

СИМПЛИЦИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ОТНОШЕНИЙ МЕЖДУ ЧЛЕНАМИ ЭКИПАЖА

к.т.н. Ю.Е. Овчаренко, И.В. Рогозин
(представил д.т.н., проф. Е.Е. Александров)

Признано, что с ростом пространственно - временной сложности задач повышаются требования к быстродействию и надежности человека - машинных ситуационных рекомендаций. Научно - методическое обеспечение этой тенденции по - прежнему остается актуальной проблемой, решение которой далеко от окончательных результатов и не доведено до алгоритмических реализаций и практических рекомендаций.

Множество анализируемых Σ^{Θ} - систем с танками $\Theta = (Т-2Б, Т - 80УД, Т - 84, М1А1, М1А2, Челленджер - 2, Леклерк, Леопард - 2)$, трех- и четырехчленными экипажами, решает I_{Σ}^{Θ} задач заданной интенсивности путем выполнения $\forall P_i \in P_{\Sigma}^{\Theta}$ функциональных обязанностей – основных $P_i^{\Theta}(\alpha)$ и дублирования $P_i^{\Theta}(\varphi), P_i^{\Theta}(\beta), P_i^{\Theta}(\gamma)$ [1]. Для Σ^{Θ} - систем с танками Т - 80УД ($\Theta = 1$), Т - 84 ($\Theta = 2$) получены [2] (0, 1) - матрицы инцидентий $\Lambda[P^1(\alpha)] = \Lambda^1(\alpha)$, $\Lambda[P^2(\alpha)] = \Lambda^2(\alpha)$ размера 12×3 при выполнении экипажем основных функций и функций дублирования $\Lambda[P^{\Theta}(\beta)] = \Lambda^{\Theta}(\beta)$, $\Lambda[P^{\Theta}(\gamma)] = \Lambda^{\Theta}(\gamma)$, $\Lambda[P^{\Theta}(\varphi)] = \Lambda^{\Theta}(\varphi)$ в виде:

$$\Lambda^1(\alpha) = \Lambda^2(\alpha) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}; \quad \Lambda^1(\gamma) = \Lambda^2(\gamma) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \quad \Lambda^1(\varphi) = \Lambda^2(\varphi) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

По дублировании $\forall P_i^{\Theta} \in P_{\Sigma}^{\Theta}$ функций $\forall P_j^{\Theta} \in P_{\Sigma}^{\Theta}$ получено, что $\Lambda^1(\beta) = \Lambda^2(\beta) = 0$, $\Lambda^1(\gamma) = \Lambda^2(\gamma)$ и в них $\lambda_{13} = \lambda_{14} = \lambda_{15} = \lambda_{16} = \lambda_{17} = 1$, а $\Lambda^1(\varphi) = \Lambda^2(\varphi)$ имеет значимые связи $\lambda_{28} = \lambda_{211} = \lambda_{32} = \lambda_{312}$ при остальных нулевых. Для Σ^{Θ} - системы с танком Т-72Б имеем значимые связи:

$$\begin{aligned} \Lambda^3(\alpha) - \lambda_{11} = \lambda_{12} = \lambda_{13} = \lambda_{21} = \lambda_{22} = \lambda_{32} = \lambda_{42} = \lambda_{52} = \lambda_{62} = \lambda_{72} = \lambda_{82} = \\ = \lambda_{101} = \lambda_{111} = \lambda_{121} = 1; \quad \lambda^3(\beta) = 0; \quad \lambda^3(\gamma) - \lambda_{13} = \lambda_{71} = 1; \\ \lambda^3(\varphi) - \lambda_{82} = \lambda_{112} = \lambda_{23} = \lambda_{123} = 1 \quad \text{при остальных нулевых.} \end{aligned}$$

Для Σ^{Θ} - систем с танками М1А1 ($\Theta=4$), М1А2 ($\Theta=5$), Леопард - 2 ($\Theta = 6$), Челленджер - 2 ($\Theta = 7$) 12×4 -матрицы имеют вид:

$$\Lambda^{\Theta}(\beta) = 0, \Theta = \overline{4,6}; \quad \Lambda^4(\alpha) = \Lambda^5(\alpha) = \Lambda^6(\alpha)$$

и в каждой из них $\lambda_{11} = \lambda_{12} = \lambda_{14} = \lambda_{21} = \lambda_{22} = \lambda_{32} = \lambda_{52} = \lambda_{72} = \lambda_{81} = \lambda_{84} = \lambda_{101} = \lambda_{104} = \lambda_{111} = \lambda_{121} = 1$ при остальных нулевых;

$$\Lambda^4(\varphi) = \Lambda^5(\varphi) = \Lambda^6(\varphi)$$

и в каждой из них $\lambda_{23} = \lambda_{24} = \lambda_{31} = \lambda_{82} = \lambda_{112} = \lambda_{114} = 1$ при остальных нулевых;

$$\Lambda^4(\gamma) = \Lambda^5(\gamma) = \Lambda^6(\gamma)$$

и в каждой из них $\lambda_{51} = \lambda_{71} = 1$ при остальных нулевых.

Индукцированные матрицами инциденций $\Lambda^{\Theta}(\alpha), \Lambda^{\Theta}(\beta), \Lambda^{\Theta}(\gamma), \Lambda^{\Theta}(\varphi)$ симплициальные комплексы $K_P(I; \lambda(\alpha)), K_P(I; \lambda(\beta)), K_P(I; \lambda(\varphi))$ в их геометрической трактовке изображены в табл. 1, кроме 0 - комплексов $K_P(I; \lambda(\beta))$, образ которых лишь для $\Theta = 3$ представляет 1 - симплекс $P_1(I_{5,7})$. В табл. 1 приведено максимальное число 1 - симплексных связей, реализуемых между номерами расчетов при выполнении основных

функций – $I_{m\alpha}$, и функций соответствующих дублирований – $I_{m\gamma}I_{m\phi}$. Жирной линией на образах $K(;)$ выделены двойные и тройные связи.

Анализ матриц инцидентности и порождаемых ими симплициальных образов многомерных отношений между членами экипажа показывает, что среди них наибольшей связностью обладают основные $P_i^{\oplus}(\alpha)$, связанные с решением задач на рабочем месте. По этому качеству одинаковой структурой связности обладают танки Т-72Б, Т-80УД, Т-84 и Леклерк. Причем, в экипаже командир танка и наводчик более сильно связаны: по двум решаемым задачам – Т-72Б, Т-80УД, Т-84; по трем – Леклерк.

Четырехчленные экипажи танков (Леопард - 2, М1А1, М1А2, Челленджер - 2) образуют подмножество с одинаковой структурой взаимных связей между их членами, сила которой для $\forall P_i \in P_{\Sigma}$ измеряется 1-симплексом. Однако, и в этом подмножестве большая связность зарегистрирована между первыми двумя номерами расчета: Леопард-2 – по двум решаемым задачам, а М1А1, М1А2, Челленджер-2 – по трем.

Геометрический образ $K_P(I; \lambda(\alpha))$ чувствителен к виду и качеству отношений между членами экипажа и может быть использован в качестве эргономического критерия оценки структуры функциональных отношений между ними.

Таблица 1

Геометрические образы функциональных отношений
в экипажах танков

Танк в Σ^{\oplus}	Симплициальный комплекс					
	$K_P(I; \lambda(\alpha))$		$K_P(I; \lambda(\gamma))$		$K_P(I; \lambda(\phi))$	
	Образ K_{α}	$I_{m\alpha}$	Образ K_{γ}	$I_{m\gamma}$	Образ K_{ϕ}	$I_{m\phi}$
Т-80УД		2		5		0
Т-84		2		5		0
Т-72Б		2		2		0
Леклерк		3		3		0
Леопард-2		2		2		1



M1A1		3		2		1
M1A2		3		2		1
Челленджер-2		3		2		1

По дублированию функций другого члена экипажа и машинной части Σ^{\oplus} - системы распадаются на несвязные компоненты, а для танков Т - 72Б, Т - 80УД, Т - 84, Леклерк вторые и третьи номера не играют никакой роли в системе. Такой же вывод относится и к 2, 3, 4 - м номерам расчета танков M1A1, M1A2, Леопард - 2, Челленджер - 2. В этом качестве командиры танков разнятся лишь числом решаемых задач, в ходе которых они могут дублировать строго адресные функции.

Структура отношений между членами экипажа при дублировании каждого из них функций другого не связная для танков Т-72Б, Т-80УД, Т-84, Леклерк, и малосвязная для танков Леопард-2, M1A1, M1A2, Челленджер-2. В последних сила связности – 1-симплексная.

Таким образом, для рассмотренных видов деятельности членов экипажа заданной интенсивности установлена возможность оценки структуры отношений между ними с помощью симплициальных комплексов - критериев $K_p(I; \lambda(\alpha))$, $K_p(I; \lambda(\beta))$, $K_p(I; \lambda(\gamma))$, $K_p(I; \lambda(\phi))$ или в более общем виде при помощи основного симплициального комплекса $K(;)$ со всеми его связанностями. Критерий прост, нагляден, однозначен и унимодален. В случае его неоднозначности необходим анализ числовых показателей, характеризующих его структуру.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овчаренко Ю.Е., Левченко А.А., Балычев Д.М. Структура функциональных связей в экипаже танка в современном бою // Механіка і машинобудування. – 2000. – №2. – С.73 - 76.
2. Овчаренко Ю.Е., Левченко А.А., Балычев Д.М. Симплициальный анализ эргономических аспектов отношений в системе "танк – среда применения" // Труды НТК «Теория и практика разработки колесных и

гусеничных машин специального назначения». – Алушта: ХГПУ. – 2000. – Т.2, №2. – С. 95 - 98.

Поступила в редколлегию 2.04.2001
