементів систем, обґрунтування показників та критеріїв їх ефективності;

функціональний синтез, що застосовується для аналізу функцій, завдань, форм і способів дій, які виконуються у взаємодії та розподілу окремих завдань між елементами (підсистемами) системи прикордонної безпеки;

інформаційний аналіз, який здійснюється з метою дослідження кількісних і якісних характеристик інформаційних потоків між елементами суб'єктів забезпечення прикордонної безпеки;

інформаційний синтез, що здійснюється з метою побудови структур інформаційно-телекомунікаційних систем суб'єктів забезпечення прикордонної безпеки, визначення необхідного обсягу, форм та способів інформаційної взаємодії, методів її передавання, обробки та зберігання інформації;

параметричний аналіз, що використовується для обґрунтування переліку часткових та узагальнених показників, якими характери-

зуються прикордонна безпека в цілому та ефективність організації і здійснення взаємодії зокрема;

параметричний синтез, який застосовується для обґрунтування значень критеріїв ефективності функціонування системи прикордонної безпеки;

структурна та параметрична оптимізація елементів та ресурсного забезпечення суб'єктів взаємодії системи прикордонної безпеки.

Структурно-функціональна організація системи підтримки прийняття рішень організації взаємодії суб'єктів прикордонної безпеки базується на кібернетичному підході та включає елементи: сховище вихідних, поточних та кінцевих результатів оцінок параметрів і показників ефективності взаємодії; систему керування базами даних; модулі розрахунків оцінок параметрів і показників ефективності взаємодії; математичні моделі структурно-функціональних моделей суб'єктів взаємодії прикордонної безпеки; структуру інформаційних взаємозв'язків між суб'єктами взаємодії прикордонної безпеки; алгоритм підтримки прийняття рішень на організацію взаємодії суб'єктів прикордонної безпеки; переліки функцій та завдань, що виконуються у взаємодії, оцінки параметрів суб'єктів прикордонної безпеки щодо їх виконання.

Вибір показників та критеріїв ефективності взаємодії ґрунтується на методичному, інформаційному, алгоритмічному підходах з використанням імітаційного моделювання, статистичного аналізу, експериментального і дослідного випробування розроблених методів, методик та математичних залежностей.

З метою формалізації процесів забезпечення прикордонної безпеки, зокрема процесів, що здійснюються у взаємодії її суб'єктів, введемо такі позначення:

$S_{ПВи}$  –  $i$ -й суб'єкт прикордонної безпеки;

$F_{ПВиk}$  –  $k$ -та функція, що забезпечується  $i$ -м суб'єктом прикордонної безпеки;

$\Phi^i_{ОСДjk}$  –  $j$ -та форма оперативно-службових (службово-бойових) дій, що здійснюються з метою реалізації  $k$ -ї функції  $i$ -го суб'єкта прикордонної безпеки;

$C^i_{ОСДjk}$  –  $j$ -й спосіб оперативно-службових (службово-бойових) дій, що здійснюються з метою реалізації  $k$ -ї функції  $i$ -го суб'єкта прикордонної безпеки;

$Z^i_{ОСДjk}$  –  $j$ -й спосіб оперативно-службових (службово-бойових) дій, що здійснюються з метою реалізації  $k$ -ї функції  $i$ -го суб'єкта прикордонної безпеки;

$E^i_{ОСДjk}$  –  $j$ -й елемент оперативно-службової (службово-бойової) побудови системи охорони державного кордону, що здійснюються з метою реалізації  $k$ -ї функції  $i$ -го суб'єкта прикордонної безпеки.

Графічне подання суб'єкта забезпечення прикордонної безпеки на прикладі Державної прикордонної служби України наведено на рис. 2. Інші суб'єкти забезпечення прикордонної безпеки матимуть аналогічні позначення.

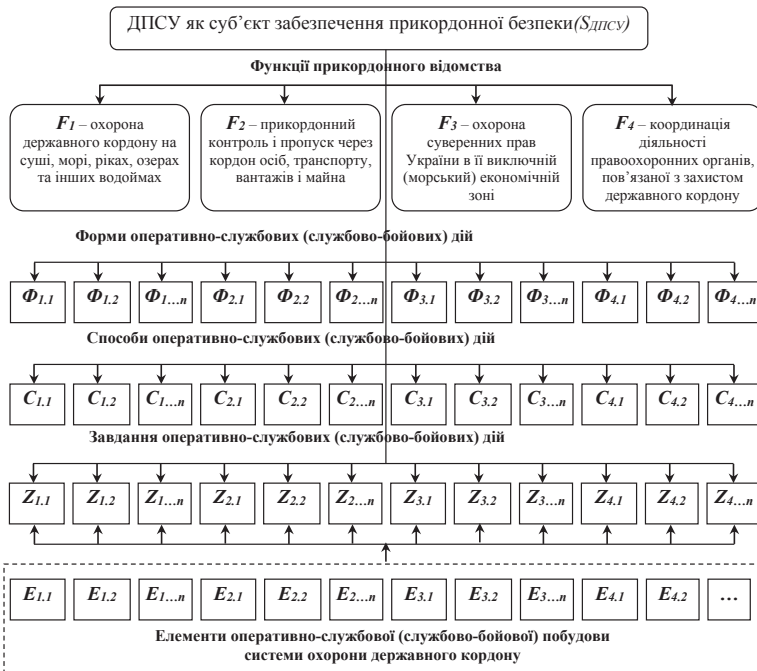


Рис. 2. Структурно-функціональна модель суб'єкта забезпечення прикордонної безпеки на прикладі Державної прикордонної служби України

Загальна методика розв'язання задачі структурно-функціонального аналізу розподілу завдань між суб'єктами забезпечення прикордонної безпеки полягає у такому [1–4] :

побудова ієрархічних структур СЗПБ;

визначення функцій, форм та способів забезпечення прикордонної безпеки суб'єктами взаємодії;

оцінка функцій з охорони державного кордону, що виконуватимуться у взаємодії з СЗПБ;

декомпозиція функцій, форм і способів забезпечення прикордонної безпеки та формування масиву окремих завдань з охорони державного кордону;

оцінка потенційних можливостей СЗПБ з виконання окремих завдань;

розрахунок пріоритетності виконання завдань СЗПБ;

оптимізація вибору суб'єктів забезпечення прикордонної безпеки для виконання завдань з охорони державного кордону, що виконуються у взаємодії.

Застосування структурно-функціонального аналізу для декомпозиції суб'єктів забезпечення прикордонної безпеки характеризується неформалізованістю і має багаторівневі прямі та зворотні параметричні зв'язки. Суть полягає в тому, що прямий взаємозв'язок свідчить про залежність розв'язку задачі нижчого ієрархічного рівня від рішення, прийнятого на вищому ієрархічному рівні. Наприклад, вимоги до функціональних елементів на кожному ієрархічному рівні (виконання окремих завдань) визначають вимоги до охорони державного кордону в цілому усіма суб'єктами. Зворотний взаємозв'язок свідчить про залежність властивостей, можливостей та інших характеристик функціональних елементів вищого ієрархічного рівня від відповідних рішень, прийнятих на нижчому ієрархічному рівні. Залучення сил і засобів одного суб'єкта охорони державного кордону впливатиме як позитивно, так і негативно на ефективність дій іншого суб'єкта. Якщо інформаційний взаємообмін інформацією сприятиме підвищенню ефективності функціонування кожного із суб'єктів взаємодії, то залу-

чення сил і засобів в інтересах виконання завдань іншого суб'єкта може призвести до зниження ефективності виконання своїх завдань.

Іншою особливістю розв'язування задачі раціонального вибору є неоднозначність отриманого розв'язку. Це пояснюється неоднозначним формуванням різними суб'єктами як множини можливих альтернатив, так і множини можливих критеріїв порівняння альтернатив. Це вимагає обґрунтованого підходу до вибору показників, критеріїв та формалізації цільової функції оптимізаційної задачі.

Декомпозиція структури та функцій суб'єктів забезпечення прикордонної безпеки на елементи побудови системи охорони державного кордону та окремі завдання (рис. 3), дослідження властивостей та взаємозв'язків між елементами, обґрунтування завдань, що виконуються у взаємодії, вибір показників та критеріїв оцінювання ефективності процесів охорони кордону дають змогу перейти до оптимізації побудови охорони державного кордону шляхом розв'язування задачі раціонального розподілу окремих завдань між суб'єктами взаємодії.

Показниками та критеріями ефективності розв'язування задачі раціонального розподілу окремих завдань між суб'єктами взаємодії можуть бути (для кожного  $i$ -го суб'єкта):

$U_{vzi}$  – ефективність взаємодії;

$R_i$  – результативність – ступінь відповідності отриманих результатів їх максимальним (заданим) значенням;

$N_i$  – ресурсомісткість, кількість ресурсів, якими досягається цільовий ефект (трудові, матеріально-технічні, енергетичні, інформаційні, фінансові тощо);

$Y_i$  – оперативність, що визначається як витрати часу, необхідні для виконання завдань у взаємодії та автономно;

$I_i$  – якість управлінських впливів на суб'єкти взаємодії;

$Q_i$  – безперервності підтримання взаємодії під час виконання оперативного завдання;

$W_{ij}$  – потенціал бойових (службово-бойових) можливостей  $j$ -го підрозділу різновідомчих сил, які беруть участь у виконанні  $i$ -го оперативного завдання.

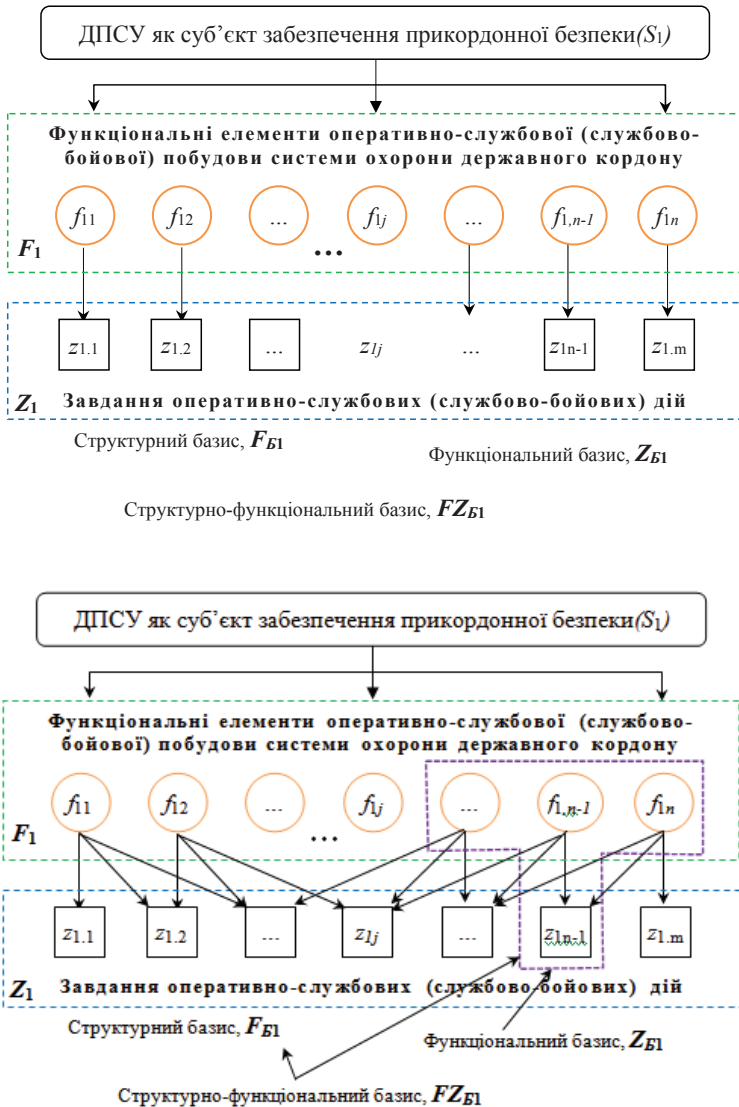


Рис. 3. Структурно-функціональні елементи суб'єкта взаємодії



Як цільова функція пропонується забезпечення максимальної ефективності дій окремих елементів побудови охорони державного кордону за рахунок залучення сил і засобів суб'єктів взаємодії для виконання спільних завдань

$$F = f[\max(U_{2\pi}; R_i; I_i; W_i; Q_i); \min(N_i; Y_i)] \rightarrow \max. \quad (1)$$

На пошук значень цільової функції (1) накладаються такі обмеження:

– усі завдання мають бути виконаними:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = N_j, \quad (2)$$

де  $n$  – кількість суб'єктів взаємодії;  $i$  – порядковий номер завдання;  $j$  – номер суб'єкта взаємодії;  $N_j$  – кількість завдань  $j$ -го суб'єкта взаємодії;  $x_{ij}$  – параметр керування,  $x_{ij} = 1$ , якщо для  $i$ -го завдання призначається виконавець від  $j$ -го суб'єкта взаємодії та  $x_{ij} = 0$  в іншому випадку;

– для виконання кожного завдання має бути призначено не менше одного суб'єкта взаємодії:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \geq 1; \quad (3)$$

– дозволяється використовувати ресурсне забезпечення не більше виділеного:

$$\sum_{i=1}^n r_{ij} \cdot x_{ij} \leq R_j, \quad (4)$$

де  $r_{ij}$  – кількість ресурсів, що можна використати для виконання  $i$ -го завдання  $j$ -м суб'єктом взаємодії.

Позначимо комплексний інтегрований показник ефективності виконання  $i$ -го завдання  $j$ -м суб'єктом взаємодії через параметр  $w_{ij}$  (див. таблицю).

Тоді задачу (1)-(4) можна інтерпретувати у двох аспектах: як задачу оптимізації та задачу вибору:

а) задача оптимізації (пряма задача): знайти такі параметри керування  $x_{ij}$ , за яких досягається максимум цільової функції

$$F = f[w_{ij} \cdot x_{ij}] \rightarrow \max; \quad (5)$$

б) задача вибору (обернена задача): знайти такі параметри керування  $x_{ij}$ , за яких досягається значення цільової функції не менше заданого ( $F_3$ )

$$F = f[w_{ij} \cdot x_{ij}] \geq F_3. \quad (6)$$

Відмінність між задачами (5) та (6) є принциповою: розв’язок задачі оптимізації має бути єдиним, а раціонального вибору – це один із допустимих розв’язків.

**Значення оцінок комплексного інтегрованого показника ефективності виконання і-го завдання j-м суб’єктом взаємодії**

Суб’єкти забезпечення прикордонної безпеки (Si)	Завдання (zi)			
	z <sub>1</sub>	z <sub>2</sub>	...	z <sub>n</sub>
S <sub>1</sub>	w <sub>11</sub>	w <sub>12</sub>	...	w <sub>1n</sub>
S <sub>2</sub>	w <sub>21</sub>	w <sub>22</sub>	...	w <sub>2n</sub>
...	...	...	w <sub>ij</sub>	...
S <sub>n</sub>	w <sub>n1</sub>	w <sub>n2</sub>	...	w <sub>nn</sub>

Розв’язування задач (5) та (6) за обмежень (2)–(4) має дати відповіді на такі питання:

які елементи від суб’єктів взаємодії необхідно залучити до побудови системи охорони державного кордону на визначеній ділянці;

які елементи від суб’єктів взаємодії необхідно залучити до виконання конкретних завдань з охорони державного кордону;

яка буде досягнута ефективність охорони державного кордону за комплексним інтегрованим показником та за окремими показниками для кожного із суб’єктів взаємодії;

яким ресурсним забезпеченням досягається максимальна (задана) ефективність охорони державного кордону.

**Висновки.** Декомпозиція структури та функцій суб’єктів забезпечення прикордонної безпеки на елементи побудови системи охорони державного кордону та окремі завдання надала можливість формалізувати структурно-функціональний метод розв’язування задачі раціо-

нального розподілу окремих завдань між суб'єктами взаємодії. Цільовою функцією обрано забезпечення максимальної ефективності дій окремих елементів побудови охорони державного кордону за рахунок залучення сил і засобів суб'єктів взаємодії для виконання спільних завдань.

**Перспективи подальших розвідок у даному напрямі.** Необхідно визначити аналітичні вирази для окремих та комплексного показників оцінювання ефективності охорони державного кордону у взаємодії з іншими суб'єктами забезпечення прикордонної безпеки.

### Список використаної літератури

1. Дудюк Д. Л. Дослідження об'єктів і систем керування : навчальний посібник / Д. Л. Дудюк, В. М. Максимів, Л. Я. Сорока. – К. : ІЗМН, 1998. – 248 с.
2. Журавлев В. Ф. Структурно-функциональный метод изучения технических объектов и исследований : монография / В. Ф. Журавлев, В. Я. Шевченко. – Екаринбург : Рос. гос. проф.-пед. ун-т, 2006. – 105 с.
3. Згуровський М. З. Основи системного аналізу / М. З. Згуровский, Н. Д. Панкратова. – К. : Видавнича гр. ВНУ, 2007. – 544 с.
4. Катеринчук І. С. Обґрунтування математичної моделі розподілу завдань в прикордонній операції між відомствами та органами / І. С. Катеринчук, А. Б. Мисик, Ю. В. Потомський // Труды академії. – К. : НАО, 2006. – Вип. 71. – С. 58–63.
5. Кириченко І. О. Аксиоматичні основи теорії взаємодії службово-бойових систем / І. О. Кириченко, Ю. В. Аллеров, В. І. Тробюк, Ю. Ф. Урсакий // Честь і закон. – 2006. – № 1. – Ст. 9–17.
6. Кириченко І. О. Розроблення ефективних механізмів взаємодії та порядку сумісних дій органів державної влади, місцевого самоврядування з силами охорони правопорядку під час врегулювання кризових ситуацій соціального характеру / І. О. Калінін, І. О. Кириченко // Звіт про науково-дослідну роботу. Шифр – Соціум (заключний). – Харків : Академія внутрішніх військ МВС України, 2012. – 139 с.
7. Кириченко І. О. Сутність, закономірності та принципи взаємодії військ (сил) / І. О. Кириченко, М. М. Литвин, Ю. В. Аллеров // Честь і закон. – 2003. – № 4. – С. 9–16.
8. Литвин М. М. Науково-методологічне забезпечення поетапного реформування системи охорони державного кордону / М. М. Литвин. – Хмельницький : Вид-во НАДПСУ, 2009. – 316 с.

9. Литвин М. М. Прикордонна безпека України: етапи становлення, проблеми і перспективи // Національна безпека: український вимір : щокв. наук. зб. / Ін-т пробл. нац. безпеки; редкол.: Горбулін В. П. (голов. ред.) [та ін.]. – К. – 2008. – Вип. 1 – 2 (20–21). – С. 41–46.

10. Неклонський І. М. Структурно-функціональна модель організації взаємодії підрозділів Національної гвардії України та рятувальних сил Державної служби України з надзвичайних ситуацій / І. М. Неклонський // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2014. – Вип. 3(40). – С. 180–183.

11. Тробюк В. І. Методика структурно-функціонального аналізу варіантів організації взаємодії внутрішніх військ МВС України з Сухопутними військами Збройних Сил України у територіальній обороні : дис. кандидата військових наук : 21.07.05. / Володимир Іванович Тробюк ; Академія внутрішніх військ МВС України. – Харків, 2006. – 224 с.

*Стаття надійшла до редакції 2.09.2016*

*Катеринчук И., Гулеватый Д. **Формализация структурно-функциональных методов организации взаимодействия субъектов пограничной безопасности***

Обосновано научно-методическое обеспечение исследования организации взаимодействия ее субъектов. Разработана и формализована структурно-функциональная модель субъекта обеспечения пограничной безопасности на примере Государственной пограничной службы Украины.

**Ключевые слова:** *функция, задача, национальная безопасность, государственная граница, взаимодействие.*

*Katerynchuk I., Gulevatyi D. **Formalization of structural and functional methods for organization of interaction of border security subjects***

The scientific and methodological support for the study of interaction of the subjects has been substantiated. The structural and functional model of a border security subject based on the example of the State Border Guard Service of Ukraine has been developed and formalized.

**Keywords:** *function, task, national security, state border, interaction.*