

А.А. КУЗЬКИН  
**МЕТОДИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СТРАТЕГИИ  
РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В  
ОРГАНИЗАЦИИ**

---

*Кузькин А.А.* **Методика обеспечения устойчивости стратегии развития информационных технологий в организации.**

**Аннотация.** Представлен подход к обеспечению устойчивости стратегии развития информационных технологий в организации, заключающийся в разработке процедуры формирования требований к значениям ключевых показателей эффективности ИТ-процессов на основе балансировки их согласованного влияния на прогнозируемые уровни достижения ИТ-целей с применением методов эволюционных вычислений. Данная процедура осуществлена посредством разработанной методики в три этапа, отличительной особенностью которой является формирование требований к уровням достижения ИТ-целей организации на основе оценок их относительной важности для обеспечения требуемого уровня ИТ-стратегии организации, а также применение высоко робастного генетического алгоритма Холланда с введением в него условий адаптации на основе выделенных контуров влияния на целевые концепты нечеткой когнитивной модели. Результаты применения методики позволяют скорректировать ИТ-стратегию и обеспечить ее устойчивость на заданном интервале планирования, что в перспективе снижает степень рассогласования между текущим и требуемым состоянием ИТ-архитектуры организации.

**Ключевые слова:** эффективность, устойчивость, информационные технологии, ИТ-стратегия, ИТ-цель, ИТ-процесс, ключевой показатель эффективности.

*Kuzkin A.A.* **Technique Providing Stability of Information Technology Development in the Organization.**

**Abstract.** An approach of providing stability of information technology development in the organization is presented. The essence of the approach is to develop the key efficiency index requirements of IT-processes on the base of balancing their influence on predictable levels of achieving IT purposes by using evolutionary computation methods. This procedure is performed by applying three stages of the developed technique. The specific feature of the procedure is to develop requirements of IT-strategy achievement by estimating their relevance in order to provide a required IT-strategy level and highly robust Holland genetic algorithm with introducing adaptation conditions in terms of assigned outlines influencing the target concepts of the fuzzy cognitive model. The results of using the technique are also demonstrated allowing to adjust IT-strategy and ensure its stability in the given interval of planning and decrease the miscoordination degree between current and required IT architecture state in perspective.

**Keywords:** efficiency, stability, information technologies, IT strategy, IT-purposes, IT-process, Key Performance Indicator.

---

**1. Введение.** В современных условиях любая организация использует широкий спектр информационных технологий (ИТ) для решения стоящих перед ней задач. Именно поэтому важным элементом перспективного развития является разработка стратегии развития ИТ в организации (ИТ-стратегия), которая представляет собой стратегиче-

ский план управления развитием ИТ организации, направленный на удовлетворение потребностей бизнеса и достижение поставленных целей (ИТ-целей) по развитию используемых в организации информационных технологий [1].

Оценка эффективности используемых в организации ИТ реализуется в рамках комплексного аудита, неотъемлемой частью которого является аудит ИТ-стратегии. Согласно [2] эффективность ИТ-стратегии определяется степенью достижения ИТ-целей, которые в свою очередь зависят от уровня развития процессов, функционирующих в ИТ-архитектуре организации (ИТ-процессов). Об уровне развития ИТ-процессов можно судить по соответствующим ключевым показателям эффективности (КПЭ).

В ряде работ описаны предложения по общей методике оценки ИТ-стратегии. Так, например, в работе [3] представлены предложения по оценке ИТ-стратегии на основе значения КПЭ ИТ-процессов в подразделении с использованием процедуры нечеткого вывода. Основу работы [4] составляет интеграция системы сбалансированных показателей для ИТ-службы – *IT BSC* и стандарта *COBIT 4.1*, позволяющая получить иерархическую структуру признаков (показателей) оценки эффективности стратегических решений в области ИТ.

Вместе с тем, обращает на себя внимание недостаточная степень проработки подходов к обеспечению устойчивости ИТ-стратегии, под которой будем понимать сохранение значений уровней достижения ИТ-целей относительно требуемого на заданном интервале планирования. Это связано с недостаточной формализацией процедуры, которая позволила бы построить зависимости между КПЭ ИТ-процессов и ИТ-целями, а также большой размерностью решаемой задачи.

**2. Процедура обеспечения устойчивости ИТ-стратегии организации.** Предлагаемый подход к обеспечению устойчивости ИТ-стратегии организации заключается в разработке процедуры формирования требований к значениям КПЭ ИТ-процессов на основе балансировки их согласованного влияния на прогнозируемые уровни достижения ИТ-целей с применением методов эволюционных вычислений. Разработанный подход предполагает учет ограничений на общий объем ИТ-ресурсов, которыми располагает организация.

Функционально процедура обеспечения устойчивости ИТ-стратегии организации в соответствии с [2] может быть представлена в виде последовательного выполнения трех этапов (рисунок 1).

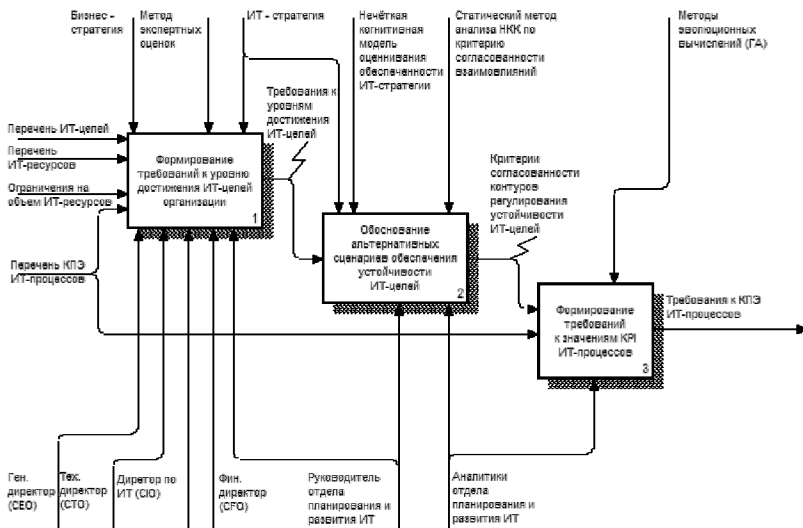


Рис. 1. Функциональная модель процедуры обеспечения устойчивости ИТ-стратегии организации.

Первый этап заключается в формировании требований к уровню достижения ИТ-целей организации. Решение этой задачи включает процедуру ранжирования типовых ИТ-целей по критерию важности и введение ограничений на относительный уровень приращений их значений на заданном интервале планирования для обеспечения управляемости траектории изменения ИТ-стратегии во времени.

Исходными данными являются:

$n$  – число ИТ-целей организации;

$t$  – число видов ИТ-ресурсов, которые задействуются для обеспечения ИТ-целей организации;

$a_{ij}$  – коэффициент, который показывает потребность  $i$ -й ИТ-цели, в  $j$ -м типе ИТ-ресурса для изменения уровня оценки  $i$ -й ИТ-цели на одну условную единицу;

$b_j$  – ограничение на общий объем ИТ-ресурса  $j$ -го типа;

$q_i$  – оценка относительной важности  $i$ -й ИТ-цели для обеспечения требуемого уровня ИТ-стратегии организации;

$x_i$  – управляющие переменные, определяющие оценку  $i$ -й ИТ-цели по  $j$ -му типу ИТ-ресурса в условных единицах.

Задача формирования требований к уровню достижения ИТ-целей организации может быть сформулирована следующим образом: найти план распределения ИТ-ресурсов  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , максимизирующий суммарный выигрыш:

$$F(X) = \sum_{i=1}^n \phi_i(x_i). \quad (1)$$

Область допустимых решений определяется ограничениями по типам ресурсов для обеспечения ИТ-целей в организации и условиями не отрицательности управляющих переменных:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2, \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m; \\ x_i \geq 0, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}. \end{cases} \quad (2)$$

Задача в такой постановке решается известными методами [5, 6]. В самом простейшем частном случае, когда параметр  $q_i$  интерпретируется как доход от достижения  $i$ -й ИТ-цели, можно задать критерий оптимальности и выражение (1) упростить к виду:

$$Q(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n q_i x_i \rightarrow \max. \quad (3)$$

Система уравнений (2) содержит  $n$  неизвестных (управляющих переменных) и  $m$  ограничений, не считая условий не отрицательности переменных  $x_i$ .

Для получения решения необходимо произвести параметрическую идентификацию введенных показателей  $a_{ij}$ ,  $q_i$  и  $x_i$ . На этом этапе существенной проблемой является наличие неопределенности, связанной с необходимостью сопоставления с качественным уровнем ИТ-целей количественных значений потребности в ресурсах. Необходимо определить абсолютное значение приращения ресурса для обеспечения качественного уровня ИТ-цели. Решение поставленной задачи определения относительного уровня ресурса для изменения частной оценки ИТ-цели на одну градацию может быть выполнено на основе

построения функций принадлежности, формируемых группой экспертов, и операций над нечеткими множествами.

Оценки относительной важности ИТ-целей  $q_i$  получены с помощью метода анализа иерархий (МАИ), предложенного Т. Саати [7] и позволяющего назначить "веса" конечному набору  $n$  сравниваемых объектов на основе матрицы парных сравнений [8, 9]. В соответствии с МАИ экспертами формируется так называемая матрица парных сравнений  $A$ , а весовой вектор-столбец  $q = (q_1, q_2, \dots, q_n)^T$  вычисляется как собственный вектор этой матрицы, отвечающий максимальному собственному значению. Найденный таким способом вектор  $q$  имеет положительные компоненты и является искомым весовым вектором.

В результате получаем весовые коэффициенты, позволяющие ранжировать перечень ИТ-целей в соответствии с критерием важности для обеспечения ИТ-стратегии. Этот результат определяет приоритет в распределении ресурсов на поддержание ИТ-процессов, которые формируют наиболее значимые ИТ-цели организации.

При этом при решении (3) возникают проблемы, т. к. параметры  $q_i$  не могут быть определены точно. Проанализируем теперь ситуацию, когда решение задачи формулируется в терминах нечеткой математики. Для описания меры неопределенности каждого нечеткого значения оценки  $q_i$  относительной важности  $i$ -й ИТ-цели вводится функция принадлежности  $\mu_i(q_i), i = \overline{1, n}$ . Таким образом, сформулированная выше задача (3) преобразуется к виду нечеткой задачи линейного программирования, решение которой в общем виде сводится к следующему [10, 11].

Выберем некоторый уровень принадлежности  $\delta$  и для всех нечетких параметров задачи  $q_i$  найдем интервалы значений такие, что:

$$\mu_i(q_i) \geq \delta, i = \overline{1, n}. \quad (4)$$

Поскольку функции принадлежности нечетких чисел  $q_i$  – выпуклы вверх, то левые и правые границы интервалов возможных значений  $q_i$ , удовлетворяющих (4), отыскиваются из уравнений, имеющих по два корня:

$$q_i = \mu_i^{-1}(\delta), i = \overline{1, n}. \quad (5)$$

Теперь задача сводится к следующей четкой задаче математического программирования: найти наборы  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ,

$Q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$ , максимизирующие (3) и удовлетворяющие ограничениям (1), (2) и, кроме того, ограничениям:

$$q_i \in [q_{i\min}(\delta), q_{i\max}(\delta)], \quad (6)$$

где  $\mu_i(q_{i\min}(\delta)) = \mu_i(q_{i\max}(\delta)) = \delta, i = \overline{1, n}$ .

Тогда, если задана задача линейного программирования с целевой функцией (3), которую нужно максимизировать, и ограничениями (2), то ее можно преобразовать к нечеткому виду. В результате чего параметры  $q_i, i = \overline{1, n}$ , целевой функции задаются нечетко своими функциями принадлежности:

$$\mu_i(q_i) = \exp\left\{-\frac{(q_i - \bar{q}_i)^2}{2\sigma^2}\right\}, i = \overline{1, n}. \quad (7)$$

Требуется найти решение  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  задачи (2)-(3), обеспечивающее заданную степень принадлежности получаемого нечеткого значения целевой функции.

Используя подход, предложенный в работе [12] получим численное решение нечеткой задачи линейного программирования с заданным уровнем принадлежности значения целевой функции на оптимальном наборе:

$$x_i^* = \frac{\bar{q}_i / \sigma_i^2}{\sum_{i=1}^n a_i q_i / \sigma_i^2} b, i = \overline{1, n}. \quad (8)$$

**3. Обоснование альтернативных сценариев обеспечения устойчивости ИТ-целей.** Второй этап заключается в обосновании альтернативных сценариев обеспечения устойчивости ИТ-целей. Данный этап призван разрешить проблему наличия множества несогласованных контуров регулирования целевых показателей ИТ-стратегии организации, которые определяются уровнями достижения ИТ-целей. Структурная устойчивость системы может быть установлена путем анализа циклов когнитивной карты [13]. Для этого применяется статический метод анализа когнитивной карты, на основе результатов которого осуществляется формирование базового множества альтернативных сценариев обеспечения устойчивости ИТ-стратегии организации.

Статическое моделирование, в рамках которого производится вычисление и анализ значений целевых показателей ИТ-стратегии организации на заданном интервале планирования, связано с исследованием силы и согласованности взаимовлияний между концептами [14] нечеткой когнитивной модели при условии наличия или отсутствия непосредственной взаимосвязи между концептом и системой. Для решения этой задачи необходимо учесть все опосредованные взаимовлияния концептов друг на друга на основании применения операции нечеткого транзитивного замыкания.

Результатом данной операции является переход, от когнитивной матрицы  $W$  к транзитивно замкнутой матрице  $V$ , элементами которой являются пары  $(v_{ij}, \bar{v}_{ij})$ . На основе матрицы  $V$  могут быть рассчитаны системные показатели полученной нечеткой когнитивной карты. Обозначенная процедура может быть представлена в виде следующего алгоритма.

*Шаг 1.* Оценка влияния (воздействия)  $i$ -го концепта на систему, где под воздействием понимается доминирующее по силе влияние между концептами:

$$\bar{P}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_{ij}, \quad (9)$$

$$p_{ij} = \text{sign}(v_{ij} + \bar{v}_{ij}) \max(|v_{ij}|, |\bar{v}_{ij}|), |v_{ij}| \neq |\bar{v}_{ij}|, \quad (10)$$

где  $p_{ij}$  – совокупное влияние (воздействие)  $i$ -го концепта на  $j$ -й,  $v_{ij}$  – сила положительного влияния  $i$ -го концепта на  $j$ -й,  $\bar{v}_{ij}$  – сила отрицательного влияния  $i$ -го концепта на  $j$ -й.

Оценка влияния (воздействия) системы на  $j$ -й концепт:

$$\bar{P}_j = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p_{ij}. \quad (11)$$

*Шаг 2.* Оценка консонанса влияния  $i$ -го концепта на систему, который выражает меру доверия к знаку и силе воздействия: чем выше консонанс, тем убедительнее мнение:

$$\bar{C}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{ij}, \quad (12)$$

$$c_{ij} = \frac{|v_{ij} + \bar{v}_{ij}|}{|v_{ij}| + |\bar{v}_{ij}|}, \quad (13)$$

где  $c_{ij}$  – совокупное влияния  $i$ -го концепта на  $j$ -й.

Оценка консонанса влияния системы на  $j$ -й концепт:

$$\bar{C}_j = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n c_{ij}. \quad (14)$$

*Шаг 3.* Определение показателей  $\bar{c}_{ij}$ ,  $\bar{p}_{ij}$ ,  $\bar{n}_{ij}$  консонанса взаимного влияния  $i$ -го и  $j$ -го концептов, взаимного положительного и отрицательного влияния:

$$\bar{c}_{ij} = \bar{c}_{ji} = \frac{|(v_{ij} + v_{ji}) + (\bar{v}_{ij} + \bar{v}_{ji})|}{|(v_{ij} + v_{ji})| + |(\bar{v}_{ij} + \bar{v}_{ji})|}, \quad (15)$$

$$\bar{p}_{ij} = \bar{p}_{ji} = S(v_{ij}, v_{ji}), \quad (16)$$

$$\bar{n}_{ij} = \bar{n}_{ji} = -S(|v_{ij}|, |v_{ji}|), \quad (17)$$

где  $S$  – соответствующая  $S$ -норма (операция максимума).

*Шаг 4.* На основе показателей  $\bar{c}_{ij}$ ,  $\bar{p}_{ij}$ ,  $\bar{n}_{ij}$  строятся матрицы  $\bar{C} = |\bar{c}_{ij}|_{n \times n}$ ,  $\bar{P} = |\bar{p}_{ij}|_{n \times n}$ ,  $\bar{N} = |\bar{n}_{ij}|_{n \times n}$ , называемые соответственно когнитивными матрицами совместного консонанса, положительного и отрицательного взаимного влияния.

*Шаг 5.* Выбор типа отношений между концептами и определение критерия среза значений  $\alpha$ . Результатом является бинарная матрица предпочтений классов взаимосвязанных концептов, характеризующих уровень устойчивости ИТ-цели, выбранной для анализа, относительно требуемого. На основе анализа системных показателей и  $\alpha$ -срезов выделяются способствующие и препятствующие концепты, а также степень и достоверность их влияния.

*Шаг 6.* Определение условий генерации альтернатив обеспечения устойчивости, приближающих состояние ИТ-целей к требуемому целевому состоянию, осуществляется путем решения обратной задачи когнитивного моделирования. Альтернатива представляет собой вектор воздействий на управляемые концепты. На остальные концепты осуществляется опосредованное влияние.

Чтобы отнести управляемый концепт  $e_i \in E$  к подмножеству способствующих или препятствующих концептов, необходимо для каждой пары  $e_i \in E_C$  и  $e_i \in E_T$  проверить выполнение следующих условий [15].



1. Управляющий концепт  $e_i$  относится к *способствующим* (*препятствующим*), ЕСЛИ целевой концепт  $e_j$  необходимо *увеличить* (*уменьшить*) И,

–  $p_{ij} \geq p_d$  и  $c_{ij} \geq c$  (концепт  $e_i$  оказывает положительное влияние на концепт  $e_j$  с силой большей или равной  $p_d$ , и консонанс влияния больше или равен  $c$ ) ИЛИ;

–  $\bar{P}_i \geq p_m$  и  $\bar{P}_j \geq p_m$  и  $\bar{C}_i \geq c$  и  $\bar{C}_j \geq c$  (концепт  $e_i$  оказывает положительное влияние на систему с силой, большей или равной  $p_m$ , система оказывает положительное влияние на концепт  $e_j$  с силой, большей или равной  $p_m$ , и консонанс этих влияния больше или равен  $c$ ) ИЛИ;

–  $\bar{P}_i \leq -p_m$  и  $\bar{P}_j \leq -p_m$  и  $\bar{C}_i \geq c$  и  $\bar{C}_j \geq c$  (концепт  $e_i$  оказывает отрицательное влияние на систему с силой, большей или равной  $p_m$ , система оказывает отрицательное влияние на концепт  $e_j$  с силой, большей или равной  $p_m$ , и консонанс этих влияния больше или равен  $c$ ) ИЛИ;

–  $\bar{p}_{ij} \geq p_d$  и  $\bar{c}_{ij} \geq c$  (совместное положительное влияние концептов  $e_i$  и  $e_j$  больше или равно  $p_d$  и консонанс этого влияния больше или равен  $c$ ).

2. Управляющий концепт  $e_i$  относится к *препятствующим* (*способствующим*), ЕСЛИ целевой концепт  $e_j$  необходимо *увеличить* (*уменьшить*) И,

–  $p_{ij} \leq -p_d$  и  $c_{ij} \geq c$  (концепт  $e_i$  оказывает отрицательное влияние на концепт  $e_j$  с силой большей или равной  $p_d$ , и консонанс влияния больше или равен  $c$ );

–  $\bar{P}_i \leq -p_m$  и  $\bar{P}_j \geq p_m$  и  $\bar{C}_i \geq c$  и  $\bar{C}_j \geq c$  (концепт  $e_i$  оказывает отрицательное влияние на систему с силой, большей или равной  $p_m$ , система оказывает положительное влияние на концепт  $e_j$  с силой, большей или равной  $p_m$ , и консонанс этих влияния больше или равен  $c$ );

–  $\bar{P}_i \geq p_m$  и  $\bar{P}_j \leq -p_m$  и  $\bar{C}_i \geq c$  и  $\bar{C}_j \geq c$  (концепт  $e_i$  оказывает положительное влияние на систему с силой, большей или равной  $p_m$ , система оказывает отрицательное влияние на концепт  $e_j$  с силой, большей или равной  $p_m$ , и консонанс этих влияний больше или равен  $c$ );

–  $\tilde{n}_{ij} \geq p_d$  и  $\tilde{c}_{ij} \geq c$  (совместное отрицательное влияние концептов  $e_i$  и  $e_j$  больше или равно  $p_d$  и консонанс этого влияния больше или равен  $c$ ),

ИНАЧЕ управляющий концепт  $e_i$ , является нейтральным.

*Шаг 7.* Отбор сгенерированных альтернатив выполняется в соответствии с целью, которая задается вектором требуемых значений целевых концептов в процессе динамического моделирования.

Далее из множества базовых альтернатив  $Y$  необходимо выбрать подмножество  $Y_N \in Y$  не доминирующих альтернатив.

Альтернатива  $y_i$  превосходит альтернативу  $y_j$ , если для всех целевых концептов  $e_k \in E_t$  выполняются неравенства:

–  $\Delta e_{it} \geq \Delta e_{jt}$ , где  $\Delta e_{it}$  – изменение значения  $i$ -го концепта, полученное в результате реализации альтернативы  $y_i$ ,  $\Delta e_{jt}$  – изменение значения  $j$ -го концепта, полученное в результате реализации альтернативы  $y_j$ , на заданном интервале планирования  $t$ , и

–  $|y_{ki}| \geq |y_{kj}|$ , где  $y_{ki}$  – уровень управляющего воздействия на  $k$ -й концепт при реализации альтернативы  $y_i$ ,  $y_{kj}$  – управляющее воздействие на  $k$ -й концепт при реализации альтернативы  $y_j$ .

В результате формирования множества недоминирующих альтернатив  $Y_N \in Y$  и множества значений конечных целевых концептов  $e_{it}$  производится выбор доминирующей стратегии обоснования показателей устойчивости ИТ-стратегии.

**4. Решение задачи формирования требований к значениям КПЭ ИТ-процессов.** На третьем этапе методики процесс обеспечения устойчивости ИТ-стратегии организации на заданном интервале планирования представляется в виде решения задачи формирования требований к значениям КПЭ ИТ-процессов, определяющих уровень дос-

тижения частных ИТ-целей как целевых показателей ИТ-стратегии организации.

Решением данной задачи, которая является частным случаем задачи многопараметрической оптимизации, является вектор требований к уровню значений КПЭ ИТ-процессов, который позволит ограничить изменений целевых показателей ИТ-стратегии организации на заданном интервале планирования.

Для формирования требований к значениям КПЭ ИТ-процессов с учетом минимизации отклонений значений ИТ-целей от требуемого значения на заданном интервале планирования применяется высоко робастный генетический алгоритм (ГА) Холланда. Выбор ГА в качестве инструмента решения оптимизационной задачи обусловлен следующими преимуществами:

- ГА оперируют не абсолютными значениями параметров задачи, а закодированными переменными;
- поиск осуществляется не путем улучшения одного решения, а путем использования нескольких альтернатив на заданном множестве решений;
- для оценки качества решения в ГА используется абсолютное значение целевой функции, а не ее приращение;
- применяются вероятностные правила анализа имитационных задач;
- ГА обладает свойством устойчивости к попаданию в локальные оптимумы и эффективно работает при решении задач большой размерности;
- для решения оптимизационной задачи с применением ГА нет ограничений на вид поверхности отклика целевой функции.

Функционирование ГА осуществляется с применением результатов, полученных на первых двух этапах разработанной методики. В качестве условий адаптации для решения рассматриваемой задачи использованы требования к уровню достижения ИТ-целей  $x_i^*$ , сформированные на основе обобщенного показателя обеспеченности ИТ-стратегии, а также выделенные контура влияния на уровни достижения частных ИТ-целей. Применения данных условий позволило сократить вычислительную сложность ГА и получить результат в виде плана требований к значениям КПЭ ИТ-процессов, позволяющего сохранить устойчивость обобщенного показателя обеспеченности ИТ-стратегии организации на заданном интервале планирования.

Суть предлагаемого алгоритма сводится к следующему: имеем  $U = \{u_m\}$  – множество КПЭ ИТ-процессов, комплексно влияющих на

уровни достижения ИТ-целей организации  $L = \{l_n\}$ . Уровень достижения различных ИТ-целей обеспечивается за счет регулирования в рамках множества значений КПЭ ИТ-процессов  $\beta_{mn}(g_k)$ , которые дополнительно характеризуются определенным отношением согласованности и степенью влияния в  $k$ -м контуре регулирования  $n$ -й ИТ-цели.  $G_k = (g_1, g_2, \dots, g_k)$  – множество контуров регулирования ИТ-целями. Объем различных видов ИТ-ресурсов ограничен величиной  $b_j$ .

Начальная популяция в виде плана требований к КПЭ ИТ-процессов  $s_U$  на множестве  $U_m$  для достижения необходимого уровня обеспеченности ИТ-стратегии определяется следующим образом:

$$s_U = \{u_{mn}, \beta_{mn}\}, n = \overline{1, N}, m = \overline{1, M}, \quad (18)$$

где  $u_{mn}$  – идентификатор  $m$ -го КПЭ в контуре регулирования  $n$ -й ИТ-цели;  $\beta_{mn}$  – значение КПЭ в контуре регулирования  $n$ -й ИТ-цели.

Каждый частный план формирования требований к КПЭ ИТ-процессов  $s_U$  должен быть закодировано в форме хромосомы, в каждой из которых хранится  $m$  последовательно расположенных генов, соответствующих идентификатору КПЭ и его значению в контуре регулирования ИТ-цели и представляющих собой набор кортежей  $\langle u_{mn}, \beta_{mn} \rangle$ .

Такая форма представления хромосомы позволяет оставлять значения одного КПЭ, расположенными физически последовательно в памяти после применения оператора мутации. Также за счет непрерывного расположения слотов обеспечивается возможность для генетического оператора скрещивания копировать в дочернюю хромосому за раз непрерывные участки оперативной памяти родительских хромосом, что ускоряет процесс скрещивания.

При применении ГА в качестве критерия оценки пригодности плана формирования требований к КПЭ ИТ-процессов, используется критерий максимизации обобщенного показателя обеспеченности ИТ-стратегии с учетом ограничений на издержки. Критерий применим для оценки интервалов устойчивости ИТ-стратегии, однако есть ряд существенных недостатков при применении его в качестве функции пригодности для поиска плана формирования требований к КПЭ ИТ-процессов.

Наличие стратегий регулирования уровня ИТ-целей, которые включают несогласованные по силе и вектору влияния концептов, затрудняет применение обычной функции аддитивной свертки. Дополнительно учет важности различных ИТ-целей для формирования ИТ-стратегии предполагает введение функции предпочтения при варьировании значений КПЭ, оказывающих несогласованное влияние в рамках различных значений.

Для устранения вышеописанных недостатков предложена функция пригодности, позволяющая определить относительный уровень приращений значений уровней достижения ИТ-целей с учетом важности каждой из них и среднегеометрического значения издержек:

$$F(s_U) = \sqrt[N]{\prod_{j=1}^N \sum_{i=1}^M q_{ij} \gamma_{ij}(\beta_{ij})}, \quad (19)$$

где  $q_{ij}$  – показатель важности отдельной ИТ-цели в расчете обобщенного показателя эффективности ИТ-стратегии;  $\gamma_{ij}$  – функция расчета значений уровней ИТ-целей [16];  $\beta_{ij}$  – значения  $i$ -го КПЭ ИТ-процесса в контуре регулирования  $j$ -й ИТ-цели на заданном интервале планирования;  $n = \overline{1, N}, m = \overline{1, M}$ .

Следующий этап ГА – это отбор особей в соответствии с их функцией пригодности. В классической схеме отбор обычно реализуется с помощью метода "колеса рулетки". Предлагаемая в данной работе процедура отбора позволяет реализовать механизм адаптации параметров алгоритма оптимизации на основе компромисса между скоростью сходимости и качеством получаемого локально-оптимального решения.

Суть предлагаемого механизма адаптации сводится к тому, что вероятность отбора особей гибко меняется в зависимости от предыстории поиска. С этой целью используется нормальный закон распределения вероятности отбора. Математическое ожидание принимается равным значению функции пригодности. Если в очередном поколении произошла смена наилучшей хромосомы, то дисперсия принимает максимальное значение, расширяя тем самым диапазон поиска. Если же на протяжении нескольких поколений более предпочтительная

хромосома не находится, то дисперсия уменьшается, в простейшем случае, пропорционально числу поколений:

$$D = D_{\max} - \varepsilon r, \quad (20)$$

где  $D_{\max}$  – максимальное значение дисперсии;  $\varepsilon$  – коэффициент, определяющий скорость сходимости алгоритма;  $r$  – число "неудачных" поколений.

Математическое ожидание функции распределения равно значению функции  $F_{\max}$ . Случайная величина  $X_i$  является непрерывной, поэтому в отличие от дискретных значений  $F_k$  ( $k = 1, 2, \dots, M$ ) необходимо выбрать такое значение  $F_k$  функции пригодности, расстояние от которого до  $F_{\max}$  было бы наиболее близко к расстоянию от  $X_i$  до  $F_{\max}$ :

$$k = \arg \min \left\| F_{\max} - X_i \right| - \left\| F_{\max} - F_k \right\|. \quad (21)$$

В последующих циклах отбора необходимо исключать из рассмотрения значения функции пригодности, соответствующие особям, уже отобранным на предыдущих циклах. Это обеспечит разнообразие состава популяции.

Оператор кроссинговера применяется по отношению к паре хромосом, прошедших отбор. Точки разрыва выбираются отдельно для каждого участка хромосомы и кроссинговер осуществляется в пределах этих участков.

После осуществления кроссинговера к хромосомам применяется оператор мутации. Было выбрано значение вероятности мутации  $P_{\text{мут}} = 0,1$ . Использование классической схемы мутации в нашем случае неприемлемо, поскольку может приводить к недопустимым вариантам определения параметра КПЭ. В связи с этим предлагается осуществлять мутацию не одного бита, а всего гена, состоящего из  $s$  бит, и кодирующего номер некоторого КПЭ и его значения. Его код заменяется другой допустимой комбинацией с последующей проверкой следующего условия.

Наконец, после кроссинговера и мутации производится отбор хромосом в следующее поколение. В результате получаем популяцию из  $Z$  различных хромосом, являющуюся следующим поколением ГА. Блок-схема разработанного ГА показана на рисунке 2.

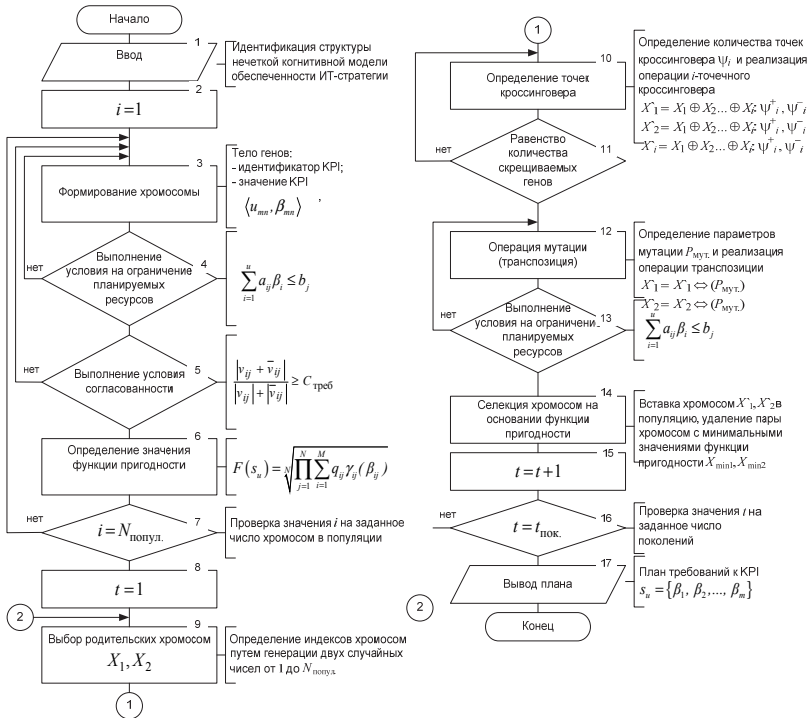


Рис. 2. Структура алгоритма обеспечения устойчивости ИТ-стратегии организации

Предложенный механизм адаптации обеспечивает еще одно преимущество – задает логически обоснованный критерий остановки поиска. Обычно в качестве такого критерия используется либо произвольно заданное число поколений, либо желаемое значение функции пригодности, при достижении которых поиск прекращается. В нашем случае поиск прекращается, если дисперсия уменьшается до такой величины, когда вероятность изменения лучшего из найденных вариантов становится пренебрежимо малой.

**5. Оценка эффективности обеспечения устойчивости ИТ-стратегии организации.** Для проверки результативности разработанной методики был спланирован эксперимент по обеспечению устойчивости ИТ-стратегии в ГК «Навигатор» (г. Орёл). Эксперимент включал в себя четыре шага. Для сравнительной оценки результатов, полученных в рамках проведенного эксперимента, применяется визуализация данных с помощью круговой диаграммы.

Первый шаг эксперимента заключался в обобщении результатов аудита обеспеченности ИТ-стратегии в ГК «Навигатор» в 2012 г. и выполнении первого этапа разработанной методики. В результате чего

были получены значения уровней достижимости ИТ-целей в соответствии с ИТ-стратегией в 2012 г. и требования к ним в виде допустимого диапазона достижимости ИТ-целей с учетом их относительно важности для обеспечения ИТ-стратегии, на диаграмму ему соответствует затемненная область (рисунок 3). Кривая, отображающая полученные результаты аудита, демонстрирует равномерность состояния ИТ-стратегии организации по перечню критических ИТ-целей (таблица).

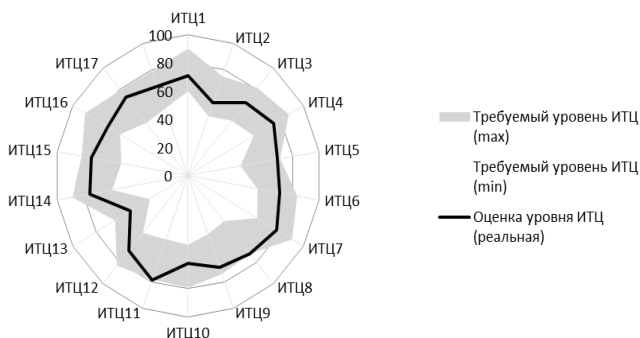


Рис. 3. Анализ устойчивости ИТ-стратегии группы компаний «Навигатор»

Таблица. ИТ-цели ГК «Навигатор»

№ п/п	Наименование ИТ-цели организации	Условное обозначение
1	Соответствие между ИТ и бизнес-стратегиями	ИТЦ1
2	Следование внешнему законодательству и регулирующим требованиями в области ИТ и поддержка бизнес-соответствия	ИТЦ2
3	Лидирующая роль руководства в принятии решений в области ИТ	ИТЦ3
4	Управляемые ИТ-риски	ИТЦ4
5	Получение выгоды от инвестиций с использованием ИТ	ИТЦ5
6	Прозрачность ИТ-затрат, выгод и рисков	ИТЦ6
7	Предоставление ИТ-услуг в соответствии с бизнес-требованиями	ИТЦ7
8	Адекватное использование приложений, информации и тех. решений	ИТЦ8
9	Гибкость ИТ	ИТЦ9
10	Безопасность информации, обрабатывающей инфраструктуры и приложений	ИТЦ10
11	Оптимизация ИТ-активов, ресурсов и способностей стратегических решений на основе информации	ИТЦ11
12	Обеспечение работы и поддержка бизнес-процессов, путем интеграции приложений и технологий в бизнес-процессы	ИТЦ12
13	Извлечение выгоды из программ и проектов, выполняемых в рамках сроков, бюджета и соответствующих требованиям и стандартам	ИТЦ13
14	Доступность надежной и нужной информации для принятия решений	ИТЦ14
15	Соблюдение внутренних политик	ИТЦ15
16	Компетентный и мотивированный персонал ИТ	ИТЦ16
17	Знания, экспертиза и инициативность для осуществления бизнес-инноваций	ИТЦ17



На втором шаге на основе нечеткой когнитивной модели оценивания обеспеченности ИТ-стратегии организации [16] были рассчитаны прогнозные значения показателей достижимости ИТ-целей организации, на диаграмме они представлены красным цветом. Полученные значения свидетельствовали о том, что на 12 шаге модельного времени наблюдается существенное рассогласование по перечню критических ИТ-целей (рисунок 4).

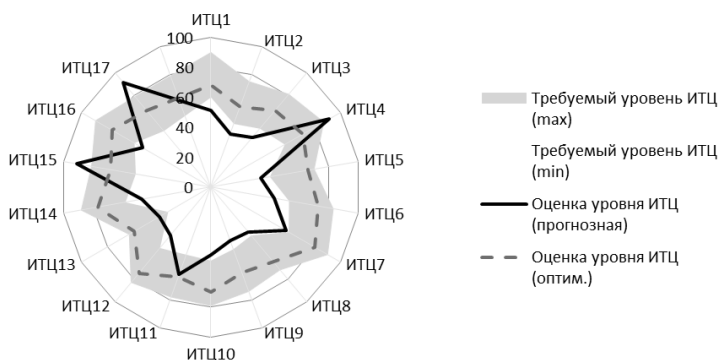


Рис. 4. Анализ устойчивости ИТ-стратегии группы компаний «Навигатор»

На третьем шаге эксперимента было осуществлено выполнение второго этапа методики, позволившего на основе рассчитанных статических показателей нечеткой когнитивной карты выделить замкнутые контура влияния и сформировать доминирующую стратегию обоснования показателей устойчивости ИТ-стратегии.

Третий этап методики явился заключительным шагом эксперимента, в результате которого был получен план требований к значениям КПЭ, выполнение этого плана менеджментом ГК «Навигатор» позволило снять образовавшееся возмущение в системе управления ИТ-архитектурой и обеспечить устойчивость принятой ИТ-стратегии на интервале планирования равном одному году. На диаграмме полученные значения показателей достижимости ИТ-целей после применения методики обеспечения устойчивости ИТ-стратегии организации показаны пунктиром. Можно отметить соответствие оптимизированной ИТ-стратегии организации по достижению требуемого уровня ИТ-целей.

**7. Заключение.** По результатам применения разработанной методики можно сделать вывод о том, что формирование плана по обеспечению требований к значениям КПЭ ИТ-процессов позволяет обеспечить устойчивость ИТ-стратегии организации на заданном интервале планирования, которая в перспективе позволяет снизить степень рассогласования между текущим и требуемым состоянием ИТ-архитектуры организации.

## Литература

1. Груман Г. ИТЛ и стратегия // Журнал «Директор информационной службы». 2007. № 7.
2. COBIT 5rd Edition // COBIT Steering Committee and the IT Governance Institute. 2012. URL: <https://www.isaca.org>.
3. Бегутова Е.В. Оценка эффективности реализации ИТ-стратегии с использованием теории нечетких множеств // Вестник ОГУ. 2012. №8. С.20–26.
4. Кравченко Т.К. Оценка эффективности стратегических решений службы информационных технологий // Бизнес и информатика. 2011. №4, С.16–23.
5. Гурин Л.С., Дымарский Я.С., Меркулов А.Д. Задачи и методы оптимального распределения ресурсов // М.: «Сов. радио». 1968. 420 с.
6. Раскин Л.Г. Анализ сложных систем и элементы теории оптимального управления // М.: «Сов. радио». 1976. 344с.
7. Saaty T.L. Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process // Management Science. 1986. vol 32. no. 7. pp. 841–855.
8. Saaty R.W. The analytic hierarchy process: what it is and how it is used? // Mathematical Modeling. 1987. vol. 9. no. 3–5. pp. 161–176.
9. Саати Т.Л., Керс К.П. Аналитическое планирование. Организация систем /пер. с англ. под ред. И. А. Ушакова // М.: Радио и связь. 1991. 244 с.
10. Negoita C.V., Sularia M. On fuzzy mathematical programming and tolerances in planning // ECEESR. 1976. vol. 1. pp. 3–14.
11. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации // М.: Наука. 1984. 206 с.
12. Раскин Л.Г., Серая О.В. Нечеткая математика. Основы теории. Приложения: моногр // Х.: Парус. 2008. 352 с.
13. Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Гинис Л.А. Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем // Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та. 2005. 288 с.
14. Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке // М.: ИНПРО-РЕС. 1995. 228 с.
15. Коростелев Д.А., Лагерев Д.Г., Подвесовский А.Г. Применение нечетких когнитивных моделей для формирования множества альтернатив в задачах принятия решений // Вестник Брянского государственного технического университета. Брянск: БГТУ. 2009. № 4(24) С. 77–85.
16. Кузькин А.А., Смирнов С.В., Семкин С.Н. Оценка обеспеченности ИТ-стратегии организации с применением метода нечёткого когнитивного моделирования // Интернет-журнал «Наукоедение». 2014. № 2(21). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/86TVN214.pdf>.

## References

1. Gruman G. [ITIL and strategy]. *Zhurnal «Direktor informacionnoj sluzhby» – Journal "CIO"*. 2007. vol. 7. (In Russ.).
2. COBIT 5rd Edition. COBIT Steering Committee and the IT Governance Institute. 2012. Available at: <https://www.isaca.org>.
3. Begutova E.V. [Evaluation of the IT strategy of using the theory of fuzzy sets]. *Vestnik OGU – Vestnik OSU*. 2012. vol. 8. pp. 20–26. (In Russ.).
4. Kravchenko T.K. [Estimation of efficiency of strategic decision-making Information Technology Services]. *Biznes i informatika – Business and Computer Science*. 2011. vol. 4. pp. 16–23. (In Russ.).

5. Gurin L.S., Dymarskij Ja.S., Merkulov A.D. *Zadachi i metody optimal'nogo raspredelenija resursov* [Tasks and methods of optimal allocation of resources]. M.: «Sov. radio». 1968. 420 p. (In Russ.).
6. Raskin L.G. *Analiz slozhnyh sistem i jelementy teorii optimal'nogo upravlenija* [Analysis of complex systems and elements of the theory of optimal management]. M.: «Sov. radio». 1976. 344 p. (In Russ.).
7. Saaty T.L. Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. *Management Science*. 1986. vol 32. no. 7. pp. 841–855.
8. Saaty R.W. The analytic hierarchy process: what it is and how it is used?. *Mathematical Modeling*. 1987. vol. 9. no. 3–5. pp. 161–176.
9. Saaty T.L., Kearns K.P. Analytical planning: the organization of systems 1995. 208p. (Russ. ed.: Saati T.L., Keris K.P. *Analiticheskoe planirovanie. Organizacija sistem*. 1991. 244 p.).
10. Negoita C.V., Sularia M. On fuzzy mathematical programming and tolerances in planning. *ECEESR*. 1976. vol. 1. pp. 3–14.
11. Orlovskij S.A. *Problemy prinjatija reshenij pri nechetkoj ishodnoj informacii* [Problems of making decisions at fuzzy initial information]. M.: Nauka, 1984. 206 p. (In Russ.).
12. Raskin L.G., Seraja O.V. *Nechetkaja matematika. Osnovy teorii. Prilozhenija: monogr.* [Fuzzy math. Fundamentals of the theory. Applications: monogr]. H.: Parus. 2008. 352 p. (In Russ.).
13. Gorelova G.V., Zaharova E.N., Ginis L.A. *Kognitivnyj analiz i modelirovanie ustojchivogo razvitiya social'no-jekonomicheskikh sistem* [Cognitive analysis and modeling of sustainable development of socio-economic systems]. Rostov n/D: Izd-vo Rost. un-ta, 2005. 288 p. (In Russ.).
14. Silov V.B. *Prinjatije strategicheskikh reshenij v nechetkoj obstanovke* [Strategic decision-making in a fuzzy environment]. M.: INPRO-RES. 1995. 228 p. (In Russ.).
15. Korostelev D.A., Lagerev D.G., Podvesovskij A.G. [Application of fuzzy cognitive models for the formation of a set of alternatives in decision-making]. *Vestnik Brjanskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta – The Bryansk State University Herald*. Brjansk: BG TU. 2009. vol. 4(24) pp. 77–85. (In Russ.).
16. Kuz'kin A.A., Smirnov S.V., Semkin S.N. [Evaluation of IT security strategy of the organization using the method of fuzzy cognitive modeling]. *Internet-zhurnal «Naukovedenie» – On-line Journal "Naukovedenie"*. 2014. vol. 2(21). Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/86TVN214.pdf>. (In Russ.).

**Кузькин Александр Александрович** — сотрудник, Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации. Область научных интересов: корпоративное управление информационными технологиями. Число научных публикаций — 10. [kuzmich313@mail.ru](mailto:kuzmich313@mail.ru); Приборостроительная, 35, г. Орел, 302034, РФ; р.т. +7(4862)549834, факс +7(4862)541325.

**Kuzkin Alexander Alexandrovich** — employee, Academy of Federal Agency of protection of Russian Federation. Research interests: human-corporate governance of information technology. The number of publications — 10. [kuzmich313@mail.ru](mailto:kuzmich313@mail.ru); Priborostroitelnaya Street, 35, Orel, 302034, Russia; office phone +7(4862)549834, fax +7(4862)541325.

## РЕФЕРАТ

### *Кузькин А.А. Методика обеспечения устойчивости стратегии развития информационных технологий в организации.*

Обеспечение устойчивости стратегии развития информационных технологий в организации может быть достигнуто за счет формирования требований к значениям ключевых показателей эффективности ИТ-процессов на основе балансировки их согласованного влияния на прогнозируемые уровни достижения ИТ-целей.

Во втором разделе статьи представлена функциональная модель процедуры обеспечения устойчивости ИТ-стратегии организации и решена задача формирования требований к уровню достижения ИТ-целей, при этом ее постановка осуществлена в виде задачи линейного программирования, которая была преобразована к нечеткому виду.

В третьем разделе на основе статического анализа нечёткой когнитивной карты обоснованы альтернативные сценарии обеспечения устойчивости ИТ-целей.

В четвертом разделе процесс обеспечения устойчивости ИТ-стратегии организации на заданном интервале планирования представляется в виде решения задачи формирования требований к значениям ключевых показателей эффективности ИТ-процессов, которая является частным случаем задачи многопараметрической оптимизации. Вектор требований к значениям ключевых показателей эффективности ИТ-процессов, который позволит ограничить изменений целевых показателей ИТ-стратегии организации на заданном интервале планирования, находится с помощью высоко робастного генетического алгоритма Холланда.

В пятом разделе осуществлена проверка результативности разработанной методики посредством натурального эксперимента в группе компаний «Навигатор» г. Орёл. Для сравнительной оценки результатов, полученных в рамках проведенного эксперимента, применена визуализация данных с помощью круговой диаграммы.

Представленные результаты апробации указанной методики свидетельствуют о том, что формирование требований к значениям ключевых показателей эффективности ИТ-процессов позволяет обеспечить устойчивость ИТ-стратегии организации на заданном интервале планирования, которая в перспективе позволяет снизить степень рассогласования между текущим и целевым состоянием ИТ-архитектуры организации.

## SUMMARY

### ***Kuzkin A.A. Technique Providing Stability of Information Technology Development in the Organization.***

Providing of information technology development stability in the organization can be achieved by developing the key efficiency index requirements of IT-processes in terms of balancing their influence on predictable levels of achieving IT purposes.

In the second part of the article a functional model of providing IT strategy stability in the organization and a problem of developing requirements of IT-purposes achievement have been solved. The task has been performed by presenting the linear programming converted in the fuzzy type.

In the third part of the article the alternative versions of providing IT purposes stability by using static analysis of the fuzzy cognitive pattern have been substantiated.

In the fourth part a process of providing organization IT strategy stability in the definite interval of planning is presented by developing the key efficiency index requirements of IT-processes being a particular case of solving multivariate optimization problem. The key efficiency index requirements of IT-processes permitting to limit organization IT strategy index in the definite interval of planning are performed by highly robust Holland genetic algorithm.

In the fifth part of the article a developed technique efficiency check through full-scale testing of the Orel company group “Navigator” has been introduced. Data visualization for comparative results evaluation has been applied.

The results of this technique testing shows that the key efficiency index requirements of IT-processes allows to decrease the miscoordination degree between current and required IT architecture state in the organization.