

- очистки сигналов от шума [Текст]: труды 13-й Международной конференции «Цифровая обработка сигналов и ее применение. — DSPA-2011», 30 марта — 2 апреля 2011 г. — С. 120—122.
9. Метод «Гусеница»-SSA — АРПСС — СПОАРУТ и модель АРСПСС — СПОАРУТ для анализа и прогнозирования финансово-экономических временных рядов: сборник трудов второй Международной научно-методической конференции «Математические методы, модели и информационные технологии в экономике», 4—6 мая 2011 г., Черновцы. — С. 306—308.
10. Щелкалин В. Н. От идей методов «Гусеница»-SSA и Бокса-Дженкинса до декомпозиционного метода прогнозирования и декомпозиционной ИНС [Текст] / В. Н. Щелкалин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2011. — № 4/4(52). — С. 59—69.
11. «Автоматизированная система анализа и оперативного прогнозирования процессов потребления целевых продуктов в жилищно-коммунальном хозяйстве» [Текст]: Международный конкурс инновационных проектов «Харьковские инициативы». — Харьков, 2010.
12. Метод «Гусеница» АРПССЭ — GARCH и декомпозиционный метод прогнозирования процессов потребления электроэнергии [Текст]: сборник трудов Международного научного семинара им. Ю. Н. Руденко «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики», 05—11 сентября 2011 г., Ивановская область, Решма, 2011.

УДК 004.82

Розглядаються аспекти генерації варіантів підсистем для гідрометеорологічної системи. Показані принципи генерації варіантів на основі морфологічного синтезу, операторів генетичного алгоритму.

Ключові слова: генерація варіантів, морфологічний синтез, генетичний алгоритм, гідрометеорологічна система.

Рассматриваются аспекты генерации вариантов подсистем для гидрометеорологической системы. Показаны принципы генерации вариантов на основе морфологического синтеза, операторов генетического алгоритма.

Ключевые слова: генерация вариантов, морфологический синтез, генетический алгоритм, гидрометеорологическая система.

The aspects of generation of variants of subsystems are examined for the hydro-meteorological system. Principles of generation of variants are outlined on the basis of morphological synthesis, statements of genetic algorithm.

Keywords: generation of variants, morphological synthesis, genetic algorithm, hydrometeorological system.

ЗАДАЧА ГЕНЕРАЦИИ ВАРИАНТОВ ПОДСИСТЕМ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ НА ОСНОВЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

Ю. В. Доронина

Кандидат технических наук, доцент
Кафедра информационных систем,

Севастопольского Национального технического университета,
г. Севастополь, ул. Университетская, 99053,

Контактный тел.: (0692) 435-364, (0692) 435-100

E-mail: juvado@rambler.ru, root@sevgtu.sebastopol.ua

1. Введение

Проектирование автоматизированной информационной системы сбора, обработки, контроля, анализа и хранения данных морских прибрежных наблюдений (АИГМС МПН) представляет собой трудоемкую задачу в связи с необходимостью согласования различных функциональных нагрузок в отдельных подсистемах [1]. Это связано с тем, что системы оперативного назначения, к которым относится АИГМС МПН, осуществляют решение своих задач непрерывно, а значит, всегда существует дифференциация выполняемых ими функций

с точки зрения устаревания. Таким образом, при проектировании внутрисистемной организации необходимо иметь механизмы создания вариантов подсистем по различным функциональным нагрузкам.

2. Постановка задачи

На основе адаптации методики морфологического синтеза ставится задача генерации вариантов подсистем по различным функциональным мощностям. Цель метода — систематический обзор и синтез множества

вариантов данного объекта. Под множеством вариантов подсистемы PS_i системы S понимается множество

$$X^{PS_i} = \{X_1^{PS_i}, X_2^{PS_i}, \dots, X_m^{PS_i}\}, i = \overline{1, n}, \bigcup_{j=1}^L X_j^{PS_i} = S, j = \overline{1, L}, (1)$$

где m — конечное число генерируемых вариантов по подсистеме i ; L — конечное число подсистем. Для исходной технологической структуры $L = 3$.

X^{PS_i} представляет собой морфологическое множество (множество структурных решений объектов, принадлежащих рассматриваемому классу) для подсистемы i [2].

3. Основные идеи методики генерации вариантов

Морфологический метод древовидного синтеза, который относится к методам морфологического последовательного детерминированного поиска [3], подразумевает построение морфологической таблицы, где общее число операций выбора в методе древовидного синтеза определяется по выражению

$$N = \sum_{i=1}^L A_i,$$

где A_i — альтернативы для реализации i -й обобщенной функциональной подсистемы или функции; L — число обобщенных функциональных подсистем (строк морфологической таблицы).

На первом этапе производится оценка функциональности вариантов. Пусть $F_e^{X^{PS_i}}$ — обобщенная функциональность варианта подсистемы X^{PS_i} . На первом этапе генерируются два варианта: с функциональностью, определенной технологическим процессом АИГМС $F_0^{X^{PS_i}}$ и вариант с максимальной функциональностью (максимальной на момент проектирования) планируемой функциональностью, $F_{max}^{X^{PS_i}}$. На втором этапе генерируются варианты $F_{max-}^{X^{PS_i}}$ и $F_{0+}^{X^{PS_i}}$, функционально близкие к $F_{max}^{X^{PS_i}}$ и $F_0^{X^{PS_i}}$ соответственно. На следующем этапе формируются i -е варианты, близкие по функциональной нагрузке к $F_{max-}^{X^{PS_i}}$ и $F_{0+}^{X^{PS_i}}$. Множество A_i генерируется до тех пор, пока не исчерпаны все варианты функциональной нагрузки или пока $F_{0+}^{X^{PS_i}}$ не перейдет в $F_{max-}^{X^{PS_i}}$ и наоборот. Формирование i -х вариантов может осуществляться на основе известных в литературе операторов генетических алгоритмов (ГА): кроссоверов и мутаций [4]. Мера сходства между описанием рассматриваемого варианта системы S_{i1} и описанием поискового задания S_2 , представляющая собой переходы вида $F_0^{X^{PS_i}} \rightarrow F_{0+}^{X^{PS_i}} | F_{max}^{X^{PS_i}} \rightarrow F_{max-}^{X^{PS_i}}$ для случая эквивалентных мер определяется выражением

$$C(S_j^1, S_j^2) = \frac{2m(S_i \cap S_j)}{(1+u)(m(S_i) + m(S_j) - 2um(S_i \cap S_j))}, (2)$$

где $-1 \leq u \leq \infty$; $m(S_i)$ — обозначение числа элементов множества S_i .

Случай 1. Пусть $C_1 = (c_{11}, c_{12}, \dots, c_{n1})$ исходная хромосома. Для каждого гена в хромосоме вводится значение его доминантности — d_i , где i — номер гена в хромосоме. Доминантность означает вероятность того, что ген перейдет к потомку. Введем операцию направленной мутации. Для

исходного варианта подсистемы X^{PS_i} функциональность определяется выражением:

$$F_0^{X^{PS_i}} = F_{min}^{X^{PS_i}} = (c_{1i} | d_{1i}, c_{2i} | d_{2i}, \dots, c_{ni} | d_{ni}), n \subset L, d_i \subset \{D_{max}\},$$

где $\{D_{max}\} = \sum_{j=1}^{L,n} d_{ji} = 1, F_{max}^{X^{PS_i}} = \bigcup_{j=1}^L F_j^{PS_i} = F_S$.

Выбирается $\max d_j, j = \overline{1, L}$, такая, что

$$\exists (F_{0+}^{X^{PS_i}}) = F_{min+}^{X^{PS_i}} = (c_{1i} | d_{1i}, c_{2i} | d_{2i}, \dots, c_{ni} | d_{ni}) \bigcup_{j=1}^L (c_j | d_j).$$

Для случая, когда операция мутации применяется к функционально полному варианту

$$F_{max}^{X^{PS_i}} = (c_{1i} | d_{1i}, c_{2i} | d_{2i}, \dots, c_{Li} | d_{Li}),$$

то выбирается $\min d_j, j = \overline{1, L}$, такая, что

$$\exists (F_{max-}^{X^{PS_i}}) = (c_{1i} | d_{1i}, c_{2i} | d_{2i}, \dots, c_{Li} | d_{Li}) - (c_j | d_j).$$

Сходимость алгоритма обеспечивается тем, что $\{D_{max}\}$ конечно, и при $F_0^{X^{BC}} \rightarrow F_{max-}^{X^{BC}}$ или $F_{max-}^{X^{BC}} \rightarrow F_0^{X^{BC}}$ ГА сходится.

Рассмотрим описанный алгоритм для генерации вариантов подсистемы сбора. Функциональность исходного варианта подсистемы сбора определяется следующими составляющими:

$$F_0^{X^{BC}} = \{P, PA, C, \Pi\},$$

где P — регистрация данных вручную; PA — регистрация данных полуавтоматически (автоматизировано); C — сбор данных; Π — передача данных.

Функциональность $F_{max}^{X^{BC}}$ подсистемы сбора определяется следующими составляющими:

$$F_{max}^{X^{BC}} = \{P, PA, C, \Pi, A, YA, PA\} = \{F_0^{X^{BC}}, A, YA, PA\},$$

где A — регистрация данных автоматически; YA — управление автоматической регистрацией данных; PA — предварительный анализ данных.

Морфологическая таблица вариантов подсистемы сбора данных в АИГМС строится с учетом того, что на начальном этапе генерации вариантов веса критериев для $F_0^{X^{PS_i}}$ и $F_{max}^{X^{PS_i}}$ равнозначны. Максимум доминантности обеспечивается наличием автоматического сбора данных (A) для $F_{0+}^{X^{BC}}$. $\min d_j = (YA), j = \overline{1, L}$ для $F_{max-}^{X^{BC}}$. Сходимость достигнута на второй итерации (табл. 1).

Множество образов вариантов систем может быть представлено матрицей образов, (порядка $p \times q$), причем номеру столбца соответствует наименование системы $S_j (j = 1, 2, \dots, q)$, а номеру строки — название признака $Z_i (i = 1, 2, \dots, p)$. Любой j -й столбец матрицы является описанием j -й системы, любая i -я строка — описанием i -го признака.

Континуум эквивалентных мер $C(S_j^1, S_j^2)$, рассчитанный по формуле (2), имеет следующие оценки (при $u = 1$):

$$C(S_1, S_2) = 4; C(S_1, S_3) = 2; C(S_1, S_4) = 1,33;$$

$$C(S_3, S_2) = 5; C(S_2, S_4) = 2,5; C(S_3, S_4) = 6.$$

Таблица 1

Морфологическая таблица вариантов подсистемы сбора данных в АИГМС

Подсистема X^{PS_i}	Функциональность $F_c^{X^{PS_i}}$	Наименование функционального блока
BC	$F_0^{X^{BC}} = \{P, PA, C, \Pi\}$	P – регистрация данных вручную; ПА – регистрация данных полуавтоматически (автоматизированно); C – сбор данных; П – передача данных
	$F_{max}^{X^{BC}} = \{F_0^{X^{BC}}, A, YA, PA\}$	A – регистрация данных автоматически; YA – управление автоматической регистрацией данных; ПА – предварительный анализ данных
	$F_{0^+}^{X^{BC}} = \{F_0^{X^{BC}}, A\}$	A – регистрация данных автоматически
	$F_{max^-}^{X^{BC}} = \{F_0^{X^{BC}}, A, PA\}$	без YA – управления автоматической регистрацией данных
	$F_{0^{++}}^{X^{BC}} = \{F_0^{X^{BC}}, A, PA\}$	$F_{0^{++}}^{X^{BC}} \rightarrow F_{max^-}^{X^{BC}}$
	$F_{max^-}^{X^{BC}} = \{F_0^{X^{BC}}, A\}$	$F_{max^-}^{X^{BC}} \rightarrow F_{0^+}^{X^{BC}}$

Таблица 2

Матрица образов подсистемы сбора данных в АИГМС

Признак	PS ₁	PS ₂	PS ₃	PS ₄
P	1	1	1	1
ПА	1	1	1	1
C	1	1	1	1
П	1	1	1	1
A	0	1	1	1
СП	0	0	1	1
YA	0	0	0	1

Случай 2. Когда исходный вариант подсистемы соответствует функциональному максимуму $X^{PS_i} \rightarrow F_{max}^{X^{PS_i}}$, причем $F_{max}^{X^{PS_i}} = \bigcup_j F_j^{PS_i} = F_S$, $j = \overline{1, L}$, то для генерации вариантов с определенной доминантой (случай 1) может быть применена операция направленной мутации следующего вида:

$$\exists(F_{max}^{X^{PS_i}}) = \begin{cases} (c_{1i} | d_{1i}, c_{2i} | d_{2i}, \dots, c_{Li} | d_{Li}) - (c_j | d_j), & d_j \in d^u(t), t \leq T^u; \\ (c_{1i} | d_{1i}, c_{2i} | d_{2i}, \dots, c_{Li} | d_{Li}) - (c_j | d_j), & d_j \in d^o(t), t \in \overline{T_1; T_2}; \\ (c_{1i} | d_{1i}, c_{2i} | d_{2i}, \dots, c_{Li} | d_{Li}) - (c_j | d_j, \{c_k^p\}), & \text{при } (\max d_j), j, k \in L, p \in Y^{PS_{i+1}}, \end{cases}$$

где $d^u(t)$ – доминанта, определенная во времени и представляющая собой доминанту устаревающих блоков, перестающую быть доминантой по истечении периода $t \leq T^u$, $d^o(t)$ – нерегулярная доминанта, опре-

деленная во временном интервале $t \in \overline{T_1; T_2}$ при $\max d_j$, определен случай вложенной функциональности, когда от одной родительской хромосомы образуется от одного до нескольких потомков, которые могут относиться к хромосомам иной популяции $p \in Y^{PS_{i+1}}$ (cross-population selection). Сходимость алгоритма обеспечивается ограничением на суммарную оценку функциональности популяции

$$F^S = \sum_{i=1}^N F_i^{X^{PS_i}} \leq [F^L = (F_{min^-} + F_{max} + F_{min^+} + F_{min^-} + kF_{max^-})],$$

где F^L – возможное достижимое значение функциональности популяции, k – коэффициент, определяемый особенностями предметной области.

Рассмотрим описанный алгоритм для генерации вариантов подсистемы обработки. Функциональность исходного варианта подсистемы обработки определяется следующими составляющими, описанными технологическим процессом АИГМС:

$$F_0^{X^{BO}} = \{O(KGM), O(TGM), O(G), O(M), O(GVK), AK, KA, KB, BB(KGM), BB(TGM)\},$$

где O(KGM), O(TGM), O(G), O(M), O(GVK) – обработка данных в форматах KGM, TGM, годовых, многолетних, GBK; AK – комплексный анализ; KA – автоматический контроль; KB – контроль визуальный; BB(KGM) – ввод данных в формате KGM; BB(TGM) – ввод данных в формате TGM.

Особенностью $F_0^{X^{BO}}$ является то, что исходная функциональность равна $F_{max}^{X^{BO}}$, поскольку включает все возможные функции подсистемы обработки АИГМС. Поэтому, метод генерации вариантов в данном случае будет отличаться от генерации вариантов для подсистемы сбора АИГМС. Исследуем $F_0^{X^{BO}}$. В табл. 3 показаны признаки подсистемы обработки данных в АИГМС.

В некоторых признаках имеется вложенная интегральная функциональность, связанная с обобщением функций в технологическом процессе, нерегулярность и постепенное отмирание некоторых функций АИГМС в связи с технологической необходимостью. Например, функция ввода данных в таблицы вручную постепенно заменится автоматическим заполнением. Поскольку $F_0^{X^{BO}}$ включает ввод данных вручную из таблиц KGM, что на настоящий момент времени является устаревшей функцией, то генерация первого варианта $F_{0^-}^{X^{BO}} = F_{min}^{X^{BO}}$ будет представлять собой реализацию функциональности $F_0^{X^{BO}}$ без BB (KGM), а также без функций анализа и обработки данных в GBK, которые не являются составными функциями ЦГМД.

$$F_{0^-}^{X^{BO}} = \{O(KGM), O(TGM), O(G), O(M), KA, KB, BB(TGM)\}.$$

Матрица образов подсистемы обработки данных в АИГМС приведена в табл. 4. Континуум эквивалентных мер для вариантов подсистемы обработки данных $C(S_j^1, S_j^2)$, рассчитанный по формуле (2), имеет следующие оценки (при $u = 1$):

$C(S_1, S_2) = 2,33$; $C(S_1, S_3) = 3$; $C(S_1, S_4) = 3,5$; $C(S_1, S_5) = 7$;
 $C(S_1, S_6) = 2$; $C(S_2, S_3) = 2,33$; $C(S_2, S_4) = 9$; $C(S_2, S_5) = 4$;
 $C(S_2, S_6) = 4$; $C(S_3, S_4) = 3,5$; $C(S_3, S_5) = 7$; $C(S_3, S_6) = 1$;
 $C(S_4, S_5) = 8$; $C(S_4, S_6) = 2,33$; $C(S_5, S_6) = 1,5$.

Таблица 3

Матрица признаков подсистемы обработки данных в АИГМС

Признак	Наличие вложенной функциональности	Описание
O(КГМ), O(ТГМ), O(Г), O(М)	Возможен вложенный анализ	Обязательная функция ЦГМД
O(ГВК)	Нерегулярная функция	Не входит в ЦГМД
АК	Признак иерархически структурирован	Может быть автоматизированным, стандартным, нестандартным
КА, КВ	—	Функция ЦГМД
ВВ(КГМ)	—	Временная функция
ВВ(ТГМ)	—	Временная функция, но имеет место для восстановления архива

Таблица 4

Матрица образов подсистемы обработки данных в АИГМС

Признак	PS ₁	PS ₂	PS ₃	PS ₄	PS ₅	PS ₆
O(КГМ)	1	1	1	1	1	1
O(ТГМ)	1	1	1	1	1	1
O(Г)	1	1	1	1	1	1
O(М)	1	1	1	1	1	1
O(ГВК)	0	1	0	1	0	1
АК	0	1	1	1	1	0
КА	1	1	1	1	1	1
КВ	1	1	0	1	1	1
ВВ(КГМ)	0	1	0	0	0	1
ВВ(ТГМ)	1	1	1	1	1	0

Случай 3. Сложным случаем синтеза вариантов является ситуация, когда за исходный вариант берется $F_0^{X^{PS_i}} = F_{min}^{X^{PS_i}}$, априори определен максимум функциональности $F_{max}^{X^{PS_i}}$, то генерация описывается операцией направленной кросс-популяционной мутации. Реализуется композиция **случаев 1 и 2.**

Рассмотрим описанный алгоритм для генерации вариантов подсистемы хранения данных. Функциональность исходного варианта подсистемы хранения определяется следующими составляющими, описанными технологическим процессом с минимальной функциональностью вида:

$$F_0^{X^{BCX}} = \{БЭТ, З(БЭТ)\},$$

где БЭТ — хранилище данных в форме библиотеки электронных таблиц; З(БЭТ) — блок формирования запросов в библиотеке электронных таблиц.

Функциональность $F_{max}^{X^{BCX}}$ подсистемы хранения определяется следующими составляющими:

$$F_{max}^{X^{BCX}} = \{БЭТ, З(БЭТ), БД, З(БД), АФ, Ф, \} = \{F_0^{X^{BCX}}, БД, З(БД), АФ, Ф\},$$

где БД — хранилище данных в форме БД; З(БД) — блок формирования запросов к БД (интерфейс); АФ — анализ при фильтрации; Ф — фильтрация данных.

Генерация вариантов подсистемы хранения данных в АИГМС представляет собой трудоемкую задачу в связи с вложенной иерархичностью входящих в технологический процесс функций, например, иерархическую организацию интерфейсов пользователя с градациями по типам запросов: научных, стандартных и других.

Обозначения вида 0|1 в табл. 5 означают, что при декомпозиции или реструктуризации возможно остаточное наличие признака. Континуум эквивалентных мер $C(S_j^1, S_j^2)$, рассчитанный по формуле (2), производился по альтернативным вариантам и имеет следующие оценки (при $u = 1$):

$$C(S_1, S_2) = 2$$
; $C(S_1, S_3) = 2|\infty$; $C(S_1, S_4) = 0,67$;
 $C(S_1, S_5) = 0,5$; $C(S_1, S_6) = 0,67$; $C(S_1, S_7) = 0,4|0,5$;
 $C(S_2, S_3) = \infty|2$; $C(S_2, S_4) = 0,5$; $C(S_2, S_5) = 1$;
 $C(S_2, S_6) = 0,5$; $C(S_2, S_7) = 0,75|1$; $C(S_3, S_4) = 0,67|0,5$;
 $C(S_3, S_5) = 0,5|1$; $C(S_3, S_6) = 0,67|0,5$; $C(S_3^*, S_7) = (0,5|1)^*$;
 $C(S_3, S_7^*) = (0,4|0,33)^*$; $C(S_4, S_5) = 5$; $C(S_4, S_6) = 2$;
 $C(S_4, S_7) = 2,5|5$; $C(S_5, S_6) = 1,33$; $C(S_5, S_7) = 6|\infty$;
 $C(S_6, S_7) = 2,5|5$.

Запись вида $C(S_5, S_7) = 6|\infty$ означает, что для подсистем PS₅ и PS₇ мера близости варьируется в первом случае для 1 во втором для 0, то есть возможного наличия или возможного отсутствия признака соответственно. В случае полного совпадения признаков (при остаточном наличии в варианте при реструктуризации или декомпозиции) $C(S_j^1, S_j^2) = \infty$. Особым случаем можно считать расчет $C(S_j^1, S_j^2)$ для PS₃ и PS₇ в этих вариантах присутствует неоднозначность указанного вида. В этих вариантах расчет произведен попарно: $C(S_3^*, S_7) = (0,5|1)^*$; $C(S_3, S_7^*) = (0,4|0,33)^*$.

Таблица 5

Матрица образов подсистемы хранения данных в АИГМС

Признак	PS ₁	PS ₂	PS ₃	PS ₄	PS ₅	PS ₆	PS ₇
БЭТ	1	1	1	1	1	1	1
БД	0	0	0	1	1	1	1
З(БЭТ)	1	1	1	1	1	1	1
З(БД)	0	0	0	1	1	0	1
З(БД(Н))	0	0	0	0	0	1	1 0*
Ф	0	0	0	1	1	1	1
АФ А	0	1	0 1	0	1	0	1

Таким образом, окончательно схема технологических отраслевых процессов может быть условно пред-

ставлена следующим и подмножествами вариантов подсистем (рис. 1):

$$S = \{BC_k, BO_l, BCXm\},$$

где S — АИГМС, BC_k — подмножество вариантов подсистемы сбора, $k = \overline{1,4}$; BO_l — подмножество вариантов подсистемы обработки, $l = \overline{1,6}$; $BCXm$ — подмножество вариантов подсистемы хранения, $m = \overline{1,7}$.



Рис. 1. Множества полученных вариантов подсистем АИГМС

3. Области возможного внедрения полученных результатов

Показанные в статье принципы генерации вариантов подсистем АИГМС МПН могут быть внедрены при проектировании и совершенствовании отраслевой автоматизированной системы сбора, обработки, контро-

ля и анализа гидрометеорологических данных в гидрометеорологических обсерваториях и архивах. Кроме того, принципы генетического алгоритма, связанные с направленной мутацией, а также принципы морфологического синтеза, могут быть применены в проектных процедурах других предметных областей, не связанных с гидрометеорологией, поскольку имеют достаточный уровень формализации.

4. Заключение, выводы

На основе метода морфологического синтеза, а также операции генетического алгоритма — направленной мутации, получен метод генерации вариантов подсистем и описаны различные случаи, встречающиеся в АИГМС МПН, и которые могут быть обобщены для иных предметных областей, не связанных с гидрометеорологией.

Дальнейшие исследования проводились в направлении отсеивания вариантов, что позволило получить из множества размерностью $4 \times 6 \times 7$ (по числу сгенерированных вариантов по каждой подсистеме АИГМС) множество размерностью $2 \times 3 \times 2$ и пять вариантов полных систем АИГМС, полученных сочетанием подсистем по различным функциональным нагрузкам.

Литература

1. Доронина Ю. В. Автоматизация цикла гидрометеорологических данных [Текст] / Ю. В. Доронина // Сб. научн. тр. УкрНИГМИ. — К., 1999. — Вып. 247. — С. 250–254.
2. [Электронный ресурс] / Материалы сайта «Синтез новых и рациональных систем на морфологических множествах». — Режим доступа: \www/URL: <http://www.structuralist.narod.ru/dictionary/morphsyn.htm/> — Загл. с экрана.
3. Андрейчиков А. В. Анализ, синтез, планирование решений в экономике [Текст] / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. — М.: Финансы и статистика, 2000. — 368 с. — ISBN 5-279-02188-1.
4. [Электронный ресурс] / Материалы сайта «BaseGroup Labs». Н. Паклин. Непрерывные генетические алгоритмы — математический аппарат. — Режим доступа: \www/ URL:http://www.basegroup.ru/library/optimization/real_coded_ga/ — Загл. с экрана.