

УДК 514.2

Математическая модель тенденций совместного развития информационной, космической и экономической обстановок

Mathematical model of trends in the joint development of the information, space and economic environment

Привалов / Privalov A.

Андрей Андреевич

(aprivalov@inbox.ru)

доктор военных наук, профессор.

ФГКВОУ ВО «Военная академия связи имени

Маршала Советского Союза С. М. Буденного»

(ВАС им. С. М. Буденного) МО РФ,

профессор кафедры применения войск связи.

г. Санкт-Петербург

Колесов / Kolesov V.

Вадим Александрович

(z01z1@mail.ru)

кандидат военных наук, доцент.

ВАС им. С. М. Буденного,

преподаватель кафедры организации

информационно-аналитической работы.

г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: математическая модель – mathematical model; информационная, космическая и экономическая обстановки – information, space and economic environment; стохастическая сеть – stochastic network; эквивалентная функция – equivalent function; прогнозная оценка – forward-looking assessment; современные информационные технологии – modern information technologies.

В статье предложена математическая модель тенденций совместного развития информационной, космической и экономической обстановок. Модель использует метод топологического преобразования стохастической сети. Особенностью используемого решения поставленной задачи является поэтапное укрупнение стохастической сети, позволяющее существенно упростить формальную запись ее эквивалентной функции и последующую процедуру определения функции распределения времени реализации моделируемого процесса.

The article proposes a mathematical model of trends in the joint development of the information, space and economic environment. The model uses the method of topological transformation of a stochastic network. A feature of the solution used for this task is the step-by-step enlargement of the stochastic network, which makes it possible to significantly simplify the formal recording of its equivalent function and the subsequent procedure for determining the time distribution function for the implementation of the simulated process.

В настоящее время опубликован ряд работ, посвященных анализу развития информационной обстановки [10, 13], космической обстановки [11, 15] и экономической обстановки [11, 18]. Однако возникает необходимость проведения совместного моделирования тенденций совместного развития информационной, космической и экономической обста-

новки [3, 5, 9]. В статье предложена математическая модель тенденций совместного развития информационной, космической и экономической обстановок при прогнозной оценке реализации потребностей государственных, коммерческих и общественных структур в предоставлении различных информационных услуг с учетом развития современных информационных технологий. Модель основана на использовании разнотипных исходных данных и метода топологического преобразования стохастической сети. Особенностью полученного решения является поэтапное укрупнение стохастической сети, позволяющее существенно упростить формальную запись ее эквивалентной функции и последующую процедуру определения функции распределения времени реализации моделируемого процесса.

На основе разработанной модели получены количественные оценки по реализации возможных потребностей государственных, коммерческих и общественных структур в предоставлении различных информационных услуг.

Анализ особенностей и составных элементов информационной, космической и экономической обстановки

Общее понятие «обстановка» подразумевает под собой учет всех факторов и условий, в которых осуществляется функционирование различных систем.

В результате анализа общего понятия обстановки выявлены следующие особенности [1, 3, 14, 16]:

1. По масштабности в зависимости от количества переменных, входящих в описание обстановки: сублокальный (до трех переменных), локальный (4–14 переменных), субглобальный (15–35 переменных), глобальный (36–100 переменных), суперглобальный (более 100 переменных).

2. По сложности анализа обстановки: сверхпростой (существенные связи между переменными отсутствуют), простой (между переменными есть парные связи), сложный (необходимо учитывать взаимосвязь трех и более переменных), сверхсложный (необходимо учитывать связи между всеми имеющимися переменными).

3. По степени детерминированности обстановки: детерминированная (может быть описана в детерминированном виде с удовлетворительной точностью), стохастическая (требуется учет случайной составляющей в переменных), смешанная.

4. По характеру развития обстановки во времени: дискретная (регулярная составляющая изменяется фиксированными скачками), аперiodическая (регулярная составляющая описывается непрерывной аперiodической функцией), циклическая (имеет регулярную составляющую в виде периодической функции).

5. По степени информационной обеспеченности обстановки: обстановка с полным обеспечением количественной информацией (достаточным для анализа с заданной точностью), обстановка с неполным обеспечением количественной информацией (на заданном временном интервале не обеспечивается заданная точность прогноза), обстановка с полным обеспечением ретроспективной информацией (полностью отсутствует информация на текущий момент времени), обстановка с полным отсутствием ретроспективной информации (несуществующие на текущий момент времени объекты).

Соответствие между типами обстановки и методами, которые могут использоваться для анализа ее развития, приведено в таблице 1. Основной целью анализа развития обстановки является разработка ее адекватной прогнозной модели.

Информационная обстановка – это совокупность людей, организаций и систем, собирающих, обра-

Таблица 1

Соответствие между типами обстановки и методами анализа ее развития

Методы анализа	Типы обстановки				
	Масштаб	Сложность	Степень детерминированности	Характер изменения	Информационное обеспечение
Математическая подгонка полиномами	1-5	1, 2	1	2, 3	1, 2
Экстраполяция по элементарным функциям	1-5	1,2	1, 2	2, 3	1, 2
Экстраполяция с дисконтированием	1-5	1, 2	2, 3	1, 2	1
Авторегрессионные модели	1-5	1	2	2, 3	1
Парные регрессии	1	2	2	2, 3	1, 2
Множественные регрессии	2-5	3, 4	2	2, 3	1, 2
Компонентный анализ	3-5	3, 4	2	2, 3	1
Многофакторные модели	3-5	3, 4	2	2, 3	1
Экстраполяция факторов	3-5	3, 4	2	2	1

Таблица 2

Последовательность событий в ходе тенденций совместного развития ИКЭО

№, п/п	Наименование мероприятия	Обозначение функции времени реализации и функции распределения
1.	Проведение совещания органов коллегиального управления	$\bar{t}_{A01}, A01(t)$
2.	Отдание распоряжений министерствам и корпорациям по планированию их деятельности на период времени	$\bar{t}_{A1}, A1(t); \bar{t}_{B1}, B1(t);$ $\bar{t}_{C1}, C1(t); \bar{t}_{D1}, D1(t); \bar{t}_{F1}, F1(t);$ $\bar{t}_{G1}, G1(t); \bar{t}_{G2}, G2(t); \bar{t}_{H1}, H1(t);$ $\bar{t}_{K1}, K1(t)$
3.	Отдание распоряжений министерствами планированию своей деятельности	$\bar{t}_{A2}, A2(t); \bar{t}_{A3}, A3(t);$ $\bar{t}_{A4}, A4(t)$
4.	Отдание распоряжений промышленности по подготовке к реализации планов	$\bar{t}_{B2}, B2(t); \bar{t}_{B3}, B3(t)$
5.	Отдание распоряжений информационным структурам по мониторингу динамики информационных услуг	$\bar{t}_{C2}, C2(t); \bar{t}_{C3}, C3(t); \bar{t}_{C4}, C4(t)$
6.	Доклад информации руководителю отрасли промышленности	$\bar{t}_{E1}, E1(t)$
7.	Подготовка встреч руководителей отраслей промышленности	$\bar{t}_{E2}, E2(t)$
8.	Встреча руководителей отраслей промышленности	$\bar{t}_{E3}, E3(t)$
9.	Проведение тематической конференции отраслей промышленности	$\bar{t}_{E4}, E4(t)$
10.	Проведение совместных заседаний руководителей отраслей промышленности и корпораций	$\bar{t}_{E5}, E5(t)$
11.	Отдание распоряжений руководителями отраслей промышленности и корпораций	$\bar{t}_{E7}, E7(t)$
12.	Создание аналитического отдела	$\bar{t}_{E9}, E9(t)$
13.	Отдание распоряжений по анализу текущих возможностей орбитальной группировки и информационных систем	$\bar{t}_{E6}, E6(t); \bar{t}_{E8}, E8(t)$
14.	Проверка функционирования новых информационных систем	$\bar{t}_{E10}, E10(t)$
15.	Контроль выполнения поставленных задач руководителями отраслей промышленности и корпораций	$\bar{t}_{E11}, E11(t)$
16.	Изменение космической обстановки в соответствии с поставленными задачами	$\bar{t}_{F20}, \dots, \bar{t}_{F25}; F20(t), \dots, F25(t)$
17.	Изменение информационной обстановки в соответствии с поставленными задачами	$\bar{t}_{H3}, \dots, \bar{t}_{H12}; H3(t), \dots, H12(t);$ $\bar{t}_{K3}, \dots, \bar{t}_{K14}; K3(t), \dots, K14(t)$

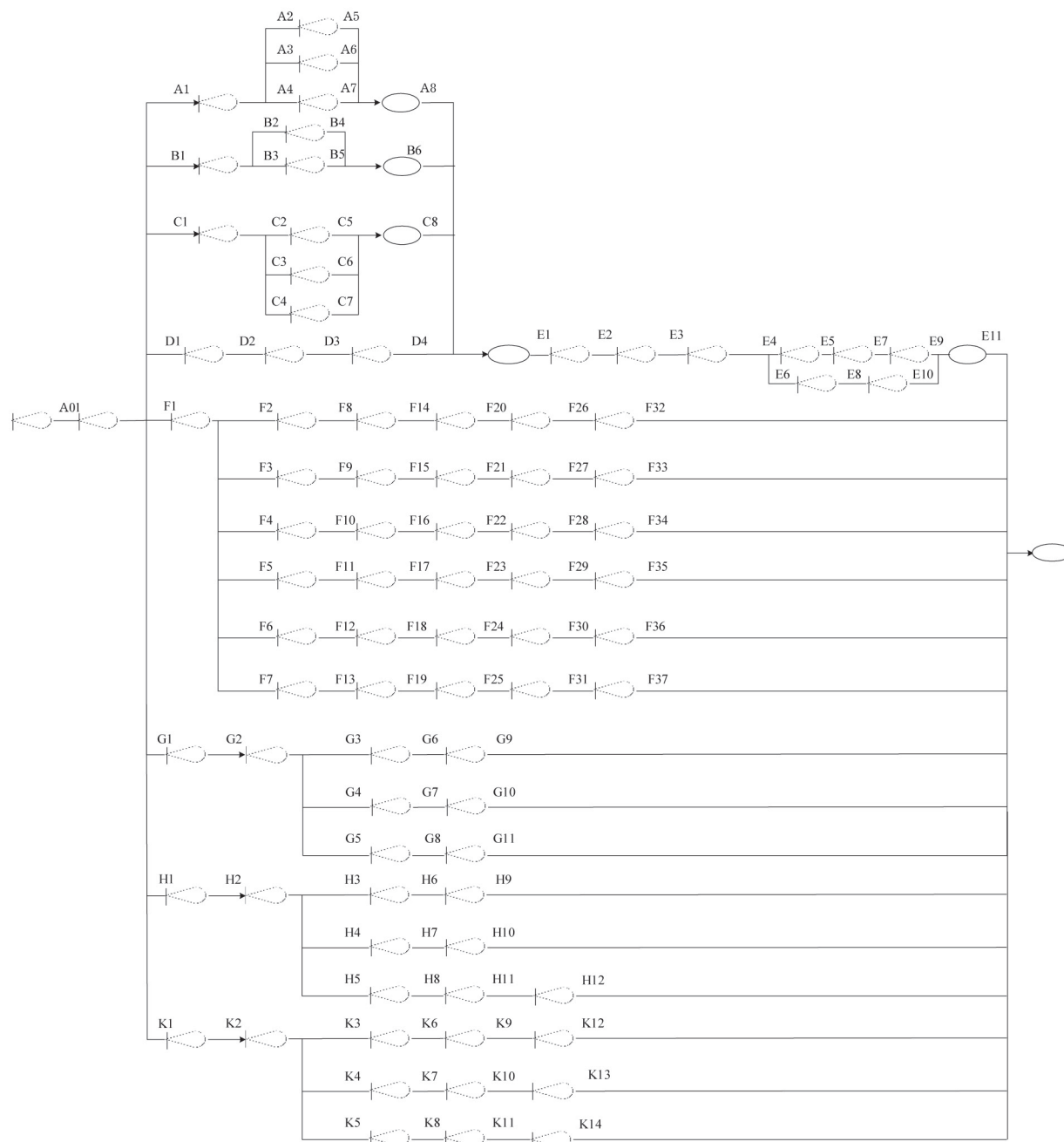


Рис. 1. Исходная стохастическая сеть, отображающая последовательность событий в ходе тенденций совместного развития ИКЭО

батывающих и доводящих информацию до потребителя, либо действующих на ее основе [6, 8]. На информационную обстановку существенно влияют численность и квалификация специалистов, наличие и доступность информационных ресурсов, уровень обработки полученной информации и ее представление, а также величина скорости передачи линий связи, через которые осуществляется сбор, обработка и доведение информации [21, 22, 24].

Космическая обстановка – это совокупность всех факторов и условий космического пространства, которые могут оказать влияние на ход и исход функционирования космических аппаратов, космических кораблей и других систем [7]. Управление полетом КА различного типа и назначения, текущее планирование работы всех служб и средств наземного комплекса управления космическими аппаратами ведутся на основе непрерывно меняющейся космической обстановки. На космическую обстановку существенно влияют количество находящихся на различных орбитах и загруженность поставленными задачами космических аппаратов, а также всех служб

и средств наземного комплекса управления космическими аппаратами [1, 4, 12, 20].

Экономическая обстановка – это общее положение доходов и расходов граждан, вид и характер их потребностей, а также их возможности как покупателей [5, 9, 23]. Она характеризуется определенным уровнем заработной платы и безработицы. Экономическое состояние в обществе оказывает влияние на величину процентов, которые можно получить на вложенный капитал. Она также определяет цены на сырье, материалы и другие элементы производства. Экономическая обстановка в отрасли, в стране и в мире определяется организацией, структурой и состоянием хозяйственной деятельности отрасли, страны, мирового региона. На экономическую обстановку существенно влияют наличие и доступность денежных ресурсов, уровень доходов и инвестированный капитал, а также величина заемных средств, к которым готовы обратиться предприниматели для финансирования своих деловых операций и которые готовы им предоставить кредитные учреждения [18, 23].

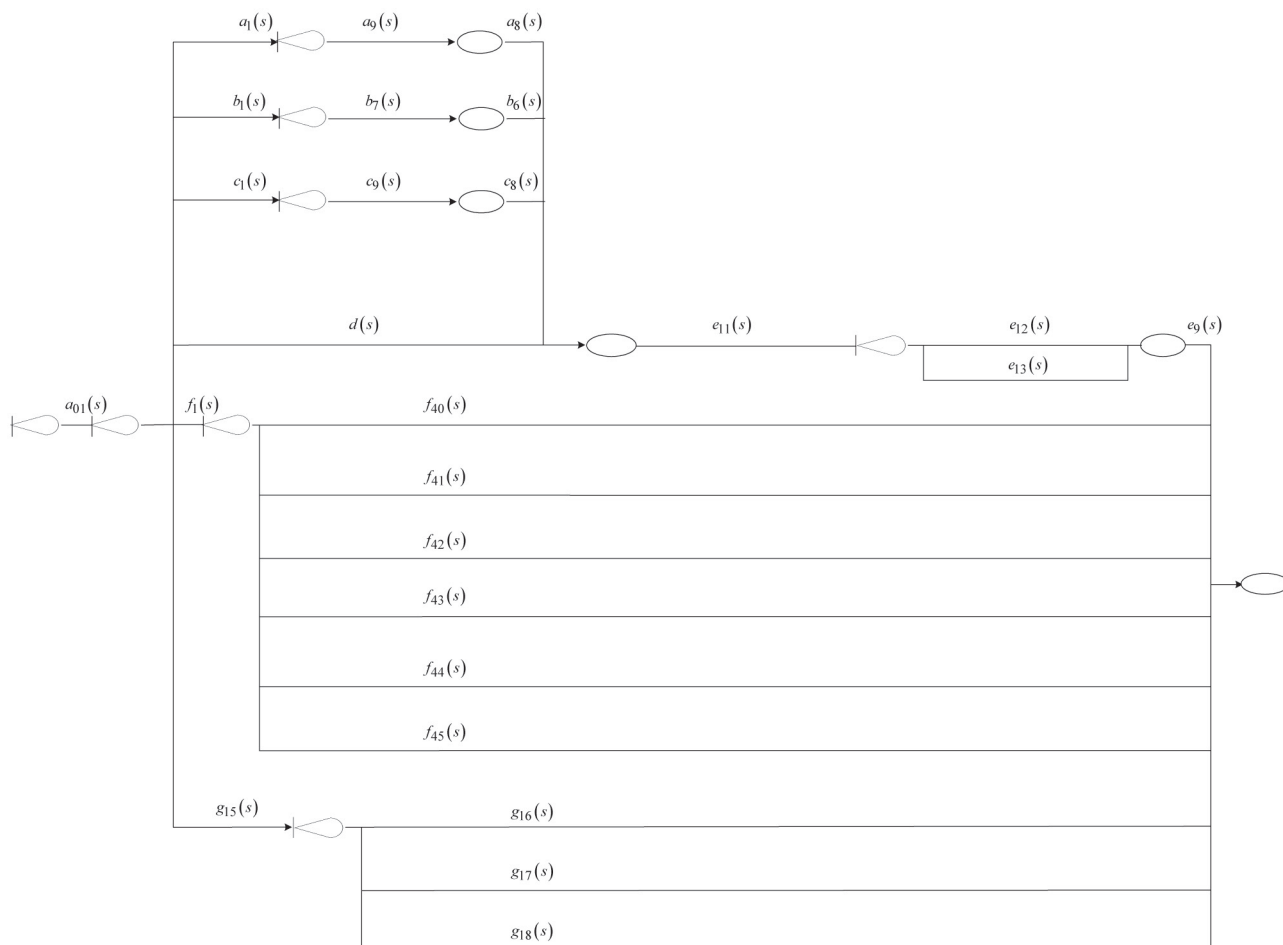


Рис. 2. Результат первичного укрупнения стохастической сети

Математическая модель тенденций совместного развития информационной, космической и экономической обстановок

При создании моделей развития информационной, космической и экономической обстановок используются следующие типы описания обстановки [5, 16, 17]:

1. Вербальное описание – наиболее простой и неформальный способ описания моделей обстановки. Он доступен для понимания, но неоднозначен и имеет ограниченное применение лишь на самых ранних стадиях разработки моделей.

2. Графическое представление обстановки в виде кривых, номограмм, чертежей. Имеет ограниченное самостоятельное значение, главным образом в виде дополнений, иллюстраций к другим способам задания моделей.

3. Блок-схемы и матрицы решений – один из наиболее распространённых способов описания моделей обстановки, особенно их структурной или логической части. Как правило, используется на промежуточном этапе создания моделей, между их словесным и математическим описанием.

4. Математическое описание обстановки – это описание модели обстановки в виде формул и математических операций над переменными. Сюда же относится алгоритмическое описание, которое может использоваться для представления модели обстановки, не имеющего аналитического описания, либо когда аналитический способ решения задачи слишком сложен, либо для подготовки аналитического описания модели обстановки для программирования на ЭВМ.

5. Программное описание обстановки – описание модели обстановки, пригодное для ввода в вычислительную машину. Оно может представляться в виде машинных кодов или алгоритмических языков. В последнем случае алгоритмическая форма математического описания и программное описание могут совпадать.

Для анализа параметров обстановки необходимо ввести градацию измеряемых параметров и их оптимальное число. Подход к решению подобных задач рассмотрен в теории систем и теории образов [9, 14, 16, 17]. Задача в этом случае выглядит следующим образом: производится оценка некоторых параметров, характеризующих состояние анализируемой обстановки. Требуется отобрать те параметры, которые обеспечивали бы минимальные потери информативности для распознавания состояния обстановки и удовлетворяли бы ограничениям на обработку информации. Также необходимо установить определенное число градаций, обеспечивающих требуемую достоверность анализа обстановки.

Для разработки математической модели тенденций совместного развития информационной, космической и экономической обстановок (ИКЭО) при прогнозной оценке реализации потребностей государственных, коммерческих и общественных структур в предостав-

лении различных информационных услуг с учетом развития информационных технологий применен метод топологического преобразования стохастических сетей (ТПСС), описанный в [19]. В отличие от сетевого метода, ТПСС позволяет вычислить не только среднее время реализации, но и возможность удовлетворения информационных потребностей различных структур и организаций в определенный момент [17, 19]. Моделируемый процесс имеет четко выраженную последовательность шагов для достижения цели и, если будет установлен факт реализации определенного шага, оценку необходимо производить по сдвигу результата вперед на время реализации шагов. Это позволит выявить окончательное время реализации процесса, что позволит с более высокой достоверностью представить происходящее событие. Получение интервальной оценки позволит уйти от точечных оценок, полученных при произвольных законах распределения частных случайных процессов.

Требуется определить функцию распределения времени возможной оценки тенденций совместного развития ИКЭО в ходе прогнозирования реализации потребностей государственных, коммерческих и общественных структур в предоставлении различных информационных услуг с учетом развития современных информационных технологий.

Решение. Последовательность событий в ходе тенденций совместного развития ИКЭО частично приведена в табл. 2. Стохастическая сеть, отображающая последовательность событий в ходе тенденций совместного развития ИКЭО, представлена на рис. 1.

Для первых узлов ветвей сети показано выполненное преобразование Лапласа, имеющее следующий вид:

$$a_{01}(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} \cdot d[A(t)] = \frac{a_{01}}{a_{01} + s}.$$

Аналогичные преобразования производятся для остальных ветвей сети:

$$a_1(s) \dots a_8(s), b_1(s) \dots b_6(s), c_1(s) \dots c_8(s), \\ d_1(s) \dots d_4(s), e_1(s) \dots e_{11}(s), \\ f_1(s) \dots f_{37}(s), g_1(s) \dots g_{11}(s), (s).$$

Данная стохастическая сеть является достаточно сложной. Поэтому с целью определения эквивалентной функции стохастической сети произведем ее последовательное укрупнение с введением новых параметров. Результатом первичного укрупнения является стохастическая сеть, представленная на рис. 2.

Преобразования Лапласа функций распределения времени реализации композиционных частных процессов, имеющих следующие параметры распределений:

$$\begin{aligned}
 a_{01} &:= A_0^{-1}; a_1 := A_1^{-1}; a_{11} := (A_2 + A_5)^{-1}; a_{12} := (A_3 + A_6)^{-1}; \\
 a_{13} &:= (A_4 + A_7)^{-1}; a_{14} := \left[\frac{1}{3}(A_{11} + A_{12} + A_{13}) \right]^{-1}; \\
 b_1 &:= B_1^{-1}; b_{11} := (B_2 + B_4)^{-1}; b_{12} := (B_3 + B_5)^{-1}; \\
 c_1 &:= C_1^{-1}; c_{11} := (C_2 + C_5)^{-1}; c_{12} := (C_3 + C_6)^{-1}; \\
 c_{13} &:= (C_4 + C_7)^{-1}; \\
 c_{14} &:= \left[\frac{1}{3}(C_{11} + C_{12} + C_{13}) \right]^{-1}; \\
 d_1 &:= (D_1 + D_2 + D_3 + D_4)^{-1}; \\
 e_{11} &:= (E_1 + E_2 + E_3 + E_4)^{-1}; e_{12} := (E_5 + E_7 + E_9)^{-1}; \\
 e_{13} &:= (E_6 + E_8 + E_{10})^{-1}; \\
 f_{40} &:= \left[\frac{1}{6}(F_2 + F_8 + F_{14} + F_{20} + F_{26} + F_{32}) \right]^{-1}; \\
 f_{41} &:= \left[\frac{1}{6}(F_3 + F_9 + F_{15} + F_{21} + F_{27} + F_{33}) \right]^{-1}; \\
 f_{42} &:= \left[\frac{1}{6}(F_4 + F_{10} + F_{16} + F_{22} + F_{28} + F_{34}) \right]^{-1}; \\
 f_{43} &:= \left[\frac{1}{6}(F_5 + F_{11} + F_{17} + F_{23} + F_{29} + F_{35}) \right]^{-1}; \\
 f_{44} &:= \left[\frac{1}{6}(F_6 + F_{12} + F_{18} + F_{24} + F_{30} + F_{36}) \right]^{-1}; \\
 g_{15} &:= (G_1 + G_2)^{-1}; g_{16} := \left[\frac{1}{3}(G_3 + G_6 + G_9) \right]^{-1}; \\
 g_{17} &:= \left[\frac{1}{3}(G_4 + G_7 + G_{10}) \right]^{-1}; g_{18} := \left[\frac{1}{3}(G_5 + G_8 + G_{11}) \right]^{-1},
 \end{aligned}$$

где:

$$\begin{aligned}
 A_1 = \frac{1}{t_{a1}}, \dots, A_8 = \frac{1}{t_{a8}}; B_1 = \frac{1}{t_{b1}}, \dots, B_6 = \frac{1}{t_{b6}}; C_1 = \frac{1}{t_{c1}}, \dots, C_8 = \frac{1}{t_{c8}}; \\
 D_1 = \frac{1}{t_{d1}}, \dots, D_4 = \frac{1}{t_{d4}}; E_1 = \frac{1}{t_{e1}}, \dots, E_{11} = \frac{1}{t_{e11}}; F_1 = \frac{1}{t_{f1}}, \dots, F_{37} = \frac{1}{t_{f37}};
 \end{aligned}$$

$G_1 = \frac{1}{t_{g1}}, \dots, G_{11} = \frac{1}{t_{g11}}$ – имеют смысл интенсивностей реализации событий, отображаемых соответствующими ветвями сети.

После выполнения всех преобразований сети ее эквивалентная функция имеет следующий вид:

$$Q_{\text{ЭК}}^{\text{ВПО}}(s) = \frac{a_1 \cdot \rho}{(a_1 + s)(\rho + s)}.$$

Определение эквивалентной функции позволяет вычислить среднее время реализации процесса и функцию распределения:

$$T_{\text{ср}} = \frac{d[Q(s)]}{d[Q(t)]} = \frac{a_{01} \cdot \rho}{(\rho - a_{01})a_{01}^2} + \frac{a_{01} \cdot \rho}{(a_{01} - \rho)\rho^2};$$

$$\begin{aligned}
 TR(t) &= \frac{1}{2\pi j} \int_{\alpha - j\infty}^{\alpha + j\infty} Q(s) \cdot \frac{\exp(st)}{s} ds = \\
 &= \frac{\rho(1 - \exp(-a_{01} \cdot t))}{(\rho - a_{01})a_{01}} + \frac{a_{01}(1 - \exp(-\rho \cdot t))}{(a_{01} - \rho)\rho}.
 \end{aligned}$$

Проведены расчеты процесса тенденций совместного развития ИКЭО и оценки уровня их реализации к определенному времени с момента получения информации о возможном возрастании информационных потребностей. Результаты расчетов показывают, что среднее время реализации тенденций совместного развития ИКЭО находится в интервале времени 253–441 суток – с возможностью реализации при благоприятных условиях реализации в течение 365 суток 0,77 и 0,56 – при частичном воздействии мешающих факторов, и при этом значения, определенные используемыми для расчетов исходными данными, также имеют интервальный характер. Результаты расчетов процесса тенденций совместного развития ИКЭО и оценки его завершенности к определенному времени с момента получения прогноза о возможном возрастании информационных потребностей приведены на рис. 3.

Величины времен частных процессов, используемые в качестве исходных данных, получены на этапе промежуточного моделирования, анализа тенденций совместного развития ИКЭО.

Полученные в ходе моделирования значения среднего времени процесса тенденций совместного развития ИКЭО к определенному времени позволяют проводить оценку влияния различных элементов сети на возможность реализации информационных потребностей и качественно оценить уровень их соответствия действительности на определенном временном интервале от момента получения прогноза на необходимость развития информационных ресурсов, которое может повлиять на принятие управленческого решения.

Исследования полученного графика функции распределения показали:

1. Функция является непрерывной, неотрицательной, возрастающей.
2. Поскольку функция является непрерывной, то предел такой функции равен ее значению в конкретной точке.
3. Наибольшее возрастание значений функции (эталонной) при одинаковом интервале дискретизации происходит при значениях аргумента на временном интервале 0–100 суток при значениях функции, равных 0,05–0,375 для минимального времени реализации процесса (предельного перехода) при угле наклона графика 70°. Наибольшее возрастание значений функции (эталонной) при одинаковом временном интервале дискретизации происходит при значениях аргумента на временном интервале 0–100 суток при значениях функции,

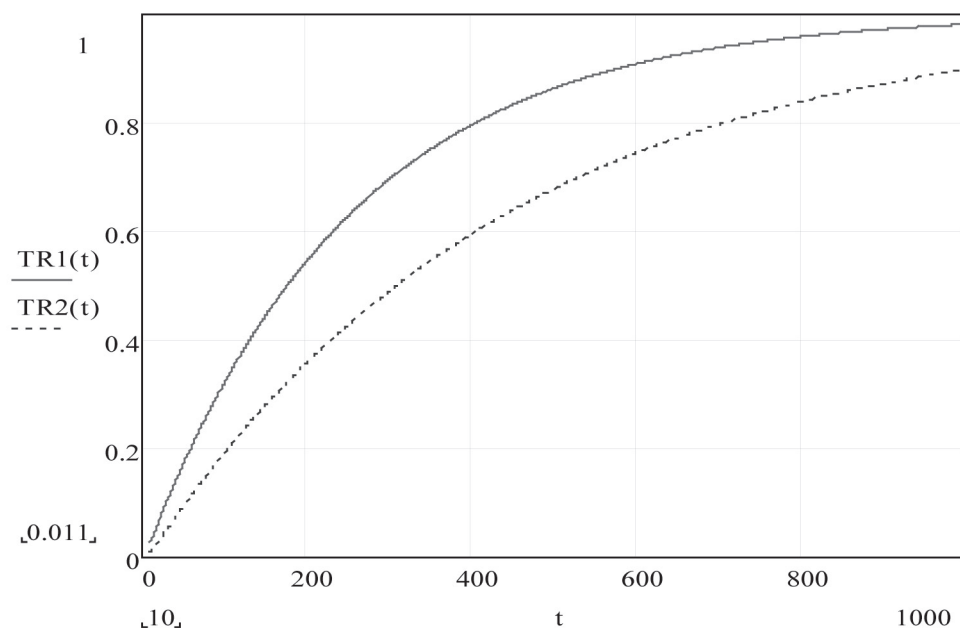


Рис. 3. Результаты расчетов процесса тенденций совместного развития ИКЭО

равных 0,02–0,2 для максимального времени реализации процесса (воздействии мешающих факторов) при угле наклона графика 61°.

4. Наименьшее возрастание значений функции (эталонной) при одинаковом интервале дискретизации происходит при значениях аргумента на временном интервале 800–1000 суток при значениях функции, равных 0,95–0,975 для минимального времени реализации процесса (предельного перехода), при воздействии мешающих факторов, при значениях функции, равных 0,84–0,9 для максимального времени реализации процесса.

5. Дисперсия функции распределения имеет максимальное значение на временном интервале 0–100 суток при значениях ее функции, равных 0,074 для максимального времени реализации процесса. Дисперсия функции распределения имеет минимальное значение на временном интервале 600–700 суток при значениях ее функции, равных 0,003 для максимального времени реализации процесса (идет проведение исполнительных мероприятий по реализации поставленных планов).

6. Значение функции, равное 0,8, наступает при значениях ее аргумента на интервале времени 400–720 суток.

Выводы:

- таким образом, проанализированы факторы, влияющие на развитие развития информационной, космической и экономической обстановок, а затем на их основе разработана математическая модель;
- полученные в ходе моделирования значения

среднего времени развития информационной, космической и экономической обстановок позволяют проводить оценку влияния различных элементов и оценивать тенденции развития на определенном временном интервале с момента получения прогноза.

Литература

1. Афанасьев, В. Н. Анализ временных рядов и прогнозирование / В.Н. Афанасьев, М.М. Юзбашев. – Москва : Финансы и статистика, 2010. – 320 с.
2. Архипова, Т. В. Мировые тренды в космической сфере и перспективы устойчивого развития космической отрасли России / Т.В. Архипова // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2020. – № 10. – С. 263–268.
3. Большаков, А. А. Методы обработки многомерных данных и временных рядов / А.А. Большаков, Р.Н. Каримов. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2007. – 522 с.
4. Бухарицын, А. П. Состояние и перспективы развития рынка услуг по сбору и обработке спутниковых данных ДЗЗ / А.П. Бухарицын // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2021. – № 3. – С. 85–91.
5. Экономический анализ / Л.Т. Гиляровская, Г.В. Корнякова, Н.С. Пласкова [и др.]. – Москва : Юнити-Дана, 2004. – 615 с.
6. ГОСТ Р 43.0.3-2009. Информационное обеспечение техники и операторской деятельности. ООН-технология в технической деятельности. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 24 с.
7. ГОСТ Р 53802-2010. Системы и комплексы космические. Термины и определения. – Москва : Стандартинформ, 2011. – 24 с.
8. ГОСТ РВ 51987-2002. Информационная технология. Комплекс стандартов на АС. Типовые требования и показа-

тели качества функционирования информационных систем. – Москва : Госстандарт России, 2002. – 11 с.

9. Грант, Р. Современный стратегический анализ / Р. Грант. – Санкт-Петербург : Питер, 2018. – 672 с.

10. Зиновьева, Е. С. Цифровой суверенитет Европейского союза / Е.С. Зиновьева, В.И. Булва // Современная Европа. – 2021. – № 2 (102). – С. 40–49.

11. Камолов, С. Г. Организационно-экономические механизмы развития ракетно-космической отрасли Европейского союза: в поисках релевантного опыта для России / С.Г. Камолов // Проблемы экономики и юридической практики. – 2018. – № 5. – С. 115–118.

12. Карпова, К. В. Системы управления ракетно-космической промышленностью в зарубежных странах / К.В. Карпова // Транспортное дело России. – 2013. – № 5. – С. 249–253.

13. Курьшева, Ю. В. Принципы и стратегии информационной политики ЕС / Ю.В. Курьшева // Вестник СПбГУ. Серия 9. Филология. Востоковедение. Журналистика. – 2007. – № 4-2. – С. 256–260.

14. Льюнг, Л. Идентификация систем. Теория для пользователя / Л. Льюнг. – Москва : Наука, 1991. – 432 с.

15. Макарова, Д. Ю. Концептуальный анализ мирового и российского ракетно-космических производств и рынков / Д.Ю. Макарова, Е.Ю. Хрусталева // Экономический анализ: теория и практика. – 2015. – № 28 (427). – С. 11–27.

16. Месарович, М. Теория многоуровневых иерархических систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахага. – Москва : Мир, 1973. – 344 с.

17. Новицкий, Н. И. Сетевое планирование и управление производством / Н.И. Новицкий. – Москва : Новое знание, 2004. – 159 с.

18. Попова, И. М. Механизмы влияния ЕС на международное регулирование цифровой экономики / И.М. Попова // Вестник международных организаций. – 2021. – Т. 16, № 3. – С. 256–272.

19. Привалов, А. А. Метод ТПСС и его использование для анализа систем связи ВМФ / А.А. Привалов. – Санкт-Петербург : ВМА им. Н.Г. Кузнецова, 2001. – 168 с.

20. Мировой коммерческий космический рынок: позиционирование стран и сегментов спутниковой индустрии / И.П. Савельева, Д.В. Кандауров, Н.В. Правдина, Н.С. Дзензелюк // Вестник ЮрГУ. Серия: Экономика и менеджмент. – 2022. – Т. 16, № 1. – С. 149–164.

21. Цветков, В. Я. Геоинформационные исследования при разработке прогнозов / В.Я. Цветков, Ф.Н. Лещиков // Геодезия и картография. – 2001. – № 2. – С. 42–44.

22. Европейское цифровое десятилетие: курс на сильную цифровую Европу к 2030 году // EU4Digital : сайт. – 2021. – URL : <https://eufordigital.eu/ru/europes-digital-decade-setting-the-course-towards-a-digitally-empowered-europe-by-2030/> (дата обращения: 02.02.2024).

23. Большая энциклопедия нефти и газа // БЭНГ : сайт. – URL : [www/ngpedia.ru](http://ngpedia.ru) (дата обращения: 02.02.2024).

24. Европейские компании наращивают ИТ-бюджеты быстрее американских // tadviser.ru : сайт. – 2023. – URL : www/TADVISER2023/09/06 (дата обращения: 02.02.2024).