

## Раздел I. Эволюционное моделирование, генетические и бионические алгоритмы

УДК 681.3.001.63

**В.М. Курейчик**

### **ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ЭВОЛЮЦИИ ШМАЛЬГАУЗЕНА\***

*Рассматривается теория эволюции И.И. Шмальгаузена, представленная как авторегулируемый процесс, основанный на обратной связи. Строится модифицированная модель эволюции Шмальгаузена, основанная на преобразовании специальных кубов. Предлагается новая архитектура генетического поиска, основанная на указанных представлениях, позволяющая эффективно решать оптимизационные задачи искусственного интеллекта и принятия решений.*

*Эволюция; адаптация; генетический поиск; оптимизация; скрещивание.*

**V.M. Kureychik**

### **ABOUT ONE MODEL OF EVOLUTION OF SHMALGAUZEN**

*Problem is considered in article about model of evolution of Shmalgauzen, presented as autoadjustable process, which based on a feedback. The modified model of evolution of Shmalgauzen, based on transformation of special cubes, is under construction. The new architecture of genetic search, based on the specified representations, allowing effectively to solve optimising problems of an artificial intellect and decision-making, is offered.*

*Evolution; adaptation; genetic search; optimization; crossover.*

**Введение.** Согласно [1-4], в настоящее время открывается эпоха, когда новые научные достижения и открытия основаны не на том, что можно взять у природы, а на том – чему мы можем у нее научиться. Сейчас стал очевидным факт, что конструкторские, технологические, производственные и системные замыслы природы намного превосходят человеческие. Достижения природы – это результат миллиардов лет эволюции. Используя новые информационные технологии на основе моделирования эволюции, мы можем пройти этот путь за время, необходимое для создания новых прикладных методов и алгоритмов в области науки и техники.

В работе анализируется теория эволюции И.И. Шмальгаузена [3,5], представленная как авторегулируемый процесс, основанный на обратной связи. Строится модифицированная модель эволюции Шмальгаузена, основанная на преобразовании специальных кубов. Предлагается новая архитектура генетического поиска, основанная на указанных представлениях, позволяющая корректно решать оптимизационные задачи искусственного интеллекта.

---

\* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (грант № 09-01-00492), г/б № 2.1.2.1652.

**Некоторые сведения об элементах теории эволюции**<sup>1</sup>. Согласно Дарвину, эволюция представляет собой процесс адаптации организмов к условиям окружающей среды, причем приспособленность является результатом эволюции. Единицей эволюции является группа особей – популяция. Только в группе особей может происходить естественный отбор [2]. Биологическая эволюция – это происходящий в гряде поколений процесс приспособления биологических систем к условиям окружающей среды [1,5]. Функциональной единицей наследственности является ген – комплекс нуклеотидов. Минимальный набор генов, содержащий всю наследственную информацию данного организма, называется геном [1,5]. Набор генов, содержащий в хромосомах эукариот, называется генотипом.

Простейшей системой скрещивания является панмиксия. В этом случае равновероятно скрещиваются две любые особи данной популяции. Выделим четыре основных типа скрещивания:

1. Ассортативное скрещивание (гомогамия) при этом скрещиваются, главным образом, особи сходных фенотипов.
2. Гетерогамия (альтернативный вариант ассортативного скрещивания) это скрещивание преимущественно несходных фенотипов. Она в основном связана с миграцией.
3. Инбридинг это близкородственное скрещивание. Оно уменьшает комбинирование генов и сокращает материал для отбора.
4. Селективное скрещивание – это естественный отбор, основанный на устранении от размножения, а не на гибели менее приспособленных, согласно Северцеву [1].

Селективное скрещивание – синоним дарвиновского полового отбора [1,2].

Для количественного описания отбора определяют изменение численности отбираемого генотипа или фенотипа. Определим, например, меру приспособленности в двух последних поколениях

$$V_1^i = \frac{N_1^i}{N_1}, \quad V_2^i = \frac{N_2^i}{N_2}, \dots, \quad V_i^i = \frac{N_i^i}{N_i},$$

здесь  $N_1, N_2, \dots, N_i$  – численность популяции I в первом поколении,  $N_1^i, N_2^i, \dots, N_i^i$  – соответственно численность популяции I во втором поколении. Формула для определения относительной приспособленности как мера выживания запишется [1]:

$$W_1 = \frac{N_1^i N}{N_i N^i},$$

где  $N$  – сумма численностей популяции  $P_i$  в первом поколении ( $N = N_1 + N_2 + \dots + N_i$ ), соответственно  $N^i$  – во втором поколении ( $N^i = N_1^i + N_2^i + \dots + N_i^i$ ).

Нормированная относительная приспособленность называется адаптивной ценностью ( $\omega$ ). Так как  $W_{\max} = \frac{W_{\max}^i}{W_{\max}^i} = 1$  и  $W_i < W_{\max}$ , то адаптивная ценность  $i$  варианта

$$\omega_i = \frac{W_i}{W_{\max}} < 1$$

Следовательно, адаптивная ценность принимает значения в диапазоне от нуля до единицы. Разницу между  $\omega_{\max}$  и  $\omega_i$  называют коэффициентом отбора ( $S_i$ ):

<sup>1</sup> Отметим, что данный параграф написан на основе работ Северцева А.С., Шмальгаузена И.И., Яблокова А.В.

$$S_i^r = \frac{N_i N_{\max}^i - N_i^i N_{\max}^i}{N_i N_{\max}}$$

где  $N_i$  и  $N_i^i$  – численности  $i$  варианта генотипа в двух рассматриваемых последовательных поколениях, а  $N_{\max}$  и  $N_{\max}^i$  – численность наиболее многочисленного варианта в двух поколениях. В общем виде, если у нас прошло  $t$  поколений, тогда

$$S_i^r = \frac{s_i^{1,2} + s_i^{2,3} + \dots + s_i^{t-1,t}}{t}$$

Коэффициент отбора показывает насколько приспособленность особей данного генотипа ниже приспособленности наилучшего варианта в исследуемой популяции [1].

Р. Фишер [1,6,7] определил изменение средней приспособленности за одно поколение и назвал его “фундаментальной теоремой естественного отбора”:

$$\Delta W_{CF} = W_{CF}^r \quad W_{CF}^r = \frac{\sigma^2 W_{CF} + W_{CF}^2}{W_{CF}} \quad W_{CF}^r = \frac{1}{W_{CF}} \sigma^2 W_{CF}$$

Она звучит следующим образом [1]: “изменение средней приспособленности прямо пропорционально ее дисперсии в начальный момент времени и обратно пропорционально ее величине”. Другими словами, неформально, “отбор не может идти в сторону снижения приспособленности популяции” [1].

Следуя [1], термин микроэволюция обозначает процесс адаптивных преобразований популяций под действием естественного отбора. Он приводит к дифференциации популяций внутри вида и возникновению новых видов.

Шмальгаузен [1,3] выделил четыре основных формы отбора:

1. Стабилизирующий. Здесь соотношение признаков организма и среды остается неизменным.
2. Балансирующий отбор. Здесь условия среды колеблются и отбор балансирует, уравнивая соотношение адаптации и сред. Балансирующий отбор – это комплекс различных селективных процессов, которые поддерживают, повышают, или регулируют генетическую изменчивость [3].
3. Движущий отбор. Здесь среда меняется направленно и формируются новые адаптации.
4. Групповой отбор – это дифференциальное выживание целых популяций, происходящее при вымирании других популяций того же вида. При групповом отборе выжившие особи получают селективное преимущество, за счет групповой адаптации [3].

Эволюция как адаптация – процесс вынужденный и неизбежный [1]. Также и популяция, чтобы существовать должна адаптироваться в каждом поколении, иначе она исчезнет.

Термином макроэволюция обозначают эволюцию надвидовых таксонов. Согласно Северцеву [1], закономерности макроэволюции не всегда сводятся к закономерностям микроэволюции. Источником своеобразия закономерностей макроэволюции является изменение масштаба времени, в котором анализируется эволюция [1]. Основным понятием функциональной эволюции является функция. Следуя Северцеву [1], “функция – это назначение данной морфологической структуры (функциональной схемы), обеспечивающее связь подсистем внутри организма и их взаимодействие с окружающей средой, а, тем самым, приспособленность целого организма”. Считается, что функциональная эволюция это всегда компромисс ме-

жду оптимизацией выполнения данной функции и сохранением организации, позволяющей приспосабливаться к изменениям условий среды.

Параллелизм – это возникновение сходных признаков на общей организационной основе. Параллельная эволюция происходит на общей, унаследованной от предков, организационной основе в сходных условиях обитания. Предварительно исходная популяция разбивается на группы. Далее каждая группа эволюционирует в своей адаптивной зоне, перестраиваясь по мере изменения среды.

**Модифицированная модель эволюции.** Опишем модифицированную автором модель эволюции Шмальгаузена, ориентированную на решение задач оптимизации. Шмальгаузен [1,6,7] попытался представить эволюцию Дарвина в терминах теории управления и кибернетики. Он выделил объект (биогеоценоз), в которой по каналам прямой и обратной связи передаются от материнской популяции к дочерней и от популяции к биогеоценозу сигналы управления. Следуя Шмальгаузену [6,7] эволюция это авторегулируемый процесс, основанный на обратной связи. На ее основе происходит анализ микроэволюции. Она рассматривает процессы, протекающие на уровне популяций, начиная с механизмов изменчивости. Далее рассматривается наследственная изменчивость до возникновения нового вида. В своей схеме Шмальгаузен выделил два основных блока: управляющий (регулятор) и регулируемый. Управляющим блоком в эволюции Шмальгаузена (ЭШ) является внешняя среда. Регулируемый блок в ЭШ это элементарная единица эволюции, т.е. популяция. К условиям этой внешней среды эта популяция и приспосабливается, т.е. адаптируется (рис. 1).

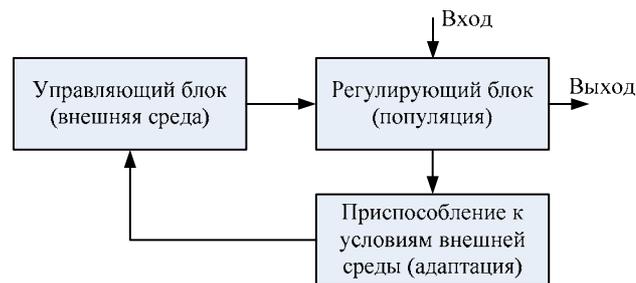


Рис. 1. Условная модель эволюции Шмальгаузена

На рис. 2 приведена условная схема модифицированной ЭШ. Популяция здесь меняется от поколения  $t$  к поколению  $t+1$  ( $t \in T$ ;  $t = 0, 1, 2, \dots, n$ ,  $|T| = n$ , где  $n$  – число поколений). Это происходит на основе генетической изменчивости, передаваемой по каналу прямой связи. Следуя [1,6,7], в простом эволюционном авторегулятором цикле происходит две перекодировки информации. Первая – превращение генетической информации в фенотипическую. Вторая – размножение организмов прошедших естественный отбор. Очевидно, что такой отбор и есть процесс регуляции. Здесь блок “соответствие 1?” проверяет – насколько исследуемая популяция соответствует условиям регулятора. В блоке проверка логического условия “соответствие 2?” анализируется правильность преобразования по заданной программе.

Согласно схеме (см. рис. 1) эволюция не только самодвижущийся, но и саморегулирующий процесс. Процессы микро- и макроэволюции описывает модель эволюции Шмальгаузена [6,7]. Эволюционирующую популяцию и внутривидовую дифференциацию популяций Шмальгаузен представил как трехмерную решетку. В ней каждая плоскость – это эволюция особи, прошедшей естественный отбора, а

вершины (узлы) ячейки – результат их скрещивания. Модель также демонстрирует процесс перехода от микроэволюции популяций к макроэволюции (эволюции над-видов). На рис. 3 показан пример такой решетки.

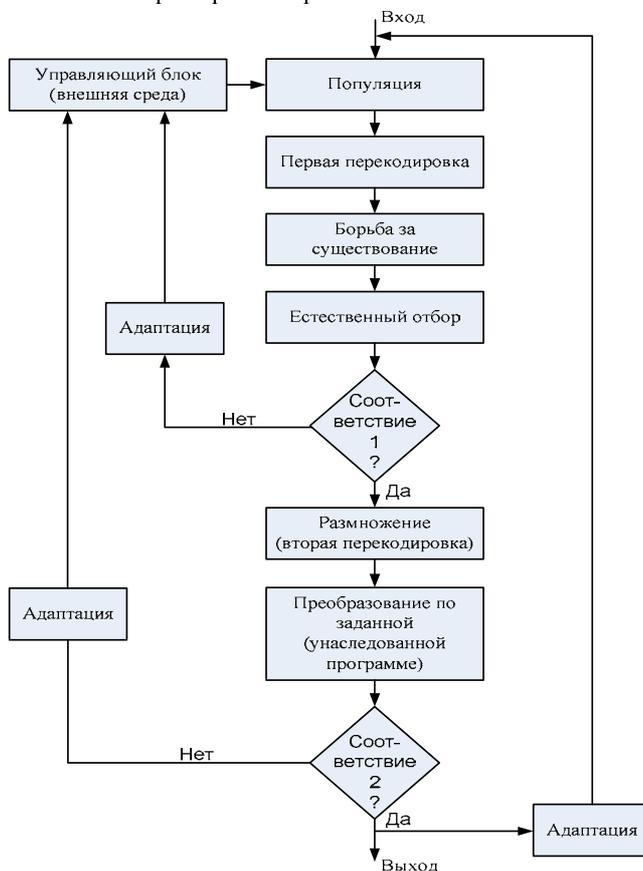


Рис. 2. Условная схема модифицированной эволюции Шмальгаузена

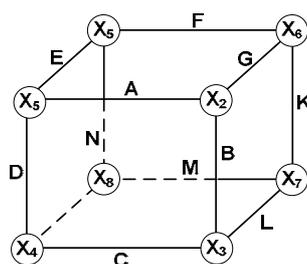


Рис. 3. Пример трехмерной решетки Шмальгаузена

Будем считать, что узлы решетки это особи (хромосомы), т.е. альтернативные решения анализируемой задачи оптимизации. Они образуют начальную популяцию альтернативных решений  $P = \{X_1, X_2, \dots, X_8\}$ ,  $|P| = 8$ .

Согласно произвольному генетическому алгоритму, для каждого элемента  $X_j \in P$  определяется целевая функция (функция приспособленности, fitness и т.п.).

Далее согласно целевой функции (ЦФ) производится отбор элементов для реализации генетического поиска. Он состоит из последовательной, параллельной или комбинированной реализации генетических операторов (ГО). Основными у них являются операторы кроссинговера, скрещивания, мутации, инверсии, транслокации, сегрегации и т.п. [8].

Рассмотрим, как на основе решетки Шмальгаузена может быть реализован односточный оператор кроссинговера (ОК). Согласно схеме решетки, например, хромосома  $X_1$ , скрещивается с  $X_2$ ,  $X_2$  с  $X_3$ ,  $X_3$  с  $X_4$  и  $X_4$  с  $X_1$ . Получим плоскость ABCD, которой соответствуют “хромосомы-дети”. Тогда для первой плоскости после применения ОК получим:

$$\begin{array}{l} \text{I плоскость} \\ \text{(ABCD)} \end{array} \quad \begin{array}{l} X_1-X_2 = \begin{Bmatrix} A_1 \\ A_2 \end{Bmatrix}, \quad X_3-X_4 = \begin{Bmatrix} C_1 \\ C_2 \end{Bmatrix}, \\ X_2-X_3 = \begin{Bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{Bmatrix}, \quad X_1-X_4 = \begin{Bmatrix} D_1 \\ D_2 \end{Bmatrix}. \end{array}$$

Для второй плоскости – получим:

$$\begin{array}{l} \text{II плоскость} \\ \text{(AEFG)} \end{array} \quad \begin{array}{l} X_1-X_5 = \begin{Bmatrix} E_1 \\ E_2 \end{Bmatrix}, \\ X_5-X_6 = \begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{Bmatrix}, \\ X_2-X_6 = \begin{Bmatrix} G_1 \\ G_2 \end{Bmatrix}. \end{array}$$

Соответственно, для третьей плоскости:

$$\begin{array}{l} \text{III плоскость} \\ \text{(BGKL)} \end{array} \quad \begin{array}{l} X_3-X_7 = \begin{Bmatrix} K_1 \\ K_2 \end{Bmatrix}, \\ X_6-X_7 = \begin{Bmatrix} L_1 \\ L_2 \end{Bmatrix}. \end{array}$$

Для четвертой плоскости получим:

$$\begin{array}{l} \text{IV плоскость} \\ \text{(NMKF)} \end{array} \quad \begin{array}{l} X_5-X_8 = \begin{Bmatrix} N_1 \\ N_2 \end{Bmatrix}, \\ X_7-X_8 = \begin{Bmatrix} M_1 \\ M_2 \end{Bmatrix}. \end{array}$$

Для пятой плоскости получим:

$$\begin{array}{l} \text{V плоскость} \\ \text{(DENO)} \end{array} \quad \begin{array}{l} X_4-X_8 = \begin{Bmatrix} O_1 \\ O_2 \end{Bmatrix}. \end{array}$$

Отметим, что для шестой плоскости (VI (COML)) все операции ОК уже выполнены ( $X_4-X_8$  в V плоскости,  $X_7-X_8$  в IV плоскости,  $X_3-X_4$  в I плоскости,  $X_3-X_7$  в III плоскости).

Итак, выполним ОК, согласно решетке Шмальгаузена. Для начальной популяции P получим новую популяцию, содержащую хромосомы (альтернативные решения) “родителей и детей” [9].

$$P_1 = \{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, A_1, A_2, B_1, B_2, C_1, C_2, D_1, D_2, E_1, E_2, F_1, F_2, G_1, G_2, K_1, K_2, L_1, L_2, N_1, N_2, M_1, M_2, O_1, O_2\},$$

$$|P_1| = 32.$$

Очевидно, что 32 альтернативных решения – это максимальное число решений, которое можно получить при использовании такого механизма использования ОК. Очевидно, что не все 32 решения являются реальными. Обычно четвертая

часть решений относится к нереальным. После их удаления остается приблизительно 24 решения. Тогда получим  $|F_1^f| = 24$ .

Отметим, что в простых генетических алгоритмах размер популяции должен оставаться постоянным. В нашем примере это восемь альтернативных решений. Далее возможны три основных варианта:

- ◆ первый – это сделать популяцию изменяемой на каждой итерации применения генетического оператора;
- ◆ второй – оставить популяцию постоянной, удалив все родительские хромосомы, затем оставить восемь хромосом с максимальным значением ЦФ.
- ◆ третий – оставить популяцию также постоянной, но при этом произвести ранжирование популяции по максимальному значению ЦФ и оставить восемь “наилучших хромосом”.

Опишем далее основные идеи генетического поиска на основе ЭШ и ее модели в виде трехмерной решетки [3,5,9].

Начальную популяцию особей (хромосом, альтернативных решений) предлагается создавать таким образом, чтобы ее размер был кратным 8. Далее исходная популяция разбивается на ряд подпопуляций:

$$P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}.$$

Причем  $|P_i| = 8$ ,  $i \in 1, 2, \dots, n$ .  $n \equiv (\text{mod } 2)$ , т.е. четное, и обязательно делится на 8. Это сделано для того, чтобы каждый раз иметь возможность строить трехмерные решетки Шмальгаузена.

Здесь  $P_1 = \{X_1, X_2, \dots, X_8\}$ ,  $P_2 = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_8\}$ , ...  $P_n = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_8\}$ . Отметим, что при  $n = 1$  имеем одну решетку и на ней реализуем ЭШ. При  $n = 2$  получим две решетки, на которых будем реализовывать ЭШ и т.д. до  $n$ .

При  $n = 1$ :

$$|F^f| = |P| + |P_1| = 8 + 24 = 32.$$

При  $n = 2$ :

$$|F^f| = |P_1| + |P_2| + |P| = 24 + 24 + 8 = 52,$$

При  $n = 3$ :

$$|F^f| = |P_1| + |P_2| + |P_3| + |P| = 24 + 24 + 24 + 8 = 80.$$

Далее можно продолжать аналогично.

Рассмотрим подробнее пример, когда  $n = 2$  и исходная популяция  $P$  разбивается на две подпопуляции. При этом строится две решетки (рис. 4). Произведем ранжирование исходной популяции по значению целевой функции. После этого оставим в популяции 16 хромосом, устранив худшие по значению ЦФ. Получим:

$$P = P_1 \cup P_2, |P_1| = 8, |P_2| = 8.$$

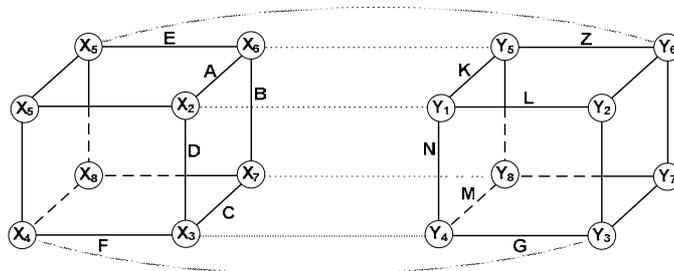


Рис. 4. Пример работы ЭШ на двух решетках

Причем,  $P_1$  содержит восемь элитных хромосом, а  $P_2$  – восемь худших.  $P_1 = \{X_1, X_2, \dots, X_8\}$ ,  $P_2 = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_8\}$ . Для  $P_1$  строим первый куб, а для  $P_2$  – второй (см. рис. 4).

Далее начинаем реализовать параллельную микроэволюцию внутри каждого куба. Например, выполним одноточечный ОК. При этом каждое скрещивание хромосом двух родителей позволяет получить двух потомков. В первом и втором кубах получим популяцию  $P_1$  и  $P_2$ , после первого шага, причем,  $|P_1| = 32$  и  $|P_2| = 32$ . Произведем ранжирование хромосом в  $P_1$  и  $P_2$ . Далее устраним неудовлетворительные решения, оставим в каждой подпопуляции по 8 лучших альтернативных решений. Пусть это будут следующие хромосомы:

- ♦ Для первого куба получим:  $A_1(X_2 - X_6)$ ,  $B_1(X_6 - X_7)$ ,  $C_1(X_3 - X_7)$ ,  $D_1(X_2 - X_3)$ ,  $D_2(X_2 - X_3)$ ,  $E_2(X_5 - X_6)$ ,  $I_1(X_1 - X_3)$ ,  $I_2(X_1 - X_3)$ . Подпопуляция лучших хромосом запишется так:

$$P_1 = \{ A_1, B_1, C_1, D_1, D_2, E_2, I_1, I_2 \}.$$

Здесь выражение  $A_1(X_2 - X_6)$  – означает, что хромосома  $A_1$  получена путем скрещивания родительских хромосом  $X_2$  и  $X_6$ . Причем, значение ЦФ для  $A_1$  попадает в восьмерку лучших хромосом из 32 полученных на первом шаге.

- ♦ Для второго куба получим:  $K_1(Y_1 - Y_5)$ ,  $K_2(Y_1 - Y_5)$ ,  $L_1(Y_5 - Y_8)$ ,  $M_2(Y_4 - Y_8)$ ,  $N_1(Y_1 - Y_4)$ ,  $N_2(Y_1 - Y_4)$ ,  $G_2(Y_4 - Y_3)$ ,  $I_1(Y_5 - Y_6)$ . Подпопуляция лучших хромосом запишется так:

$$P_2 = \{ K_1, K_2, L_1, M_2, N_1, N_2, G_2, I_2 \}.$$

Итак 16 лучших хромосом из  $P_1$  и  $P_2$  направлены на новую итерацию ОК (см. рис. 4). При этом скрещиваются:

$$(A_1 - K_1)(A_1 - K_2), (B_2 - L_1)(C_1 - M_2)(D_1 - N_1)(D_1 - N_2)(D_2 - N_1)(D_2 - N_2) \\ (F_1 - G_2)(F_2 - G_2) (F_1 - G_1) (F_2 - G_2).$$

Получаем новые 24 хромосомы. Это связано с тем, что каждое скрещивание двух родителей дает двух потомков.

Например:

$$(A_1 - K_1) = \begin{Bmatrix} W_1 \\ W_2 \end{Bmatrix}, \\ (A_1 - K_2) = \begin{Bmatrix} W_3 \\ W_4 \end{Bmatrix}, \\ (B_2 - L_1) = \begin{Bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{Bmatrix}, \\ (C_1 - M_2) = \begin{Bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{Bmatrix} \quad \text{и т.д.}$$

Пусть новая популяция лучших хромосом  $P_3 = \{W_1, W_2, W_3, W_4, V_1, V_2, Q_1, Q_2\}$ ,  $|P_3| = 8$ .

Процесс реализации ОК продолжается, пока не будет достигнут критерий останова, или пока не будет выполнено 7 итераций. Это связано с тем, что длина хромосомы равна восьми.

При завершении ОК происходит переход к другому генетическому оператору и т.д. согласно схеме (см. рис. 2). Основными критериями останова алгоритма являются следующие: время (ЦФ1), выполнение всех итераций ГА (ЦФ2), попадание в локальный оптимум (ЦФ3), получение заданного результата если он известен (ЦФ4).

Можно построить аддитивный обобщенный критерий:

$$K = \text{ЦФ}1\lambda_1 + \text{ЦФ}2\lambda_2 + \text{ЦФ}3\lambda_3 + \text{ЦФ}4\lambda_4, \text{ причём } \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 = 1.$$

Отметим, что обычно один критерий задается как основной, а остальные учитываются как ограничения. На практике считается, что время основной критерий, если раньше не получен искомый результат. Если время работы ГА истекло, то ГА останавливает свою работу и фиксирует полученные результаты.

На рис. 5 показан механизм взаимодействия ГА с внешней средой по выбору оператора кроссинговера.

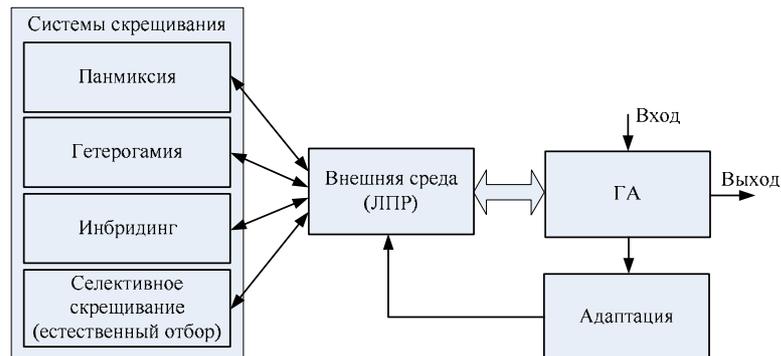


Рис. 5. Взаимодействие ГА с внешней средой по выбору оператора кроссинговера

ОК панмиксии будет выполнять равновероятное скрещивание особей. ОК гетерогамии будет выполнять скрещивание элитных и “плохих” хромосом. ОК инбридинга будет выполнять скрещивание “близкородственных” элитных или “плохих” особей. ОК селекции, будет использовать модель колеса рулетки для выбора скрещивающихся хромосом [8]. Для выбора системы скрещивания предполагается использовать адаптивную ценность ( $\omega$ ), коэффициент отбора ( $S_i$ ), среднюю приспособленность за одно поколение ( $\Delta W_{cp}$ ) [1].

**Заключение.** Описанная модель эволюции Шмальгаузена и построенный на ее основе генетический алгоритм эффективно используется для решения оптимизационных задач принятия решений. Преимущество модели ЭШ является попытка моделировать части этапов макроэволюции и использовать ее для повышения качества принятия решений.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Северцев А.С. Основы теории эволюции. – М.: Гуманитар. Изд-во Центр ВЛАДОС, 2005. – 380 с.
2. Дарвин Ч. Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение благоприятных рас в борьбе за жизнь. – М.: Тайдекс Ко, 2003. – 496с.
3. Шмальгаузен И.И. Факторы эволюции. Теория стабилизирующего отбора. – М.: Наука, 1968. – 353 с.
4. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. – М.: Рольф, 2002. – 576 с.
5. Курейчик В.М., Сороколетов П.В. Модифицированная модель эволюции Шмальгаузена // ПИТИС. – 2008, № 3,4. – С. 3-17.
6. Капра Ф. Скрытые связи / Перевод с английского. – М.: ИД “Телис”, 2002. – 336 с.
7. Клаг У., Каммингс М. Основы генетики. – М.: Техносфера, 2007. – 896 с.
8. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы / Под ред. В.М. Курейчика. – М.: Физматлит, 2006. – С. 353.
9. Курейчик В.В., Курейчик В.М., Сороколетов П.В. Анализ и обзор моделей эволюции // Известия РАН. Теория и системы управления/ – 2007. №5. – С. 174-187.

**Курейчик Виктор Михайлович**

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: kur@tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 8(8634)393-260.

Заместитель руководителя по научной работе; профессор.

**Kureychik Viktor Mihailovich**

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: kur@tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 8(8634)393-260.

Deputy head on scientific work; professor.

УДК 519.7:004.8 + 004.8.023; 004.81.85

**В.В. Курейчик, В.М. Курейчик, С.И. Родзин**

**КОНЦЕПЦИЯ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ,  
ИНСПИРИРОВАННЫХ ПРИРОДНЫМИ СИСТЕМАМИ\***

*В статье выдвигаются гипотезы и устанавливаются закономерности эволюционных вычислений. Формулируются основные положения и концепции эволюционных вычислений, предлагается их общая модель. Разрабатывается структура системы и базовый цикл алгоритма эволюционных вычислений.*

*Эволюционные вычисления; концепция; репродукция; селекция.*

**V.V. Kureichik, V.M. Kureichik, S.I. Rodzin**

**CONCEPT EVOLUTIONARY COMPUTATION IS INSPIRED BY NATURAL  
SYSTEMS**

*The paper puts forward a hypothesis and establish regularities of evolutionary computation. Formulated the basic provisions and concepts of evolutionary computation, the total proposed model. A system structure and the basic cycle of evolutionary computation algorithm.*

*Evolutionary computation, vision, reproduction, selection.*

**Введение.** Термин «эволюционные вычисления» (ЭВ) в искусственном интеллекте подразумевает использование для решения разнообразных задач проектирования, оптимизации, прогнозирования и управления совокупности алгоритмических, программных, аппаратных средств и приближенных эвристических методов, основанных на имитации механизмов эволюции для синтеза структур обработки данных, а также на статистическом подходе к исследованию ситуаций и итерационном приближении к искомому решению [1]. Идеи эволюции и самоорганизации оказались чрезвычайно плодотворными и на практике доказали свою непримитивность.

\* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (гранты № 07-01-00174, № 09-01-00492), г/б № 2.1.2.1652.