

ТЕХНОЛОГИИ И ПРОИЗВОДСТВО

Модель динамического многостороннего информационного конфликта с различными стратегиями участников

С. И. Макаренко^{1, 2}, А. С. Мамончикова²

¹ Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

² Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, Россия

³ Публичное акционерное общество «Информационные телекоммуникационные технологии», Санкт-Петербург, Россия

Постановка проблемы. Развитие теории информационных конфликтов связано с необходимостью формирования новых моделей, учитывающих новые факторы и особенности реальных действий конфликтующих сторон в информационном пространстве. В настоящее время достаточно развитым научно-методическим аппаратом исследования информационного конфликта являются модели в формализме теории марковских процессов и теории игр. При этом модели, основанные на динамических системах, развиты в недостаточной степени, а динамические модели многосторонних конфликтов отсутствуют в известных публикациях.

Цель. Целью работы является формирование динамической модели многостороннего информационного конфликта с различными стратегиями участников.

Результаты. Результатом проведенных исследований является динамическая модель многостороннего информационного конфликта с различными стратегиями участников. Элементами научной новизны модели являются: формализация конфликта в виде системы дифференциальных уравнений, в основу которых положена оригинальная модификация уравнений модели Лотки-Вольтеры; формирование девяти стратегий действий сторон в многостороннем конфликте, обладающих различной степенью конфликтности; формализация каждой стратегии в виде коэффициентов или сложных функций с возможностью моделирования их применения и смены в дуэльных конфликтах между каждой парой сторон.

Практическая значимость. Использование представленной в статье модели позволяет: изучить динамику изменения ресурсов сторон в конфликте; выявить локальные выигрыши и проигрыши в переходном режиме; сделать выводы о глобальных выигрышах и проигрышах сторон на всей длительности конфликта; сформировать рекомендации по выбору стратегий действий конкретных сторон и целесообразном значении параметров их стратегий для достижения ими глобального выигрыша. Указанные исследования могут быть полезны специалистам, ведущим исследования в области информационных систем специального назначения, радиоэлектронной борьбы или информационного противоборства.

Ключевые слова: информационный конфликт, динамическая модель, система связи, дестабилизирующее воздействие, радиоэлектронная борьба, информационное противоборство

Для цитирования:

Макаренко С. И., Мамончикова А. С. Модель динамического многостороннего информационного конфликта с различными стратегиями участников // Радиопромышленность. 2021. Т. 31, № 2. С. 35–48. DOI: 10.21778/2413-9599-2021-31-2-35-48

Dynamic plurilateral information conflict model with different participant strategies

S. I. Makarenko^{1, 2}, A. S. Mamonchikova³

¹ Saint Petersburg Federal research center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

² Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", Saint Petersburg, Russia

³ Public Joint-Stock Company "Information Telecommunications Technologies", Saint Petersburg, Russia

Problem setting. The development of the information theory conflicts is connected with the need to form new models that take into account new factors and features of real actions of conflicting parties in the information area. Currently, a fairly developed scientific and methodological apparatus for study of information conflict are models in the formalism of the Markov theory processes and game theory. At the same time, models based on dynamic systems are not sufficiently developed, and dynamic models of multilateral conflicts are not available in well-known publications.

Target. The purpose of the work is to form a dynamic plurilateral information conflict model with different participant strategies.

Results. The research results in a dynamic plurilateral information conflict model with different participant strategies. The elements of the model scientific novelty are: the conflict formalization in the form of differential equations system, which are based on the original modification of the Lotki-Volterra model equations; nine strategies for action by parties to a multilateral conflict with varying degrees of conflict; each strategy formalization in the form of coefficients or complex functions with the modeling possibility of their application and change in duel conflicts between each pair of sides.

Practical significance. The model presented using in the article allows: to study the dynamic of changes in the conflict parties resources; identify local wins and losses in transition mode; to make conclusions about global wins and losses of the parties over the conflict duration; to make recommendations about party-specific strategies choice and parameters of their strategies usefulness for achieving global wins. These studies may be useful to those skilled special purpose information systems field, electronic warfare or information warfare.

Keywords: information conflict, dynamic model, communication system, destabilizing effect, electronic warfare, information confrontation.

For citation:

Makarenko S. I., Mamonchikova A. S. Dynamic plurilateral information conflict model with different participant strategies. *Radio industry (Russia)*, 2021:31(2); pp. 35–48. (In Russian). DOI: 10.21778/2413-9599-2021-31-2-35-48

Введение

Становление и развитие теории и практики конфликта связано с необходимостью формализации действий конфликтующих сторон [1]. При этом одним из основных направлений аналитического моделирования динамики конфликтов является использование теории динамических систем, в частности модели Ланчестера [2]. Эта модель с достаточной степенью адекватности описывает динамику противостояния двух воюющих сторон, причем, как показано в работах [3–14], в настоящее время существует большое количество вариаций исходной ланчестеровской модели, в каждой из которых рассматриваются разнообразные специфические факторы и

обобщения, направленные на повышение адекватности моделирования боевых действий. Анализ моделей конфликтов в информационной сфере так называемых информационных конфликтов, представленный в работе [15], показывает, что подавляющая часть работ в области моделирования и исследования информационных конфликтов основана на теории марковских процессов, теории игр, немного реже используются методы мультиагентного моделирования и моделирования на основе сетей Петри. При этом методы исследования динамических информационных конфликтов, их формализация в виде динамических систем развиты в недостаточной степени. Работы, в которых моделируются

и исследуются динамические модели информационного конфликта, можно отнести работы следующих ученых: А. Г. Алферова, Ю. Б. Власова, И. О. Толстых, Н. Н. Толстых, Ю. В. Челябинова [16]; А. Н. Асоскова, И. Н. Малышева [17]; С. И. Макаренко [18, 19, 37–39]; Р. Л. Михайлова [20–23]; В. И. Потапова [24]; Г. А. Остапенко, Д. Г. Плотникова, Ю. Н. Гузева [25–28]; Г. Е. Веселова, А. А. Колесникова [29]; Е. Н. Надеждина [30]; А. П. Петрова, А. И. Маслова, Н.А. Цаплина [31]; И.И. Семеновой, А.О. Мишурина [32], В.А. Шведовского, М. А. Петровой [33, 34]; F. Udwadia, G. E. Leitmann, L. Lambertini [35]; А. К. Гришко, А. С. Жумабаевой, Н. К. Юркова [36] и др. Вместе с тем в данных работах так же, как и в вышеуказанных работах, посвященных формализации и исследованию различных вариантов ланчестеровской модели, исследуется исключительно двухсторонний конфликт: симметричный, если обе стороны и нападают, и обороняются, либо несимметричный, когда одна из сторон нападает, а другая обороняется. С учетом этого актуальным направлением исследований в области развития научно-методического аппарата формализации и исследования конфликтов вообще и информационных конфликтов в частности является проведение исследований в области многосторонних информационных конфликтов.

Целью статьи является формирование динамической модели многостороннего информационного конфликта с различными стратегиями участников.

Даная работа продолжает цикл работ авторов [18–19; 37–40] посвященных разработке динамических моделей конфликтов.

Основные положения моделирования конфликта и базовая терминология

Перед формализацией динамического многостороннего информационного конфликта введем базовую терминологию статьи.

Информационный конфликт — процесс столкновения сторон на этапах сбора, формирования, передачи, хранения, обработки, представления и интерпретации информации о состоянии, намерениях и действиях своей и противостоящей стороны, при этом каждая из сторон стремится к упреждающим действиям по отношению к противостоящей стороне и предпринимает определенные действия по снижению возможностей противостоящей стороны, а также к обеспечению независимости и эффективности своих систем от вмешательства и воздействий другой стороны [41].

Как правило, под сторонами, являющимися участниками информационного конфликта, понимаются некоторые информационные системы.

Информационная система — система, предназначенная для формирования, передачи, хранения, поиска, обработки и представления информации, а также соответствующие ресурсы (организационные, технические, финансовые и т. д.), которые обеспечивают данные процессы [42].

Для выполнения информационной системой своих целевых задач ей выделяются соответствующие ресурсы, а внутри системы формируются соответствующие процессы. При этом среди ресурсов информационной системы следует отличать понятия «информационный ресурс» и «ресурс информационного процесса».

Информационный процесс — процесс получения, создания, сбора, обработки, накопления, хранения, поиска, распространения, представления и использования информации [42].

Информационный ресурс — отдельный массив информации, который представлен в форме документов, массивов сведений, совокупности сообщений, баз данных, баз знаний или других форм организованного представления информации [42].

Ресурс информационной системы (далее — ресурс) — количественная мера сил и средств информационной системы, обеспечивающих выполнение ею задач по получению, передаче, обработке, хранению, поиску и представлению информации пользователям или в интересах системы управления более высокого уровня [19].

Как правило, при формализации информационного конфликта рассматривается не информационный ресурс, а именно ресурс информационной системы как совокупность аппаратных, программных, технических и радиотехнических средств, обеспечивающих вышеуказанные информационные процессы. Поэтому в дальнейшем в статье понятие «ресурс» будет использоваться именно в отношении термина «ресурс информационной системы».

Примерами ресурса сторон в информационном конфликте могут быть:

- средства и процессы передачи информации — различного рода датчики, сенсоры, средства наблюдения, а также процессы сбора, накопления и агрегирования информации;
- средства и процессы передачи информации — узлы и каналы связи телекоммуникационных сетей, а также протоколы их функционирования;
- средства и процессы, предназначенные для хранения, поиска и обработки

информации — распределенные информационно-вычислительные (ИВС) или информационно-управляющие системы (ИУС), представляющие собой совокупность аппаратных и программных средств, которые объединяются между собой с помощью телекоммуникационных сетей;

- средства и процессы представления информации — автоматизированные рабочие места (АРМ) пользователей, осуществляющие представление информации через человеко-машинный интерфейс пользователям-операторам; системы поддержки принятия решений, представляющие информацию и рекомендуемые управленческие решения, для лиц, принимающих решения; интерфейсы связи с ИВС и ИУС более высокого уровня;
- средства наблюдения — средства технической разведки (ТСР), используемые для вскрытия ресурсов других сторон, их местоположения, режимов работы и для формирования целеуказания средствам дестабилизирующего воздействия;
- средства дестабилизирующего воздействия (СДВ) — средства огневого поражения, радиоэлектронного подавления или информационно-технического воздействия, предназначенные для уничтожения, подавления, или снижение эффективности ресурсов других сторон.

Каждая сторона, действуя в информационном конфликте, придерживается той или иной стратегии.

Стратегия — в общем смысле: общий, не детализированный план действий, охватывающий длительный период времени и ориентированный на достижение цели [42].

Как правило, для сторон в двухстороннем конфликте рассматриваются две основные стратегии: «нападение» и «оборона». Однако в рамках формализации многостороннего конфликта, как будет показано далее, можно рассмотреть другие стратегии, описывающие действия сторон с различным уровнем конфликтного взаимодействия между собой: «принуждение», «подавление», «избегание» и др.

Целью применения каждой конкретной стороной той или иной стратегии действий является достижение ею выигрыша в информационном конфликте. Здесь, под выигрышем мы будем понимать следующее.

Выигрыш в информационном конфликте — такое распределение ресурсов сторон, при котором выигравшая сторона обладает подавляющим преимуществом в количестве средств и в качестве

процессов, предназначенных для формирования, передачи, хранения, поиска, обработки и представления информации, в то время как проигравшие стороны не могут осуществить эти процессы с требуемым качеством в силу существенных потерь соответствующих средств, либо в связи со снижением их эффективности.

Для формализации задачи введем следующие обозначения:

$i = 1...N$ — номер конфликтующей стороны;

N — число конфликтующих сторон;

t_0 — момент времени, соответствующий началу конфликта;

t — время, соответствующее длительности конфликта;

R — ресурс;

R_i — ресурс i -й стороны;

$R_i(t_0)$ — значение ресурса i -й стороны в момент начала конфликта t_0 ;

α_i — коэффициент, определяющий возможности i -й стороны по наращиванию количества ее ресурса R_i ;

β_i — коэффициент, определяющий убытие ресурса R_i i -й стороны вследствие взаимной конкуренции элементов этой стороны за ресурс между собой;

γ_{ij} — коэффициент, определяющий изменение количества ресурса i -й стороны, вследствие взаимодействия с единицей ресурса j -й стороны. Если $\gamma_{ij} < 0$, то j -я сторона негативно влияет на i -ю сторону. Если $\gamma_{ij} > 0$, то j -я сторона положительно влияет на i -ю сторону. Если $\gamma_{ij} = 0$, то j -я сторона не влияет на i -ю сторону.

$\gamma_i(R_1, \dots, R_n)$ — функция, определяющая сложное изменение количества ресурса i -й стороны R_i вследствие ее взаимодействия ресурсами других сторон ($R_1, \dots, R_{n-1}, R_{n+1}, \dots, R_n$) в динамике развития информационного конфликта.

С учетом введенной терминологии целью каждой i -й стороны рассматриваемого динамического конфликта является максимизация эффективности своего функционирования за счет максимизации доступного ей ресурса $R_i \rightarrow \max$ с целью обеспечения превосходства над другими j -ми сторонами $R_i < R_j$ ($i \neq j$), как правило, за счет снижения их ресурсов $R_j \rightarrow \min$ ($i \neq j$).

Анализ известных динамических моделей информационного конфликта

В работах С. И. Макаренко [18; 19] показано, что для моделей динамических информационных конфликтов в качестве прототипов могут быть использованы модели популяционной динамики, описывающие динамику изменения численности

популяций, при их совместном сосуществовании в процессе эволюции. В частности, приняв за основу формализации информационного конфликта известную модель Лотки-Вольтерры [43], как это обосновано в работах [18; 19], получим, что численность ресурса каждой из сторон в симметричном двухстороннем динамическом информационном конфликте будет описываться системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dR_1}{dt} = \alpha_1 R_1 - \beta_1 R_1^2 - \gamma_{1,2} R_1 R_2; \\ \frac{dR_2}{dt} = \alpha_2 R_2 - \beta_2 R_2^2 - \gamma_{2,1} R_1 R_2; \end{cases} \quad (1)$$

где: $\alpha_i > 0$ — коэффициент, определяющий возможности i -й стороны по наращиванию количества своего ресурса R_i ($i = 1; 2$); β_i — коэффициент, определяющий убытие ресурса R_i i -й стороны вследствие взаимной конкуренции элементов этой стороны между собой ($i = 1; 2$); $\gamma_{i,j}$ — коэффициент, определяющий изменение количества ресурса i -й стороны вследствие взаимодействия с единицей ресурса j -й стороны.

В модели (1) основную роль играют параметры $\gamma_{1,2}$ и $\gamma_{2,1}$, которые по аналогии с ланчестеровскими моделями можно назвать «коэффициентами боевой эффективности» сторон. Коэффициент — $\gamma_{i,j}$ определяет количество единиц ресурса i -й стороны, убывающих вследствие воздействия единицы ресурса (одного боевого «юнита») j -й стороны. При этом в самом общем случае боевые коэффициенты $\gamma_{i,j}$ могут описывать как «негативное» влияние противоборствующей стороны, так и «положительное» влияние. Если перед параметром $\gamma_{i,j}$ в соответствующем дифференциальном уравнении стоит знак «–», то j -я сторона негативно влияет на i -ю сторону. Если перед параметром $\gamma_{i,j}$ в соответствующем дифференциальном уравнении стоит знак «+», то j -я сторона положительно влияет на i -ю сторону. Если $\gamma_{i,j} = 0$, то j -я сторона не влияет на i -ю сторону.

Отметим, что в классических моделях конфликта, традиционно рассматриваются коэффициенты $-\gamma_{i,j}$, формализующие «негативное» влияние противоборствующей стороны. Физический смысл параметра $-\gamma_{i,j}$ можно интерпретировать одним из следующих образов.

1. Параметр $\gamma_{i,j}$ — это число воздействий $\lambda_{i,j}$, производимых в единицу времени j -й стороной на i -ю сторону, умноженное на вероятность $P_{i,j}$ уничтожения (подавления / блокирования) единицы

ресурса i -й стороны в результате такого одиночного воздействия:

$$\gamma_{i,j} = \lambda_{i,j} P_{i,j}.$$

Сходным образом, подобные боевые коэффициенты в ланчестеровских моделях интерпретировал Ф. Ланчестер [2] — коэффициент $\gamma_{i,j}$ интерпретировался как количество выстрелов, производимых в единицу времени одним боевым «юнитом» j -й стороны, умноженное на вероятность поражения одним выстрелом одного боевого «юнита» i -й стороны.

При такой интерпретации численность ресурса каждой стороны убывает пропорционально численности противоположной стороны, интенсивности проведения ею воздействий (огневых, радиоэлектронных или информационных) и вероятности их успешного применения.

2. Параметр $\gamma_{i,j}$ может соответствовать плотности воздействий j -й стороны на i -ю сторону или концентрации ресурсов j -й стороны, которые осуществляют воздействия на i -ю сторону.

3. В «дуэльной интерпретации» параметр $\gamma_{i,j}$ может быть рассмотрен как вероятность поражения единицы ресурса i -й стороны в дуэльном конфликте с единицей ресурса j -й стороны.

Однако, как будет показано далее, использование положительных коэффициентов $+\gamma_{i,j}$, помимо только негативных коэффициентов $-\gamma_{i,j}$, в многостороннем конфликте позволяет сформировать большое число различных стратегий сторон, формализующих переходные уровни их конфликтного взаимодействия.

Слагаемое $-\beta_i R_i^2$ в каждом уравнении системы (1) описывает убытие ресурса этой же стороны вследствие конкуренции элементов этой же стороны между собой. Это слагаемое позволит учесть снижение возможностей каждой из сторон по неограниченному наращиванию своих ресурсов R_i ($i = 1; 2$) вследствие того, что ресурсы, доступные каждой из сторон, в реальности ограничены. При этом указанное «снижение возможностей» растет пропорционально квадрату от значения доступного ресурса, что позволяет описать «квадратичную сложность» дальнейшего наращивания ресурса. В отсутствии слагаемого $-\beta_i R_i^2$ в уравнениях системы (1) ресурсы каждой стороны могли бы наращиваться экспоненциально без ограничений.

Далее рассмотрим модификацию модели (1) в направлении формализации многостороннего конфликта, а также покажем, каким образом формируются различные стратегии сторон в таком конфликте.

Формирование динамической модели многостороннего информационного конфликта с различными стратегиями участников

Рассмотрим модель (1) в предположении, что в конфликте участвует N сторон. Такое допущение особенно характерно для информационных конфликтов. Как показано в работах А. С. Бра- туся, А. С. Новожилова, А. П. Платонова [44], Д. А. Губанова, Д. А. Новикова, А. Г. Чхартишвили [45], С. П. Расторгуева, М. В. Литвиненко [46], С. Н. Бухарина, В. В. Цыганова [47], С. Н. Гриня- ева, Р. В. Арзуманяна, А. В. Воробьева, Е. В. Ань- шиной, В. Ю. Кравченко, Д. А. Медведева [48] по информационному противоборству, характерным проявлением информационных конфликтов, осо- бенно в политико-социологической и социально- психологической сферах, является наличие не- нескольких центров влияния — противоборствующих сторон, которые называются в некоторых работах «актерами» каждая из которых проводит собствен- ную стратегию действий. При наличии N противо- борствующих сторон модель (1) примет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dR_1}{dt} = \alpha_1 R_1 - \beta_1 R_1^2 - \sum_{i=2}^N \gamma_{1,i} R_1 R_i; \\ \dots \\ \frac{dR_n}{dt} = \alpha_n R_n - \beta_n R_n^2 - \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq n}}^N \gamma_{n,i} R_n R_i; \\ \dots \\ \frac{dR_N}{dt} = \alpha_N R_N - \beta_N R_N^2 - \sum_{i=1}^{N-1} \gamma_{N,i} R_N R_i. \end{array} \right. \quad (2)$$

В модели (2) переменные имеют следую- щий смысл: R_n — располагаемые ресурсы n -й конфликтующей стороны ($n = 1 \dots N$); α_n — коэф- фициент, определяющий возможности n -й сто- роны по наращиванию количества своего ресурса R_n ($\alpha_n > 0$, $n = 1 \dots N$); $\gamma_{i,j}$ — коэффициент, определя- ющий изменение количества ресурса i -й стороны вследствие взаимодействия с единицей ресурса j -й стороны ($n = 1 \dots N$).

Модель (2), в отличие от модели (1), позво- ляет, во-первых, формализовать информацион- ный конфликт нескольких противоборствующих сторон; во-вторых, описать различные уровни конфликтности между каждой парой конфликтую- щих сторон в зависимости от итогового знака перед коэффициентами $\gamma_{n,i}$ после раскрытия опе- рации суммы в отдельных выражениях системы (2). Рассмотрим эти особенности модели (2) бо- лее подробно.

Коэффициенты γ в модели (2) формируют ква- дратную несимметричную матрицу коэффициен- тов взаимодействия между сторонами:

$$\begin{vmatrix} 0 & -\gamma_{1,2} & \dots & -\gamma_{1,N} \\ +\gamma_{2,1} & 0 & \dots & +\gamma_{2,N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -\gamma_{N,1} & -\gamma_{N,2} & \dots & 0 \end{vmatrix}.$$

В зависимости от знаков коэффициентов $\gamma_{i,j}$ и $\gamma_{j,i}$ для произвольных i -й и j -й сторон можно определить различные уровни конфликтного взаимодействия между сторонами (см. табл. 1). При этом знак « $-$ » при коэффициенте $-\gamma_{i,j}$ означает что i -я сторона теряет $\gamma_{i,j}$ своего ресурса R_i (снижает количество своих боевых «юнитов») при взаимодействии с единицей ресурса R_j j -й стороны, а знак « $+$ » означает, что i -я сторона наращивает $+\gamma_{i,j}$ единиц своего ресурса при взаимодействии с единицей ресурса R_j j -й стороны.

Отметим, что в общем случае, сумма коэффи- циентов $\sum \gamma_{i,j}$ в модели (2) может быть заменена на более сложную функцию — $\gamma_i(R_1, \dots, R_n)$, которая формализует сложное изменение количества ре- сурса i -й стороны R_i вследствие ее взаимодействия ресурсами других сторон ($R_1, \dots, R_{n-1}, R_{n+1}, \dots, R_n$) в динамике развития информационного конфликта:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dR_1}{dt} = \alpha_1 R_1 - \beta_1 R_1^2 - \gamma_1(R_1, \dots, R_n); \\ \dots \\ \frac{dR_n}{dt} = \alpha_n R_n - \beta_n R_n^2 - \gamma_n(R_1, \dots, R_n); \\ \dots \\ \frac{dR_N}{dt} = \alpha_N R_N - \beta_N R_N^2 - \gamma_N(R_1, \dots, R_n). \end{array} \right. \quad (3)$$

Подобная сложная функция $\gamma_i(R_1, \dots, R_n)$ в попу- ляционной биологии носит наименование «тро- фическая функция», и различные варианты этой функции представлены в работах [43; 44]. Вари- анты использования сложной функции $\gamma_i(R_1, \dots, R_n)$ взаимодействия сторон в симметричном двух- стороннем информационном конфликте пред- ставлено в более ранних работах С. И. Мака- ренко [18; 19].

Именно наличие большего числа стратегий действий сторон, формализация каждой страте- гии в форме коэффициентов или сложных функ- ций, а также возможность применения различных стратегий в дуэльных конфликтах между каждой

Таблица 1
Table 1

**Стратегии конфликтного взаимодействия i -й стороны
с произвольной j -й стороной, ранжированные по мере снижения преимуществ i -й стороны
Conflict interaction strategies of the i -th party with an arbitrary j -th party,
ranked as the advantages of the i -th party decrease**

Тип конфликтного взаимодействия i -й стороны по отношению к j -й стороне	Влияние j -й стороны на i -ю сторону	Влияние i -й стороны на j -ю сторону
Принуждение (паразитизм) — i -я сторона наносит ущерб j -й стороне, в то время как j -я сторона способствует наращиванию ресурсов i -й стороны. Эта стратегия i -й стороны соответствует стратегии j -й стороны «уступка», при рассмотрении обратного взаимодействия j -й стороны с i -й стороной	$+Y_{i,j}$	$-Y_{j,i}$
Комменсализм («нахлебничество») — j -я сторона способствует наращиванию ресурсов i -ой стороны в ответ на нейтральное отношение к ней. Эта стратегия i -й стороны соответствует стратегии j -й стороны «приспособление», при рассмотрении обратного взаимодействия j -й стороны с i -й стороной	$+Y_{i,j}$	0
Подавление (хищничество, аменсализм) — i -я сторона наносит ущерб j -й стороне, в то время как j -я сторона не предпринимает каких-либо действий в отношении i -й стороны. Эта стратегия i -й стороны соответствует стратегии j -й стороны «избегание» при рассмотрении обратного взаимодействия j -й стороны с i -й стороной	0	$-Y_{j,i}$
Союзничество (кооперация, симбиоз) — обе стороны способствует наращиванию ресурсов друг друга	$+Y_{i,j}$	$+Y_{j,i}$
Антагонистический конфликт (конкуренция) — обе стороны наносят друг другу ущерб	$-Y_{i,j}$	$-Y_{j,i}$
Избегание (игнорирование, уклонение) — i -я сторона не предпринимает каких-либо действий в отношении j -й стороны в ответ на нанесение ей ущерба j -й стороной. Эта стратегия i -й стороны соответствует стратегии j -й стороны «подавление» при рассмотрении обратного взаимодействия j -й стороны с i -й стороной	$-Y_{i,j}$	0
Нейтралитет — i -я и j -я стороны не предпринимает каких-либо действий в отношении друг друга	0	0
Приспособление («не провоцирование») — i -я сторона способствует наращиванию ресурсов j -й стороны в ответ на нейтральное отношение к ней. Эта стратегия i -й стороны соответствует стратегии j -й стороны «комменсализм» при рассмотрении обратного взаимодействия j -й стороны с i -й стороной	0	$+Y_{j,i}$
Уступка — i -я сторона способствует наращиванию ресурсов j -й стороны в ответ на нанесение ей ущерба. Эта стратегия i -й стороны соответствует стратегии j -й стороны «принуждение» при рассмотрении обратного взаимодействия j -й стороны с i -й стороной	$-Y_{i,j}$	$+Y_{j,i}$

парой сторон в многостороннем конфликте отличаются предлагаемую многостороннюю модель как от известных моделей информационного конфликта [16–36], так и от ланчестеровских моделей боевых действий [2; 4; 5].

Особенности исследования модели многостороннего информационного конфликта с различными стратегиями участников

Модель (2) относится к нелинейным динамическим системам первого порядка N -й размерности.

Исследование такой модели может вестись несколькими способами.

1. Качественное исследование. Основано на анализе фазового портрета динамической системы в многомерном пространстве. Основные положения качественного анализа динамических систем представлены, например, в работах [49; 50] и предполагают выполнение следующих операций: линеаризацию, определение стационарных точек системы и их классификацию; определение изоклин; формирование фазовых траекторий

и фазового портрета; определение типовых состояний фазового портрета системы, бифуркаций и катастроф; исследование режимов детерминированного хаоса; исследование поведения динамических систем высокой размерности методом сечения Пуанкаре. Выполнение такого качественного анализа для нелинейных динамических систем высокой размерности сопряжено с высокой трудоемкостью. Во-первых, требуется, многократно редуцировать размерность модели, сведя ее к множеству частных динамических систем с размерностью два или один, для которых уже разработаны многократно апробированные способы исследования. Во-вторых, при таком редуцировании отдельной сложной задачей является достоверная интерпретация поведения изначальной многомерной модели по фазовым портретам ее частных редуцированных моделей. Фактически, речь идет о восстановлении динамики поведения модели в N -мерном пространстве, путем анализа поведения фазовых портретов, являющихся проекциями N -мерной модели на ее попарные плоскости или оси, соответствующие частным размерностям.

2. Развитие средств вычислительной техники позволят проводить исследование динамических систем с использованием численных методов. К широко применяемым численным методам исследования динамических систем, которые уже реализованы в популярных пакетах прикладных математических программ (MathCAD, MatLAB, Mathematica и др.), относятся: метод Эйлера, метод Рунге-Кутты с фиксированным или переменным шагом, метод Буллирша-Штейра и др. [49; 51; 52]. Возможность численного исследования динамических систем позволит часть задач качественного анализа, указанных в п. 1, переложить на программное обеспечение. Кроме того, с использованием численных методов можно провести оценку поведения системы, не на всем множестве значений ее варьируемых параметров, а только в том диапазоне значений, которые эти параметры могут принять при моделировании конкретного конфликта. По итогам такого исследования можно принять решение о динамике развития конфликта, влиянии смены стратегии и значений параметров α , β , γ на продолжительность борьбы и динамическое изменение ресурсов сторон на длительность конфликта.

3. В практике моделирования военных конфликтов зачастую исследование тонких особенностей поведения сторон в конфликте — фазовых портретов, бифуркаций, динамики изменения ресурсов сторон и т. д. — не является принципиально

важным. Важным является определение «победивших» и «проигравших» сторон по итогу завершения конфликта, при фиксированных стратегиях сторон и значениях параметров α , β , γ в модели (2). Такая постановка задачи исследования позволяет перейти к поиску комбинации стационарных значений (R_1, \dots, R_N) распределения ресурсов сторон на длительность конфликта $t \rightarrow \infty$, что значительно упрощает анализ модели (2). Это позволяет свести нестационарную модель (2) к соответствующей алгебраической системе уравнений, обнулив значения производных в левой части. Анализ такой алгебраической системы оказывается намного проще, нежели исследование нестационарной модели (2) в явном виде.

Пример формализации многостороннего конфликта с различными уровнями конфликтного взаимодействия между сторонами

Рассмотрим информационный конфликт пяти сторон, входящих в две конфликтующие коалиции (стороны 1–3 и стороны 4, 5), при этом каждая из сторон имеет свою стратегию поведения в конфликте (рис. 1). Основной конфликт разворачивается между сторонами 3 и 4. При этом сторона 5 является союзником стороны 4, а сторона 2 — союзником стороны 3. Однако, эти стороны, а также сторона 1 избегают прямого участия в конфликте, выбирая различные стратегии, позволяющие им, с одной стороны, негативно влиять на стороны в противоположной коалиции, с другой стороны, оказывать поддержку сторонам своей коалиции.

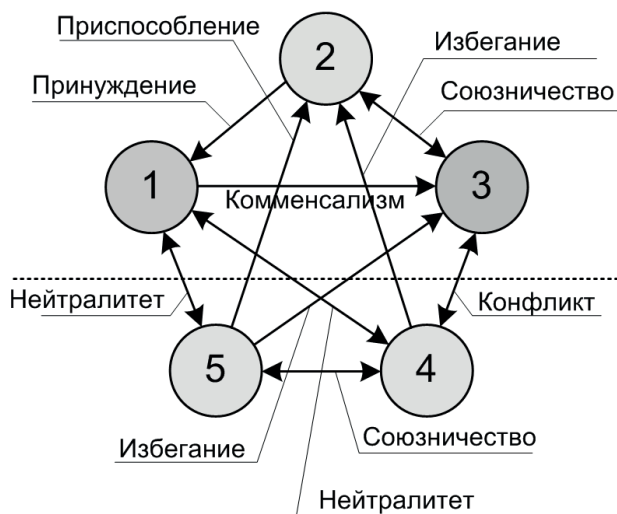


Рис. 1. Вариант многостороннего информационного конфликта с различными стратегиями участников

Fig. 1. A variant of a multi-sided information conflict with different strategies of the participants

Схема коэффициентов, взаимодействия сторон в конфликте, представлена на рис. 2.



Рис. 2. Схема коэффициентов, взаимодействия сторон в информационном конфликте, представленном на рис. 1

Fig. 2. The scheme of coefficients and interaction of the parties in the information conflict, presented in Fig. 1

В соответствии с коэффициентами, соответствующими заданным стратегиям поведения сторон, составим систему дифференциальных уравнений для конфликта на рис. 1:

$$\begin{cases} \frac{dR_1}{dt} = a_1 R_1 - \beta_1 R_1^2 - \gamma_{1,2} R_1 R_2; \\ \frac{dR_2}{dt} = a_2 R_2 - \beta_2 R_2^2 + \gamma_{2,1} R_2 R_1 + \gamma_{2,3} R_2 R_3 + \gamma_{2,5} R_2 R_5; \\ \frac{dR_3}{dt} = a_3 R_3 - \beta_3 R_3^2 + \gamma_{3,1} R_3 R_1 + \gamma_{3,2} R_3 R_2 - \gamma_{3,4} R_3 R_4; \\ \frac{dR_4}{dt} = a_4 R_4 - \beta_4 R_4^2 - \gamma_{4,2} R_4 R_2 - \gamma_{4,3} R_4 R_3 + \gamma_{4,5} R_4 R_5; \\ \frac{dR_5}{dt} = a_5 R_5 - \beta_5 R_5^2 - \gamma_{5,3} R_5 R_3 + \gamma_{5,4} R_5 R_4. \end{cases} \quad (4)$$

Проведем исследование численными методами в соответствии со способом 2 раздела 4 данной статьи.

График, демонстрирующий динамику изменения ресурсов сторон в процессе конфликта при вышеуказанных исходных данных, представлен на рис. 3.

Анализ графиков на рис. 3 позволят проследить динамику развития информационного конфликта. В целом, до момента $t \approx 10,5$ коалиция сторон 4 и 5 имеет преимущество над коалицией сторон 1–3. При этом наибольший выигрыш на длительности $0 \leq t \leq 10,5$ имеет сторона 5, которая

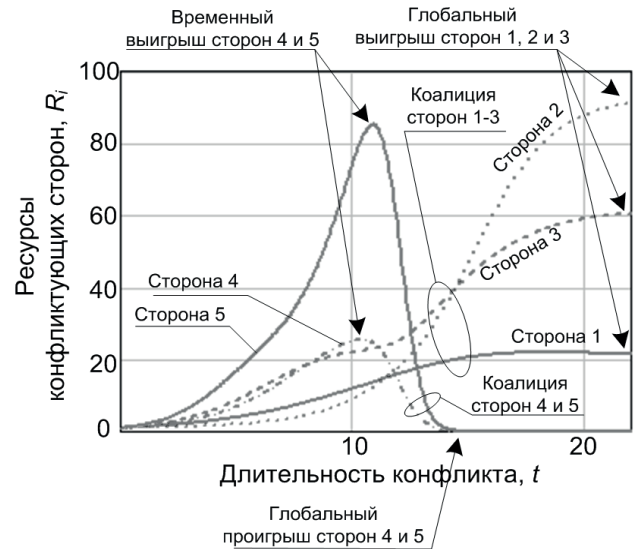


Рис. 3. Динамика изменения ресурсов сторон в процессе конфликта

Fig 3. Dynamics of parties' resources changes during the conflict

напрямую не участвует в конфликте сторон 4 и 3, поддерживает нейтралитет со сторонами 1 и 3, а также придерживается стратегии приспособления по отношению к стороне 2 и стратегии избегания по отношению к стороне 3. В то же время сторона 4, участвуя в прямом конфликте со стороной 3, сначала незначительно проигрывает этой стороне на длительности $0 \leq t \leq 8$, потом получает преимущество на $8 \leq t \leq 11$, а в дальнейшем, при $11 \leq t < \infty$, окончательно проигрывает стороне 3. Если оценивать в совокупности выигрыши коалиций, можно видеть, что моменту $t \approx 10,5$ соответствует временный (локальный) выигрыш коалиции сторон 4, 5, однако дальнейшее развитие конфликта показывает, что на $10,5 \leq t \leq 14,5$ коалиция сторон 4, 5 стремительно утрачивает свое преимущество и при $t \approx 14,5$ достигает проигрыша. Этот проигрыш является глобальным, так как решения системы (4) для конфликтующих сторон после $t > 20$ фактически остаются стационарными при $t \rightarrow \infty$. Аналогично, коалиция сторон 1–3 достигает выигрыша на длительности $t \rightarrow \infty$, при этом, что интересно, наибольшего выигрыша достигает сторона 2, которая была наиболее проигравшей стороной в период $t < 11,5$. По всей видимости, высокий уровень конечного выигрыша в конфликте стороны 2 объясняется теми же причинами, что и выигрыш стороны 5 на длительности $0 \leq t \leq 10,5$. Сторона 2 избегает прямого конфликта сторон 3 и 4 и принимает стратегии избегания и приспособления со стороны сторон 4 и 5 соответственно.

Анализ изменения ресурса сторон в данном конфликте показывает, что изучение динамики развития конфликта, во-первых, позволяет получить расширенное представление о достигаемых выигрышах сторон в переходном режиме динамической модели конфликта на $t < 20$; во-вторых, показывает, что до достижения стационарных состояний при $t \rightarrow \infty$, в процессе развития конфликта различные стороны могут иметь локальные выигрыши и проигрыши, которые не могут быть выявлены путем исследования конфликта с помощью другого математического аппарата, ориентированного именно на нахождение конечных стационарных состояний, например математического аппарата теории марковских процессов или теории игр, которые, как показано в работе [15], получили наиболее широкое распространение для исследования информационных конфликтов.

Выводы

В работе в качестве развития известных ланчестеровских динамических моделей военных конфликтов [2–14], известных моделей борьбы и эволюции биологических популяций [43, 44], а также предыдущих работ авторов [18–19, 37–40] предложена модель динамического многостороннего информационного конфликта с различными стратегиями участников.

Элементами научной новизны модели, отличающей ее как от известных моделей информационного конфликта [16–37], так и от ланчестеровских моделей боевых действий [2, 4, 5], является: формализация конфликта в виде системы дифференциальных уравнений, в основу которых положена оригинальная модификация уравнений модели Лотки-Вольтеры [43, 44]; формирование девяти стратегий действий сторон в многостороннем конфликте (принуждение, комменсализм, подавление, союзничество, конфликт, избегание,

нейтралитет, приспособление, уступка), обладающих различной степенью конфликтности; формализация каждой стратегии в форме коэффициентов или сложных функций с возможностью моделирования их применения и смены в дуэльных конфликтах между каждой парой сторон в многостороннем конфликте.

Использование представленной в статье модели позволяет: изучить динамику изменения ресурсов сторон конфликта, выявить локальные выигрыши и проигрыши в переходном режиме динамической модели, формализующей конфликт; сделать выводы о глобальных выигрышах и проигрышах сторон при $t \rightarrow \infty$; сформировать рекомендации по выбору стратегий действий конкретных сторон и целесообразном значении параметров их стратегий (параметров α, β, γ) для достижения ими глобального выигрыша. Это не может быть выявлено и достигнуто путем исследования информационного многостороннего конфликта с помощью другого математического аппарата, например, математического аппарата теории марковских процессов или теории игр, которые, как показано в работе [15], получили наиболее широкое распространение для исследования информационных конфликтов.

Дальнейшим развитием предложенной модели, на взгляд авторов, может быть следующее: формирование моделей многоэтапных конфликтов, учитывающих смену взаимодействия сторон на каждом этапе, в зависимости от достигнутого на предыдущем этапе выигрыша / проигрыша; разработка моделей конфликта коалиций, в которых каждая сторона придерживается собственной стратегии действий; нахождение условий, в которых многосторонние конфликты переходят в режимы детерминированного хаоса; исследование возможностей выигрыша сторон в таких режимах.

ПРИСТАТЕЙНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новиков Д. А. Иерархические модели военных действий // Управление большими системами : сб. тр. 2012. № 37. С. 25–62.
2. Lanchester F. Aircraft in warfare: The dawn of the fourth arm. London, Constable and Co., 1916, 243 p.
3. Чуев В. Ю., Дубоград И. В. Стохастизм и детерминизм при моделировании двухсторонних боевых действий // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. «Естественные науки». 2017. № 4. С. 16–28.
4. Taylor J. Lanchester Models of Warfare. Vol. 1. Arlington, Operations Research Society of America, 1983, 570 p.
5. Taylor J. Lanchester Models of Warfare. Vol 2. Arlington, Operations Research Society of America, 1983, 815 p.
6. Митюков Н. В. Определение жертв войн через ланчестерские модели // Историческая психология и социология истории. 2009. № 2. С. 122–140.
7. Юртиков Р. А., Митюков Н. В. Программа для прогнозирования хода конфликта по гомогенным моделям ланчестерского класса // Информационные технологии в инновационных проектах : ТР. IV Междунар. науч.-техн. конф. : в 4 ч. 2003. С. 106–109.
8. Митюков Н. В. К вопросу о типологии ланчестерских моделей // Круг идей: Междисциплинарные подходы в исторической информатике : тр. X конф. Ассоциации «История и компьютер». 2008. С. 375–399.

9. Митюков Н. В. Моделирование военных операций // Информационные технологии в инновационных проектах // Тр. III Междунар. науч.-техн. конф. 2001. С. 57–59.
10. Митюков Н. В., Юртиков Р. А. Классификация дифференциальных моделей конфликтных ситуаций // Деструктивность человека: феноменология, динамика, коррекция : материалы II регион. науч.-практ. конф. 2003. С. 390–404.
11. Чуев В. Ю., Дубограй И. В. Модели двусторонних боевых действий многочисленных группировок // Математическое моделирование и численные методы. 2016. № 9. С. 89–104.
12. Чуев В. Ю., Дубограй И. В. Стохастизм и детерминизм при моделировании двухсторонних боевых действий // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. «Естественные науки». 2017. № 4. С. 16–28. DOI: 10.18698/1812-3368-2017-4-16-28.
13. Витко А. В., Поленин В. И. Введение в теорию боевых позиций и боевых пространств в мере боевых потенциалов как средства оценки боевых возможностей сил (войск) // Глобус: технические науки. 2019. С. 19–27. DOI: 10.31618/2658-5197-2019-29-5-3.
14. Поленин В. И., Сущенков Д. А. Разработка модели вооруженного противоборства боевых систем тактического уровня с нанесением ударов непосредственно по боевой системе противника и отражением ударов противника по своей боевой системе // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). Военные науки. 2015. № 8 (17). С. 167–171.
15. Макаренко С. И., Михайлов Р. Л. Информационные конфликты — анализ работ и методологии исследования // Системы управления, связи и безопасности. 2016. № 3. С. 95–178. DOI: 10.24411/2410-9916-2016-10304.
16. Алферов А. Г., Власов Ю. Б., Толстых И. О., Толстых Н. Н., Челядинов Ю. В. Формализованное представление эволюционирующего информационного конфликта в телекоммуникационной системе // Радиотехника. 2012. № 8. С. 27–33.
17. Асосков А. Н., Малышева И. Н. К вопросу о синтезе алгоритма управления инфокоммуникационной системы в условиях информационного конфликта // Теория и техника радиосвязи. 2011. № 4. С. 19–26.
18. Макаренко С. И. Модели воздействия средств радиоэлектронной борьбы на систему связи на основе методов популяционной динамики // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7. № 1. С. 96–99.
19. Макаренко С. И. Динамическая модель двунаправленного информационного конфликта с учетом возможностей сторон по наблюдению, захвату и блокировке ресурса // Системы управления, связи и безопасности. 2017. № 1. С. 60–97. DOI: 10.24411/2410-9916-2017-10106.
20. Михайлов Р. Л. Модель динамической координации подсистем наблюдения и воздействия в информационном конфликте в виде иерархической дифференциальной игры трех лиц // Научные технологии. 2018. Т. 19. № 10. С. 44–51.
21. Михайлов Р. Л., Ларичев А. В., Смылова А. Л., Леонов П. Г. Модель распределения ресурсов в информационном конфликте организационно-технических систем // Вестник Череповецкого государственного университета. 2016. № 6 (75). С. 24–29.
22. Михайлов Р. Л., Поляков С. Л. Модель оптимального распределения ресурсов и исследование стратегий действий сторон в ходе информационного конфликта // Системы управления, связи и безопасности. 2018. № 4. С. 323–344.
23. Михайлов Р. Л., Шишков А. И. Принципы координации подсистем наблюдения и воздействия // Научная мысль. 2017. Т. 1. № 3 (25). С. 38–43.
24. Потапов В. И. Математические модели динамических технических объектов конфликтных ситуаций. Омск : Омский гос. техн. ун-т, 2017. 124 с.
25. Остапенко Г. А., Плотников Д. Г., Гузев Ю. Н. Особенности конфликтологии взвешенных сетей: понятие сетевого конфликта // Информация и безопасность. 2016. Т. 19. № 1. С. 136–137.
26. Остапенко Г. А., Плотников Д. Г., Гузев Ю. Н. Формализация описания сетевого конфликта // Информация и безопасность. 2016. Т. 19. № 2. С. 232–237.
27. Остапенко Г. А., Плотников Д. Г., Гузев Ю. Н. Стратегии сетевого противоборства // Информация и безопасность. 2016. Т. 19. № 2. С. 250–253.
28. Остапенко Г. А., Плотников Д. Г., Гузев Ю. Н. Динамика развития сетевого конфликта // Информация и безопасность. 2016. Т. 19. № 2. С. 278–279.
29. Веселов Г. Е., Колесников А. А. Синергетический подход к обеспечению комплексной безопасности сложных систем // Известия ЮФУ. Технические науки. 2012. № 4 (129). С. 8–18.
30. Надеждин Е. Н. Оценка эффективности механизма защиты сетевых ресурсов на основе игровой модели информационного противоборства // Научный вестник. 2015. № 2 (4). С. 49–58.
31. Петров А. П., Маслов А. И., Цаплин Н. А. Моделирование выбора позиций индивидами при информационном противоборстве в социуме // Математическое моделирование. 2015. Т. 27. № 12. С. 137–148.
32. Семенова И. И., Мишуринов А. О. Система управления моделями в области информационного противоборства // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2010. Т. 4. № 1 (49). С. 150–160.
33. Шведовский В. А., Петрова М. А. Математическое моделирование напряженности этно-политического конфликта // Социология: методология, методы, математическое моделирование. 2001. № 14. С. 151–175.
34. Шведовский В. А. Динамическая модель электорального поведения // Математическое моделирование. 2000. Т. 12. № 8. С. 46–56.
35. Udwadia F., Leitmann G. E., Lambertini L. A. Dynamical model of terrorism // Discrete Dynamics in Nature and Society, 2006, Article ID 85653, pp. 1–32. DOI: 10.1155/DDNS/2006/85653.

36. Гришко А. К., Жумабаева А. С., Юрков Н. К. Управление электромагнитной устойчивостью радиоэлектронных систем на основе вероятностного анализа динамики информационного конфликта // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2016. № 4 (18). С. 66–75.
37. Макаренко С. И. Информационный конфликт системы связи с системой дестабилизирующих воздействий. Часть II. Формализация основных аспектов, определяющих выигрыш в конфликте // Техника радиосвязи. 2020. № 3 (46). С. 103–115. DOI: 10.33286/2075-8693-2020-46-103-115.
38. Макаренко С. И. Информационный конфликт системы связи с системой дестабилизирующих воздействий. Часть I: Концептуальная модель конфликта с учетом ведения разведки, физического, радиоэлектронного и информационного поражения средств связи // Техника радиосвязи. 2020. № 2 (45). С. 104–117. DOI: 10.33286/2075-8693-2020-45-104-117.
39. Макаренко С. И. Динамическая модель системы связи в условиях функционально-разноуровневого информационного конфликта наблюдения и подавления // Системы управления, связи и безопасности. 2015. № 3. С. 122–185. DOI: 10.24411/2410-9916-2015-10307.
40. Мамончикова А. С. Формализация информационного конфликта на основе теории динамических систем // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2020. Т. 12. № 6. С. 68–75. DOI: 10.36724/2409-5419-2020-12-6-68-75.
41. Макаренко С. И. Модели системы связи в условиях преднамеренных дестабилизирующих воздействий и ведения разведки : монография. СПб. : Научные технологии. 2020. 337 с.
42. Макаренко С. И. Справочник научных терминов и обозначений. СПб. : Научные технологии, 2019. 254 с.
43. Базыкин А. Д. Нелинейная динамика взаимодействующих популяций. М. ; Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2003. 368 с.
44. Братусь А. С., Новожилов А. С., Платонов А. П. Динамические системы и модели биологии. М. : Физико-математическая литература, 2009. 400 с.
45. Губанов Д. А., Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. М. : Изд-во физико-математической лит-ры, 2010. 228 с.
46. Рассторгуев С. П., Литвиненко М. В. Информационные операции в сети Интернет. М. : АНО ЦСОИП, 2014. 128 с.
47. Бухарин С. Н., Цыганов В. В. Методы и технологии информационных войн. М. : Академический проект, 2007. 382 с.
48. Иррегулярные конфликты: «цветные революции». Анализ и оценка форм, приемов и способов ведения операций по смене режимов в суверенных государствах / С. Н. Гриняев, Р. В. Арзуманян, А. В. Воробьев, Е. В. Аньшина, В. Ю. Кравченко, Д. А. Медведев. М. : АНО ЦСОИП, 2015. 236 с.
49. Дорошин А. В. Математическое моделирование в нелинейной динамике. Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2008. 100 с.
50. Кольцова Э. М., Гордеев Л. С. Методы синергетики в химии и химической технологии. М. : Химия, 1999. 256 с.
51. Тарасевич Ю. Ю. Численные методы на Mathcad'e. Астрахань : Астрахан. гос. пед. ун-т, 2000. 70 с.
52. Дьяконов В. П., Абраменкова И. В., Пеньков А. А. Новые информационные технологии. Ч. 3. Основы математики и математическое моделирование. Смоленск : СГПУ, 2003. 192 с.

REFERENCES

1. Novikov DA. Hierarchical models of military operations. *Management of large systems. Collection of works*, 2012;37:25–62. (In Russian).
2. Lanchester F. Aircraft in warfare: The dawn of the fourth arm. London, Constable and Co., 1916, 243 p.
3. Chuev VYu, Dubograd IV. Stochasticism and determinism in modeling bilateral hostilities. *Bulletin of the Moscow State Technical University named after N. E. Bauman. Ser. Natural sciences*, 2017;4:16–28. (In Russian).
4. Taylor J. Lanchester Models of Warfare. Vol. 1. Arlington, Operations Research Society of America, 1983, 570 p.
5. Taylor J. Lanchester Models of Warfare. Vol.2. Arlington, Operations Research Society of America, 1983, 815 p.
6. Mityukov NV. Determination of victims of wars through Lanchester models. *Istoricheskaya psikhologiya i sotsiologiya istorii*, 2009;2:122–140. (In Russian).
7. Yurtikov RA, Mityukov NV. Program for predicting the course of the conflict according to homogeneous models of the Lanchester class. *Informatsionnye tekhnologii v innovatsionnykh proektakh. Trudy IV Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [Information technologies in innovative projects. Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference: in 4 parts], 2003, pp. 106–109. (In Russian).
8. Mityukov NV. On the question of the typology of Lanchester models. *Krug idei: Mezhdistsiplinarnye podkhody v istoricheskoi informatike. Trudy X konferentsii Assotsiatsii "Istoriya i kompyuter"* [A circle of ideas: Interdisciplinary approaches in historical informatics. Works of the X conference of the Association "History and Computer"], 2008, pp. 375–399. (In Russian).
9. Mityukov NV. Modeling of military operations. Information technologies in innovative projects. *Informatsionnye tekhnologii v innovatsionnykh proektakh. Trudy III mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [Proceedings of the III International Scientific and Technical Conference], 2001, pp. 57–59. (In Russian).
10. Mityukov NV, Yurtikov RA. Classification of differential models of conflict situations. *Destruktivnost cheloveka: fenomenologiya, dinamika, korrektsiya. Materialy 2-i regionalnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Human destruction: phenomenology, dynamics, correction. Materials of the 2nd regional scientific and practical conference], 2003, pp. 390–404. (In Russian).

11. Chuev VYu, Dubograd IV. Models of bilateral hostilities of numerous groups. *Matematicheskoe modelirovanie i chislennye metody*, 2016;9:89–104. (In Russian).
12. Chuev VYu, Dubograd IV. Stochasticism and determinism in modeling bilateral hostilities. *Vestnik MGTU im. N. E. Baumana. Ser. Estestvennye nauki*, 2017;4:16–28. (In Russian). DOI: 10.18698/1812-3368-2017-4-16-28.
13. Vitko AV, Polenin VI. Introduction to the theory of combat positions and combat spaces in terms of combat potentials as a means of assessing the combat capabilities of forces (troops). *Globus: tekhnicheskie nauki*, 2019, pp. 19–27. (In Russian). DOI:10.31618/2658-5197-2019-29-5-3.
14. Polenin VI, Suschenkov DA. Development of a model of armed confrontation of tactical-level combat systems with striking directly against the enemy combat system and repelling enemy attacks on its combat system. *Evrasiiskii Soyuz Uchenykh (ESU). Voennye nauki*, 2015;8(17):167–71. (In Russian).
15. Makarenko SI, Mikhailov RL. Information conflicts — analysis of work and research methodology. *Systems of Control, Communication and Security*, 2016;3:95–178. (In Russian). DOI: 10.24411/2410-9916-2016-10304.
16. Alferov AG, Vlasov JB, Tolstykh IO, Tolstykh NN, Chelajdinov JV. The formalized representation of the evolving information conflict in telecommunication system. *Radiotekhnika*, 2012;8:27–33. (In Russian).
17. Asoskov AN, Malysheva IN. On infocommunication system management algorithm synthesis under information conflict conditions. *Teoriia i tekhnika radiosvyazi*, 2011;4:19–26. (In Russian).
18. Makarenko SI. Models of effects of electronic warfare means on communication system based on methods of population dynamics. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2011;7(1):96–9. (In Russian).
19. Makarenko SI. Dynamic Model of the Bi-directional Information Conflict to Take into Account Capabilities of Monitoring, Capturing and Locking of Information Resources. *Systems of Control, Communication and Security*, 2017;1:60–97. (In Russian). DOI: 10.24411/2410-9916-2017-10106.
20. Mihajlov RL. Model of dynamic coordination of observation and impact subsystems in information conflict in the form of hierarchical differential game of three persons. *Naukoemkie tekhnologii*, 2018;19(10):44–51. (In Russian).
21. Mihajlov RL, Larichev AV, Smyslova AL, Leonov PG. Model of resource allocation in information conflict of organizational and technical systems. *Vestnik Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2016;6(75):24–9. (In Russian).
22. Mihajlov RL, Polyakov SL. Model of optimal allocation of resources and study of strategies of actions of the parties during information conflict. *Systems of Control, Communication and Security*, 2018;4:323–44. (In Russian).
23. Mihajlov RL, Shishkov AI. Principles of Coordination of Observation and Impact Subsystems. *Nauchnaya mysl*, 2017;1(3)(25):38–43. (In Russian).
24. Potapov VI. *Matematicheskie modeli dinamicheskikh tekhnicheskikh obektov konfliktnykh situatsij* [Mathematical models of dynamic technical objects of conflict situations]. Omsk, Omsk State Technical University Publ., 2017, 124 p. (In Russian).
25. Ostapenko GA, Plotnikov DG, Guzev YN. Features of conflictology of the weighed networks: concept of the network conflict. *Informatsiia i bezopasnost*, 2016;19(1):136–7. (In Russian).
26. Ostapenko GA, Plotnikov DG, Guzev YN. Formalization of the description of the network conflict. *Informatsiia i bezopasnost*, 2016;19(2):232–7. (In Russian).
27. Ostapenko GA, Plotnikov DG, Guzev YN. Strategy of network oppositon. *Informatsiia i bezopasnost*, 2016;19(2):250–3. (In Russian).
28. Ostapenko GA, Plotnikov DG, Guzev YN. Dynamics of development of the network conflict. *Informatsiia i bezopasnost*. 2016;19(2):278–9. (In Russian).
29. Veselov GE, Kolesnikov AA. A synergistic approach to ensuring overall security of complex systems. *Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie nauki*, 2012;129(4):8–18. (In Russian).
30. Nadezhdin EN. Evaluation of the effectiveness of the protection mechanism of network resources based gaming model of information warfare. *Nauchnyi vestnik*, 2015;4(2):49–58. (In Russian).
31. Petrov AP, Maslov AI, Tsaplin NA. Modeling of Making Choices by Individuals During Information Warfare in Society. *Matematicheskoe modelirovanie*, 2015;27(12):137–48. (In Russian).
32. Semenova II, Mishurin AO. Management System Model of Information Counterforce. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2010;4(1):150–60. (In Russian).
33. Shvedovskii VA, Petrova MA. Mathematical modeling of the tension of ethno-political conflict. *Sotsiologiya: metodologiya, metody, matematicheskoe modelirovanie*, 2001;14:151–75. (In Russian).
34. Shvedovskii VA. A dynamic model of electoral behavior. *Matematicheskoe modelirovanie*, 2000;12(8):46–56. (In Russian).
35. Udvardia F, Leitmann GE, Lambertini LA. Dynamical model of terrorism. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2006;85653:1–32. DOI: 10.1155/DDNS/2006/85653.
36. Grishko AK. Electromagnetic stability management of radio electronic systems based on probabilistic analysis of information conflict dynamics. *Izmerenie. Monitoring. Upravlenie. Kontrol*, 2016;4(18):66–75. (In Russian).
37. Makarenko SI. Information conflict between a communication system and a system of destabilizing influences. Part II. Formalized main aspects determine win in the conflict. *Tekhnika radiosvyazi*, 2020;3(46):103–115. (In Russian). DOI: 10.33286/2075-8693-2020-46-103-115.
38. Makarenko SI. Information conflict between a communication system and a system of destabilizing influences. Part 1. A conceptual conflict model taking into account signal and communications intelligence, fire weapons, electronic and microwave warfare, cyber-attacks. *Tekhnika radiosvyazi*, 2020;2(45):104–117. (In Russian). DOI: 10.33286/2075-8693-2020-45-104-117.
39. Makarenko SI. Dynamic Model of Communication System in Conditions the Functional Multilevel Information Conflict of Monitoring and Suppression. *Systems of Control, Communication and Security*, 2015;3:122–185. (In Russian). DOI: 10.24411/2410-9916-2015-10307.

40. Mamonchikova AS. Formalization of information conflict based on the theory of dynamic systems. *H&ES Research*, 2020;12(6):68–75. (In Russian). DOI: 10.36724/2409-5419-2020-12-6-68-75.
41. Makarenko SI. *Modeli sistemy svyazi v usloviyah prednamerennykh destabilizirujushchih vozdeystvij i vedenija razvedki. Monografija* [Models of communication systems in conditions of deliberate destabilizing impacts and intelligence. Monograph]. Saint Petersburg, Naukoemkie Tehnologii Publ., 2020, 337 p. (In Russian).
42. Makarenko SI. *Spravochnik nauchnykh terminov i oboznachenij* [Handbook of scientific terms and designations]. Saint Petersburg, Naukoemkie Tehnologii Publ., 2019, 254 p. (In Russian).
43. Bazykin AD. *Nelineinaya dinamika vzaimodeistvuyushchikh populyatsij* [Nonlinear dynamics of interacting populations]. Moscow, Izhevsk, Institute of Computer Research publ., 2003, 368 p. (In Russian).
44. Bratus AS, Novozhilov AS, Platonov AP. *Dinamicheskie sistemy i modeli biologii*, [Dynamic systems and models of biology]. Moscow, Fiziko-matematicheskaya literatura Publ., 2009, 400 p. (In Russian).
45. Gubanov DA, Novikov DA, Chkhartishvili AG. *Sotsialnye seti: modeli informatsionnogo vliyaniya, upravleniya i protivoborstva* [Social networks: models of information influence, management and anti-defense]. Moscow, Izdatelstvo fiziko-matematicheskoi literatury Publ., 2010, 228 p. (In Russian).
46. Rastorguev SP, Litvinenko MV. *Informatsionnye operatsii v seti Internet* [Information operations on the Internet]. Moscow, ANO TsSOiP Publ., 2014, 128 p. (In Russian).
47. Bukharin SN, Tsyganov VV. *Metody i tekhnologii informatsionnykh vojn* [Methods and technologies of information wars]. Moscow, Akademicheskii proekt Publ., 2007, 382 p. (In Russian).
48. Grinyaev SN, Arzumanyan RV, Vorobyov AV, Anshina EV, Kravchenko VYu, Medvedev DA. *Irregulyarnye konflikty: «tsvetnye revolyutsii»*. *Analiz i otsenka form, priemov i sposobov vedeniya operatsii po smene rezhimov v suverennykh gosudarstvakh* [Irregular conflicts: “color revolutions.” Analysis and evaluation of forms, techniques and methods of conducting regime change operations in sovereign States]. Moscow, ANO TsSOiP Publ., 2015, 236 p. (In Russian).
49. Doroshin AV. *Matematicheskoe modelirovanie v nelineinoy dinamike* [Mathematical modeling in nonlinear dynamics]. Samara, Izdatelstvo Samarskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta Publ., 2008, 100 p. (In Russian).
50. Koltsova EM, Gordeev LS. *Metody sinergetiki v khimii i khimicheskoi tekhnologii* [Methods of synergy in chemistry and chemical technology]. Moscow. Khimiya Publ., 1999, 256 p. (In Russian).
51. Tarasevich YuYu. *Chislennyye metody na Mathcad'e* [Numerical methods on Mathcad'e]. Astrakhan, Astrakhanskii gosudarstvennyi pedagogicheskii universitet Publ., 2000, 70 p. (In Russian).
52. Dyakonov VP, Abramenkova IV, Penkov AA. *Novye informatsionnye tekhnologii. Chast 3. Osnovy matematiki i matematicheskoe modelirovanie* [New information technologies. Part 3. Fundamentals of mathematics and mathematical modeling]. Smolensk, SSPU Publ., 2003, 192 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Макаренко Сергей Иванович, д. т. н., доцент, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра Российской академии наук; профессор кафедры информационной безопасности Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), 199178, Россия, Санкт-Петербург, 14 линия, д. 39, e-mail: mak-serg@yandex.ru. ORCID: 0000-0001-9385-2074.

Мамончикова Алина Сергеевна, соискатель ученой степени к. т. н, патентный поверенный РФ, специалист 1 кат. патентного бюро Публичного акционерного общества «Информационные телекоммуникационные технологии» (ПАО «Интелтех»), 197342, Россия, Санкт-Петербург, Кантемировская ул., д. 8, e-mail: alinitta33@mail.ru.

AUTHORS

Sergey I. Makarenko, D.Sc. (Engineering), associate professor, leading researcher St. Petersburg Federal research center of the Russian Academy of Sciences; professor of Information Security Department. Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI”, 39, 14 Linia, St. Petersburg, 197376, Russia, e-mail: mak-serg@yandex.ru. ORCID: 0000-0001-9385-2074.

Alina S. Mamonchikova, postgraduate student, patent attorney of the Russian Federation, specialist of the patent office of the Public Joint-Stock Company “Information Telecommunications Technologies” (PJSC “Inteltech”), 8, ulitsa Kantemirovskaya, St. Petersburg, 197342, Russia, e-mail: alinitta33@mail.ru.

Поступила 13.05.2021; принята к публикации 18.05.2021; опубликована онлайн 28.06.2021.
Submitted 13.05.2021; revised 18.05.2020; published online 28.06.2021.