

УДК 631.3+681.3

В.В. Аулин, д.т.н.
А.А. Панков, к.т.н.**ЭВОЛЮЦИОННОЕ ВЫЧИСЛЕНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА
ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ**

Центральноукраинский национальный технический университет, г.Кропивницкий, aulinvv@gmail.com

Эволюционные вычисления на основе генетических алгоритмов получают широкое распространение в различных теоретических и прикладных областях. В статье предложено использование такого подхода для определения периода эффективной работы техники на примере агротехнологических машин и представлен метод эволюционных вычислений их жизненного цикла на основе приложения с подключением библиотек генетических алгоритмов. Найденная зависимость представляет собой интегральную или логистическую кривую, которая является простым и в то же время реалистичным описанием динамики изменения производительности машин с течением времени и показывает тенденцию потери потенциала производительности вследствие фиксированного количества ресурсов или энергии, заложенных в принципе действия машин. Это позволяет определить актуальность внедрения новых технологий производства, конструктивных материалов и видов техники.

Ключевые слова: эволюция, генетический алгоритм, система, машина, цикл, логиста, энергия.

Введение

В процессе развития вычислительно-информационных технологий появилась возможность автоматизировать решение технических и экономических вопросов, ранее осуществляемых вручную. Поэтому в настоящее время происходит изменение стратегий и методов решения задач различной направленности. При этом часть таких задач, практически не поддающихся решению классическими методами, решаются системами вычислительного интеллекта. Эти системы опираются на эвристические алгоритмы, используемые в системах приближенных и эволюционных вычислений.

Эволюционные вычисления - это термин, относящийся к методам оптимизации систем, объединенных тем, что все они предполагают эволюцию объектов, входящих в систему.

С точки зрения теории систем, эволюция представляет собой процесс адаптации системы через изменение ее параметров под воздействием внешних условий. Поэтому эволюционные вычисления трактуются как развитие методов теории адаптивных систем.

Из эволюционных вычислений наибольшее распространение получили генетические алгоритмы (ГА), или недетерминированные методы численной оптимизации. Словосочетание «генетический алгоритм» является устойчивым, хотя за ним скрывается множество различных алгоритмов, иногда значительно отличающихся друг от друга - в основе которых лежит механизм подобный закону естественного отбора.

Генетические алгоритмы, как стохастические методы оптимизации, имеют широкую область применения за счет того, что являются методами прямого поиска и не требуют от целевой функции каких-либо свойств. Кроме того, ГА могут быть использованы для широкого класса задач и просты в реализации [1].

Анализ последних исследований и публикаций

Генетические алгоритмы применяются к решению различных производственных и научных проблем. В настоящее время регулярно предпринимаются попытки внедрения ГА для решения ряда теоретических и практических задач. Они применяются при прогнозировании и моделировании развития в разных предметных областях, включая биологические и социальные системы. При этом ГА используются в финансовой сфере, экономике и производстве для прогнозирования состояния предприятий [2], а также в медицине [3]. В сельскохозяйственном производстве также необходимо разрабатывать методические основы прогнозирования и соответствующее программное обеспечение для принятия решений в отношении технических средств механизации. Результаты таких исследований дадут возможность производить оценку и отбор наиболее эффективных машин для реализации современных технологий производства, что в сравнении с традиционными обеспечит снижение затрат технологических и энергетических ресурсов в размере 10-15% [4].

Постановка цели и задач исследований

Целью исследований является практическое применение генетических алгоритмов для прогнозирования периода эффективного использования технических средств механизации сельскохозяйственного производства. Задачами исследований являются:

- изучение предметной области и сбор данных;

- предварительная обработка данных: «очистка» данных – исключение противоречий и случайных "шумов" из исходных данных; интеграция данных – объединение данных из нескольких возможных источников в одной базе; преобразование данных к форме, подходящей для анализа (агрегация данных и дискретизация атрибутов);
- извлечение данных. Здесь применяются эволюционные вычисления и генетические алгоритмы для извлечения паттернов и обнаружения трендов;
- анализ и интерпретация найденных трендов и паттернов. Данный этап может включать визуализацию извлеченных трендов и паттернов, определение полезных трендов и паттернов на основе некоторой функции полезности.

Решение поставленных задач

В качестве примера рассмотрим развитие посевных машин с механическим приводом и катушечными высевальными аппаратами для посева зерновых культур.

Основным параметром, характеризующим технический уровень развития рассматриваемых технических средств, принята удельная производительность машин W .

Исходными данными для эволюционного вычисления жизненного цикла являются технико-экономические показатели около 200 моделей машин, разрабатываемых и выпускаемых в течение 100 лет (1917-2017 гг.).

Единицы деятельности, стадии, фазы, циклы, этапы функционирования объектов и систем составляют элементы либо функциональной, либо генетической систем. Такими элементами, например, являются стадии роста и развития, этапы эволюции.

Поэтому, исходя из характеристик машин, определены средние значения W по десятилетиям, то есть рассматриваемый период времени был дискретизирован на промежутки, равные 10 лет (табл.1), или по определенным стадиям роста и развития, то есть по условным этапам эволюции.

Таблица 1.

Средние значения удельной производительности W

Период, гг.	1910-е	1920-е	1930-е	1940-е	1950-е	1960-е	1970-е	1980-е	1990-е	2000-е
№ периода	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W , га/чм	0,233	0,233	0,278	0,462	0,569	0,645	1,007	1,152	1,116	1,105

Полученные значения удельной производительности W заносились в файл с расширением *.csv. Исходный код программы, разработанной на языке C# и применяемой для эволюционных вычислений, реализован на основе подключения библиотеки для работы с генетическими алгоритмами «using AForge.Genetic». При этом определялась терминальная зависимость динамики показателей средней удельной производительности W .

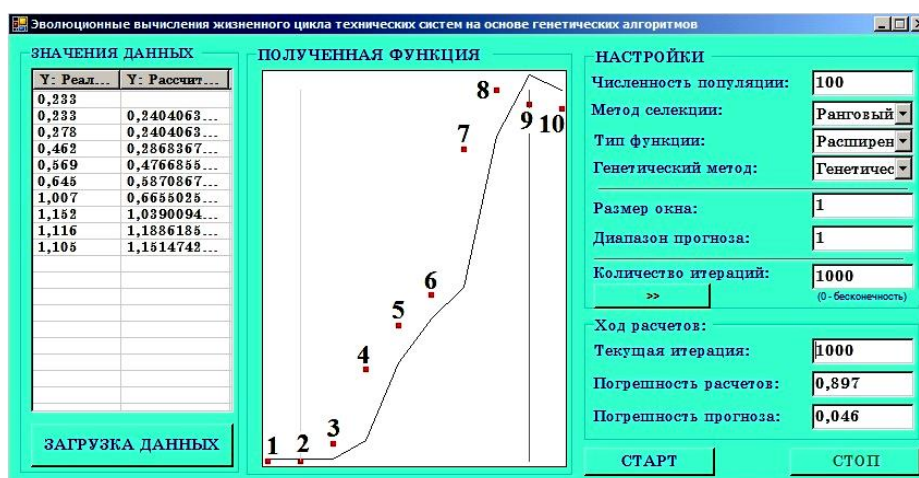


Рис.1. Приложение для обработки данных на основе эволюционных вычислений.

Запустив приложение «Эволюционные вычисления жизненного цикла технических систем на основе генетических алгоритмов» и загрузив файл с расширением *.csv нажатием кнопки «Загрузка данных», получим функцию, отражающую жизненный цикл рассматриваемых технических средств (рис.1).

Рассмотрим подробнее отдельные этапы настройки приложения. Известно, что эффективность работы ГА во многом зависит от выбора значений входных параметров и комбинаций генетических операторов. Результаты оптимизации для одной и той же задачи могут значительно отличаться при варьировании настроек алгоритма. Неудачный выбор последних приводит к снижению эффективности ГА, поэтому целесообразно осуществлять настройку генетических операторов в ходе работы.

Существуют различные варианты алгоритмов селекции. Метод селекции осуществляет отбор в соответствии со значениями функции приспособленности. Представленные в приложении методы (элитный, рулетки и ранговый) применяются чаще всего, но существуют и так называемые особые процедуры селекции: ГА с частичной заменой популяции.

Стратегия элитизма заключается в том, что особи с наибольшей приспособленностью гарантированно переходят в новую популяцию. Использование элитизма обычно позволяет ускорить сходимость генетического алгоритма. Недостаток использования стратегии элитизма в том, что повышается вероятность попадания алгоритма в локальный минимум.

Достоинство рангового метода заключается в возможности его применения, как для максимизации, так и для минимизации функции.

Анализ результатов

Полученная зависимость подтверждает закономерность того, что ход развития законченных явлений каждого периода земледельческой механики хорошо описывается так называемой логистической кривой или S-функцией [5].

Прогнозирование с помощью S-функции позволяет установить, насколько недоиспользованы возможности применяемого принципа действия. Если эти возможности имеют резервы, то на основе прогнозирования можно сформулировать направления улучшения рассматриваемых показателей. Если же прогноз покажет, что возможности принципа действия практически исчерпаны, то можно сделать обоснованный вывод о необходимости перехода на новый принцип действия. Но закон прогрессивной эволюции не может ответить, каким будет новый принцип действия и когда именно произойдет переход [6].

Поэтому логистическая кривая представляется достаточно простым и в то же время реалистичным описанием динамики изменения производительности машин с течением времени. Предлагаемый подход принят из математической биологии, где он применяется для описания изменения численности популяции при ограниченных ресурсах среды [7].

В соответствии с формой S-функции, в различные периоды становления энергетической базы производства, производительность машин вначале незначительно отличается от производительности прежней энергетической базы производства (периоды 1-3, или начальная стадия, см. рис.1), затем растет с ускоренными темпами (периоды 3-8, или основная стадия), а в конце жизненный цикл прироста производительности замедляется (период 8-10), так как обостряются противоречия между потребностями производства и возможностями существующей энергетической базы.

В каждом периоде рост показателей во времени происходит непрерывно, но с неодинаковой скоростью. В эволюционном процессе развития наблюдаются мелкие скачки, связанные с освоением и внедрением новых технологий, конструктивных материалов и видов техники.

Одновременно увеличиваются затраты энергии на единицу работы или продукции, возрастают капитальные и эксплуатационные расходы, то есть увеличивается «сопротивление среды» (рис.2) [7].

Потенциал производительности - это прирост производительности с течением времени, который осуществляется при отсутствии ограничений в энергии, отсутствии вредных побочных эффектов и т.д. Однако в реальности среда (точнее, фиксированное количество ресурсов или энергии) ограничивает возможности прироста производительности, что и получило название «сопротивление среды».

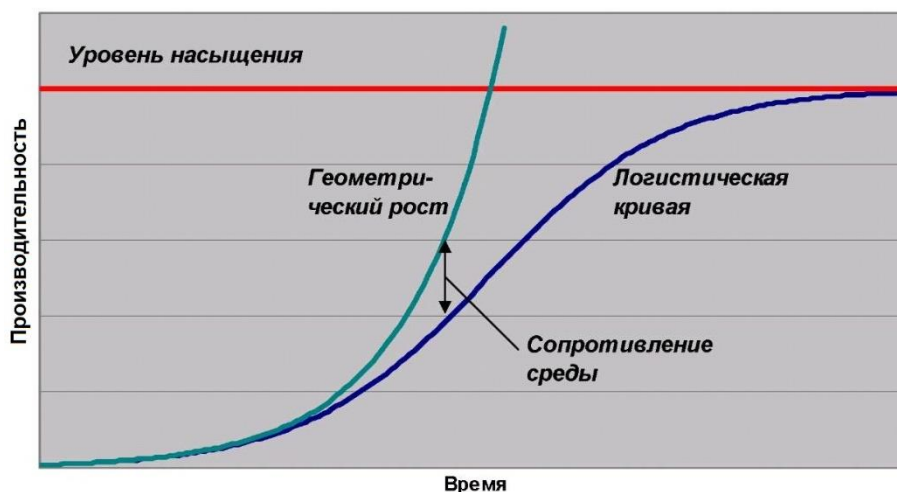


Рис.2. Потенциал производительности и «сопротивление среды».

В отношении рассматриваемых технических средств «сопротивление среды» выражается в том, что производительность машины пропорциональна полезно затраченной энергии. С другой стороны, чем больше передаваемая мощность (энергия), тем больше и ее потери. Происходит это вследствие следующих причин: морально и физически устаревшего принципа действия; пульсаций мощности при совершении технологического процесса, что всегда приводит к дополнительному (непроизводительному) расходу энергии и необходимости резервирования энергоресурсов; увеличения передаваемой мощности, что требует повышения прочности элементов передаточного механизма (трансмиссии) и сопряжено с возрастанием их габаритных размеров, а также потерь на холостой ход машин.

Поэтому эффективный жизненный цикл рассматриваемых технических средств, обусловленный потребностями производства и их техническими возможностями, составляет приблизительно 60 лет.

Вывод

Эволюционные вычисления на основе генетических алгоритмов позволяют разработать и применять функции для принятия рациональных решений в сложных системах, что делает актуальным предлагаемый в работе метод практического применения генетических алгоритмов для определения периода эффективного использования определенных видов машин и технических средств. Так как эффективное использование рассмотренного вида машин исчерпало свой потенциал, то здесь актуально внедрение новых технологий производства, конструктивных материалов и видов техники.

Список литературных источников

1. Меняйлов Е.С. Обзор и анализ существующих модификаций генетических алгоритмов // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. - 2015. - №70. - С.244-254.
2. Гречин С.Б., Трифонов Ю.В. Применение генетического программирования для прогнозирования состояния предприятий // Вестник Нижегородского университета им.Н.И.Лобачевского. - 2007. - №5. - С.130-134.
3. Иванов С. В. Преимущества генетических алгоритмов и их применение в медицине // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. - 2014. - №10. - С.44-47.
4. Кравчук В. Пріоритетні напрямки наукових досліджень в прогнозуванні, випробуванні та сертифікації техніки і технологій для АПК // Техніка АПК. - 2008. - №1. – С.6-7.
5. Бородин И. Ф. Роль энергии в развитии земледельческой механики // Сборник докладов пленарного заседания международной конференции «Земледельческая механика на рубеже столетий». Таврическая государственная агротехническая академия (ТГАТА). - 2001. - С.37-42.
6. Злотин Б.Л., Зусман А.В. Законы развития и прогнозирование технических систем: Метод. рекомендации. - Кишинёв: Картя Молдовеняскэ, 1989. - 114с.
7. Иванов И. Ф. Использование логистической кривой для оценки стоимости компании на развивающемся рынке // Корпоративные финансы. - 2008. - №1(5). - С.47-62.