

**РАЗРАБОТКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА  
ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ 3D-ПОВЕРХНОСТЕЙ ОТНОСИТЕЛЬНО  
ДРУГ ДРУГА  
DEVELOPMENT OF A GENETIC ALGORITHM FOR ALIGNING  
3D SURFACES RELATIVE TO EACH OTHER**

**Замотин Н.А., Дягилев А.С.  
Zamotin N.A., Dyagilev A.S.**

*Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь  
Vitebsk State Technological University  
(e-mail: ni-ko-lay@mail.ru; dyagilev@vstu.by)*

*Аннотация:* Основными составляющими виртуальных примерочных одежды являются данные о фигуре человека, а также цифровая модель примеряемой одежды. Цифровая модель швейного изделия может быть получена при помощи 3D-сканирования готовых швейных изделий на роботе-манекене, повторяющем форму и размеры покупателя. Поверхность подобных манекенов состоит из пластин, которые, перемещаясь, придают телу манекена заданные размеры. В статье описан генетический алгоритм, применяемый для определения величин этих перемещений.

*Abstract:* The main components of virtual dressing rooms are data on the figure of a customer, as well as a digital model of the clothes being tried on. A digital model of a garment can be obtained by 3D scanning the finished garment on a robot mannequin that repeats the shape and size of the customer. The surface of such mannequins consists of plates, which, moving, give the body of the mannequin given dimensions. The article describes a genetic algorithm used to determine the magnitude of these displacements.

*Ключевые слова:* генетический алгоритм, выравнивание 3D-поверхностей, Rhinoceros 5, grasshopper.

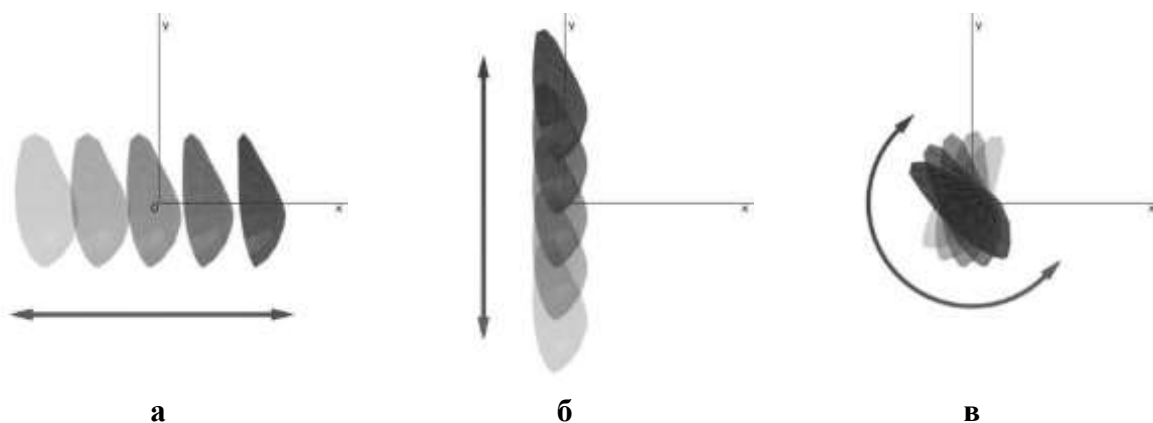
*Keywords:* genetic algorithm, 3D surface alignment, Rhinoceros 5, grasshopper.

Наиболее важными частями виртуальной примерочной одежды являются данные о фигуре человека в виде 3D-скана [1], а также цифровая модель примеряемой одежды. Цифровая модель швейного изделия может быть получена при помощи 3D-сканирования готовых швейных изделий на манекене, повторяющем форму и размеры покупателя. Наиболее перспективно разработкой в этом направлении являются параметрические роботы-манекены [2]. Поверхность подобных манекенов состоит из пластин, которые, перемещаясь, придают телу манекена заданные размеры. Для определения величин этих перемещений было разработано решение на основе генетического алгоритма.

Генетический алгоритм – это эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путем случайного под-

бора, комбинирования и вариации искомым параметров с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе [3]. Отличной особенностью генетического алгоритма является акцент на использование оператора скрещивания, который производит операцию рекомбинации решений-кандидатов, роль которой аналогична роли скрещивания в живой природе.

Для применения генетического алгоритма, необходимо сформулировать задачу таким образом, чтобы ее решение могло быть закодировано в виде вектора генов (генотипа), где каждый ген может быть числом. Работа с 3D-поверхностями осуществлялась в системе автоматизированного проектирования Rhinoceros 5 [4]. Для реализации генетического в среде графического редактора алгоритмов Grasshopper [5] была разработана модель, содержащая три переменные (три гена), изменение которых меняет положение детали в пространстве. Ген «А» описывает величину перемещение детали относительно оси абсцисс (рисунок 1а), ген «Б» описывает величину перемещения детали относительно оси ординат (рисунок 1б), ген «В» описывает угол наклона детали в прямоугольной системе координат (рисунок 1в).



**Рисунок 1 – изменение положения 3D-поверхности в зависимости от значения гена**

Первым шагом работы алгоритма является создание некоторым случайным образом множества генотипов начальной популяции. В приведенном выше случае генотип может быть, например  $\{A=0.2, B=1.0, V=0\}$ .

Затем, все полученное множество генотипов оцениваются с использованием функции приспособленности, в результате чего с каждым генотипом ассоциируется определенное значение приспособленности, которое определяет, насколько хорошо данный генотип решает поставленную задачу.

Функция приспособленности работает следующим образом. Из центра каждого полигона, из которых состоит перемещаемая деталь, строится вектор (нормаль) перпендикулярно его поверхности (рисунок 2а). Затем находятся точки пересечения данного вектора с поверхностью детали большего размера (рисунок 2б). Найдя сумму длин линий, построенных между одноименными точками (рисунок 2в), мы получим число, которое и будет описывать величину приспособленности конкретного генотипа.

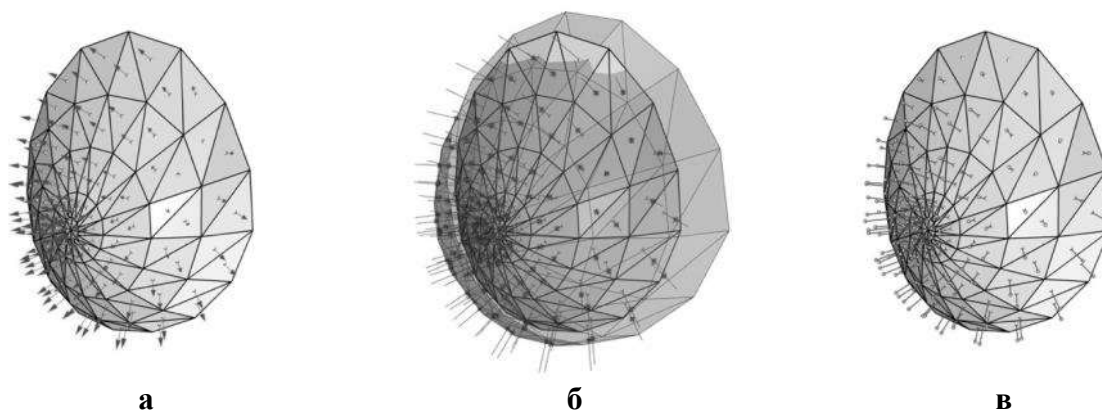


Рисунок 2 – Этапы работы функции приспособленности

Далее, из полученного множества генотипов (поколения) с учетом значения приспособленности выбираются генотипы, к которым применяются генетические операторы скрещивание и мутация, в результате чего будет сформировано новое поколение генотипов.

В реализации используемого генетического алгоритма используется несколько методов скрещивания. *Перекрестное скрещивание* – метод, при котором новый генотип наследует случайное число генов от любого из родительских генотипов (рисунок 3а). *Усредненное скрещивание* – метод, при котором новый генотип наследует усредненные значения родительских генов (рисунок 3б). *Скрещивание со смещением* – метод, при котором новый генотип наследует большее значение от родительского генотипа с лучшим значением приспособленности (рисунок 3в).

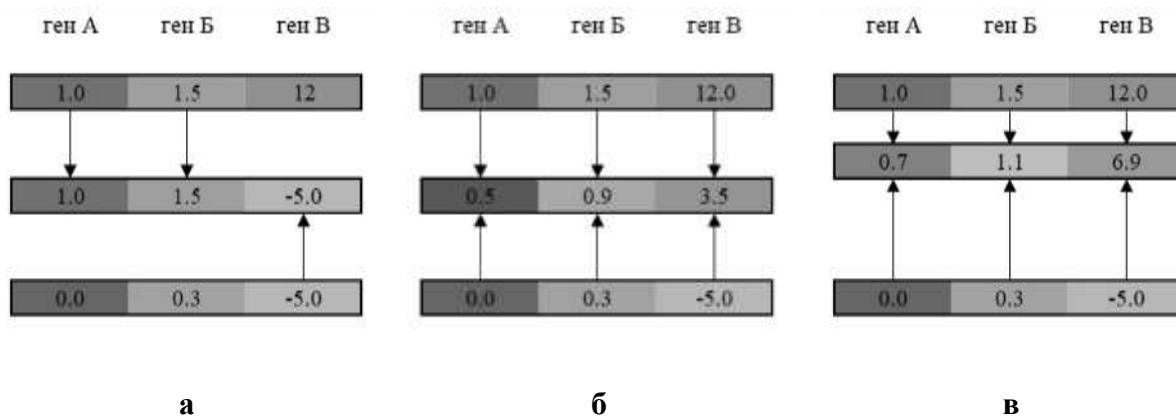
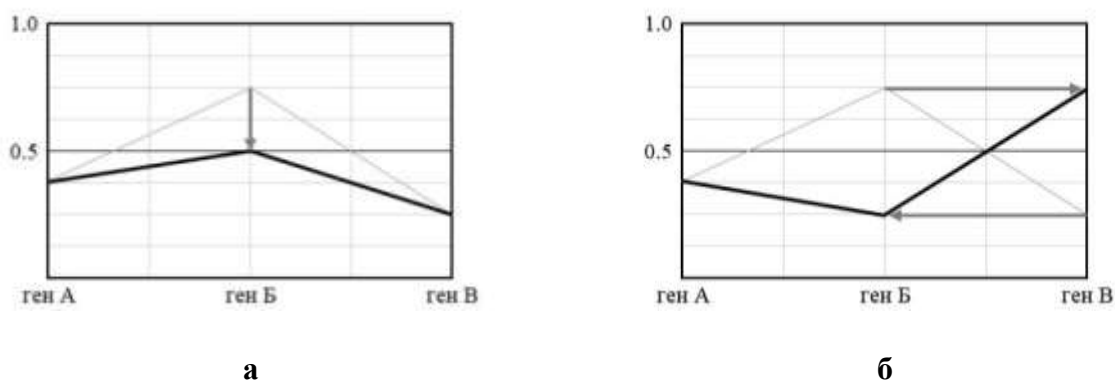


Рисунок 3 – Примеры работы методов скрещивания

Все рассмотренные методы предназначены для повышения качества решения от поколения к поколению. Однако все они обладают тенденцией к снижению биологического разнообразия популяции. Единственный механизм, который может внести такое разнообразие – это механизм мутации.

В реализации используемого генетического алгоритма используется два метода мутации. *Точечная мутация* – метод, при котором изменяется значение одного гена (рисунок 4а). *Инверсивная мутация* – метод, при котором меняются местами два соседних гена (рисунок 4б).



**Рисунок 4 – Примеры работы методов мутации**

В соответствии с выставленными настройками генетического алгоритма, для новой популяции отбирались 5% наилучших генотипов в исходном виде, 75% новых генотипов создавались при помощи методов скрещивания и оставшиеся 20% при помощи метода мутации.

Для каждого нового поколения вычисляется значение приспособленности и затем производится отбор лучших генотипов в следующее поколение. Этот набор действий повторяется итеративно, так моделируется эволюционный процесс, продолжающийся несколько жизненных циклов, пока не будет выполнен критерий остановки алгоритма. В описанном решении таким критерием было правило «если в течение 50 поколений не было выявлено генотипа с лучшим значением приспособленности – то следует прервать выполнение алгоритма».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Программно-аппаратный комплекс для получения информации о размерах и форме тела человека / Замотин Н.А., м.т.н., Довыденкова В.П., м.т.н, ст. преп. // Материалы докладов том 2 50-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной году науки / УО «ВГТУ», Витебск, 2017. – (с. 147-149).
2. Замотин Н.А., Разработка прототипа параметрического портновского робот-манекена / Н.А. Замотин, А.С. Дягилев // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности. Материалы Международной научно-технической конференции. - 2019. - С. 149-151.
3. Genetic algorithms for modelling and optimization / JohnMcCall // Journal of Computational and Applied Mathematics. – 2005. – Vol. 184. – No. 1. – P. 205-222.
4. Rhinoceros [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rhino3d.com/>. – Дата доступа 25.09.2020.
5. Grasshopper. Algorithmic modeling for rhino [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.grasshopper3d.com/>. – Дата доступа 25.09.2020.s