

9. Ротштейн, А. П. Интеллектуальные технологии индентификации. Нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети [Текст] / А. П. Ротштейн. — Винница: УНІВЕРСУМ, 1999. — 320 с.
10. Ken, A. The Java™ Programming Language [Text] / A. Ken, J. Gosling, D. Holmes. — Ed. 4. — Boston: Addison-Wesley, 2005. — P. 28–30.
11. Bloch, J. Effective Java™ Programming Language Guide [Text] / J. Bloch. — Boston: Addison-Wesley, 2001. — P. 15–20.

ВЫБОР ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЫ И СОЗДАНИЕ ПРОТОТИПА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВИЗИОННОГО МОНИТОРИНГА

Исследовано составные части информационных технологий в технологическом, техническом аудите и мониторинге муниципальных зданий. Выбрана интегрированная среда и создан программный прототип подсистемы информационного обеспечения тепловизионного мониторинга. Подсистема направлена на анализ и обработку разнородных данных по энергоэффективности объектов муниципальной собственности и выполняет поддержку принятия решений и расчеты стоимости энергосберегающих мероприятий.

Ключевые слова: информационные технологии, интегрированная среда, прототип подсистемы, тепловизионный мониторинг, энергоэффективность.

Маргасов Дмитрий Валерійович, аспірант, кафедра управління якістю і проектами, Чернігівський національний технологічний університет «Навчально-науковий інститут управління та адміністрування», Україна, e-mail: mn123@i.ua.

Сахно Євген Юрійович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри управління якістю і проектами, Чернігівський національний технологічний університет «Навчально-науковий інститут управління та адміністрування», Україна.

Маргасов Дмитрий Валерьевич, аспирант, кафедра управления качеством и проектами, Черниговский национальный технологический университет «Учебно-научный институт управления и администрирования», Украина.

Сахно Евгений Юрьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой управления качеством и проектами, Черниговский национальный технологический университет «Учебно-научный институт управления и администрирования», Украина.

Marhasov Dmytro, Chernihiv National Technological University «Educational and Research Institute of Management and Administration», Ukraine, e-mail: mn123@i.ua.

Sakhno Yogenij, Chernihiv National Technological University «Educational and Research Institute of Management and Administration», Ukraine

УДК 004.021

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.51612

Мочалин А. Е.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ЧИСЛА ПОКОЛЕНИЙ В ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМАХ С БИНАРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫМ КОДИРОВАНИЕМ РЕШЕНИЙ

Рассмотрены и проанализированы основные наиболее распространенные критерии остановки работы генетических алгоритмов. Представлен новый критерий остановки, который может использоваться при переходе с одного типа кодирования на другой тип в генетических алгоритмах с бинарно-вещественным кодированием решений. Проведено исследование эффективности использования нового критерия остановки, показано его преимущества над существующими.

Ключевые слова: генетический алгоритм, бинарно-вещественное кодирование, критерий остановки, оптимизация.

1. Введение

В настоящее время в науки и технике существует огромное число задач тем или иным образом затрагивающих теорию оптимизации [1] и требующих для своего решения нахождения неких оптимальных, по различным критериям, значений. Примерами таких задач могут служить: поиск кратчайшего пути, оптимальное управление запасами топлива, разработка автоматизированных систем поддержки принятия решений, выбор геометрической формы кузова автомобиля, при которой сопротивление воздуха будет наименьшим.

Одним из перспективных методов оптимизации являются генетические алгоритмы (ГА) [2–4] — поисковые алгоритмы, основанные на генетике и селекции. Од-

ним из главных преимуществ генетических алгоритмов является то, что они могут эффективно применяться для решения сложных неформализованных задач, для которых не разработано специальных методов.

В настоящее время существуют и успешно используются довольно большое количество различных генетических алгоритмов [3], одним из которых является предложенный автором статьи ГА с бинарно-вещественным кодированием решений [5]. Данный генетический алгоритм сочетает в себе преимущества, как двоичного кодирования, так и кодирования действительными числами и позволяет решать задачи оптимизации с довольно высокой точностью при средних вычислительных затратах.

Экспериментальные результаты показали эффективность использования ГА с бинарно-вещественным

кодированием [5], поэтому детальное исследование его работы является перспективной научной задачей.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Генетические алгоритмы являются итерационными, на каждой итерации над текущими особями (закодированными решениями) применяются различные генетические операторы, которые порождают новые особи [2, 3]. После этого все особи оцениваются с помощью целевой функции и наиболее приспособленные используются на следующей итерации ГА. Число итераций может напрямую влиять на получаемые решения. С одной стороны, малое число итераций может привести к тому, что получатся слишком неточные результаты, с другой стороны, слишком большое число поколений потребует больших вычислительных затрат. Обычно необходимо искать компромисс между точностью найденных решений и затраченными вычислительными ресурсами. Следует отметить, что ГА обладают вероятностными характеристиками, поэтому не всегда большое число итераций позволяет получать более точные результаты. Однако в большинстве случаев с увеличением числа поколений растет и точность конечных результатов. Основным исключением является случай нахождения искомого решения, после которого дальнейший поиск теряет смысл.

Обычно, критерием окончания работы генетического алгоритма [6–8] может служить:

- достижение требуемой точности;
- выполнение определенного числа итераций;
- схождение популяции.

Схождением называется такое состояние, когда все особи в популяции почти одинаковы. В таком случае кроссинговер практически никак не изменяет популяцию. Одним из механизмов, которые позволяют избежать преждевременную сходимость, является использование оператора мутации [3].

Реже применяются и другие признаки для идентификации того, что работу ГА можно останавливать. Например, можно использовать в качестве критерия остановки отсутствие изменений в лучшей хромосоме в течение определенного (контрольного) числа поколений. Однако в этом случае возникает вопрос, как правильно определить число поколений с постоянным значением лучшей хромосомы, после которого следует останавливать работу генетического алгоритма.

В работе [9] автор детально рассматривает достоинства и недостатки таких известных критериев остановки, как выполнения определенного числа итераций, достижения требуемой точности и схождения популяции. В качестве альтернативы он предлагает использовать критерий остановки, основанный на дисперсии лучших решений, полученных к текущей итерации.

Так же проблеме определения условий остановки работы ГА посвящена работа [10]. Здесь автор проводит сравнительный анализ критериев, основанных на генотипе (структуре хромосом) и фенотипе особей популяции. Экспериментальные данные показывают, что критерий, основанный на генотипе особей, имеет преимущества над критерием, основанным на фенотипе особей, особенно при оптимизации сложных функций.

Таким образом, можно констатировать тот факт, что в настоящее время одним из важнейших направлений

исследований в области генетических алгоритмов является проблема правильного определения критериев остановки работы ГА. Данной проблеме посвящено большое количество трудов, однако, оптимального, универсального для всех случаев критерия остановки на данный момент не найдено. Поэтому разработка рекомендаций к правильному выбору условий остановки работы генетического алгоритма с бинарно-вещественным кодированием является актуально научной задачей.

3. Объект, цель и задачи исследования

Объектом исследования являются критерии остановки работы генетического алгоритма с бинарно-вещественным кодированием при переходе с одного типа кодирования решений на другой.

Целью исследований было определить оптимальные условия перехода с двоичного кодирования хромосом на кодирования действительными числами при использовании ГА с бинарно-вещественным кодированием.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- был предложен новый критерий остановки работы ГА с бинарно-вещественным кодированием при переходе с одного типа кодирования на другой;
- была проведена сравнительная характеристика нового критерия остановки с одними из наиболее распространенных критериев: схождением популяции и отсутствием изменений в лучшей хромосоме в течение определенного числа поколений.

4. Материалы и методы исследования критериев остановки работы генетического алгоритма с бинарно-вещественным кодированием

4.1. Критерий остановки в генетическом алгоритме с бинарно-вещественным кодированием при переходе с одного типа кодирования на другой. Как уже говорилось выше, очень важно уметь правильно определять критерии остановки работы генетического алгоритма. Правильно подобранные критерии позволяют значительно экономить вычислительные ресурсы. В ГА с бинарно-вещественным кодированием проблема определения оптимальных условий остановки требует еще большего внимания, так как помимо выбора конечного критерия остановки, после которого ГА заканчивает свою работу, необходимо еще и определять промежуточный критерий остановки, после которого идет смена способа кодирования решений [5].

Как было сказано уже в анализе литературных данных, проблеме поиска конечного критерия остановки посвящено значительное количество работ. Поэтому, автор статьи сосредоточился на поиске промежуточного критерия остановки ГА с бинарно-вещественным кодированием.

На первом этапе работы рассматриваемого ГА используется двоичное кодирование. При этом для кодирования возможных решений в хромосомах применяется следующая формула:

$$r_i = g_i \frac{(b_i - a_i)}{2^K - 1} + a_i, \quad (1)$$

где K — длина (разрядность) одного гена; g_i — целочисленное значение i -го гена хромосомы из множества $\{0, \dots, 2^K\}$; r_i — вещественное число из интервала допустимых решений $[a_i, b_i]$ оптимизируемого параметра.

На втором этапе применяется вещественное кодирование. Таким образом, бинарное кодирование позволяет получить первые приближенные решения, в то время как кодирования действительными числами направлено на получение более точных результатов.

Исходя из этого, промежуточный критерий остановки должен сигнализировать о том, что автор статьи приблизился к области нахождения искомого оптимума. При этом точность найденных решений не должна быть высока, так как далее автор статьи будет использовать вещественное кодирование, обладающее гораздо большей точностью. Наоборот, невысокая точность позволит значительно сэкономить вычислительные ресурсы.

Предложено переходить на другой тип кодирования в случае, если значения лучшей хромосомы в течение нескольких поколений меняется в пределах некой малой величины ε :

$$\begin{cases} X^l - X^{l-1} < \varepsilon, \\ \dots \\ X^{l+n} - X^{l+n-1} < \varepsilon, \end{cases} \quad (2)$$

где X^l — лучшее значение хромосомы в поколении l ; n — контрольное число поколений, на протяжении которых значение лучшей хромосомы должно меняться в пределах ε .

Как известно, бинарное кодирование обладает погрешностью связанной с дискретностью определяемых решений:

$$\varepsilon = \frac{(b_i - a_i)}{2^K - 1}. \quad (3)$$

Из этого следует, что ГА с бинарным кодированием не может найти решения с точностью большей ε_D . Поэтому, целесообразно определить:

$$\varepsilon \geq \varepsilon_D. \quad (4)$$

Так как, на первом этапе автор статьи ищет лишь приближенные решения, то ε может и в несколько раз превышать ε_D .

Можно было бы в предложенном методе определения промежуточного критерия анализировать все хромосомы, а не только лучшую. Однако в этом случае для схождения популяции потребовалось бы больше вычислительных ресурсов. При этом автор статьи бы слишком сузил начальную область поиска решений ГА с вещественным кодированием, так как результаты работы ГА с бинарным кодированием являются первым поколением на втором этапе работы генетического алгоритма.

4.2. Методика определения эффективности использования различных промежуточных критериев остановки. Для того, чтобы оценить преимущества того или иного промежуточного критерия остановки исследовалась точность получаемых генетическим алгоритмом решений.

Точность работы генетического алгоритма оценивалась абсолютной погрешностью полученных результатов:

$$\Delta = |Y_{ГА} - Y|, \quad (5)$$

где $Y_{ГА}$ — решение, полученное генетическим алгоритмом; Y — истинное решение задачи.

В качестве тестовой оптимизируемой функции использовалась инвертированная функция Растригина, зависящая от 10 переменных:

$$f(x) = 100 - \sum_{i=1}^{10} (10 \cos(2\pi x_i) - x_i^2), \quad (6)$$

которая на интервале $-5,12 < x < 5,12$ имеет один глобальный и $10^{10} - 1$ локальных экстремумов.

Данная функция как нельзя лучше подходит для тестирования ГА, так как имеет большое количество локальных экстремумов, вследствие чего классические методы оптимизации часто не находят глобальный экстремум.

Проводились исследования влияния величины ε , используемой при расчете предложенного автором промежуточного критерия остановки, на конечный результат.

Так же сравнивались между собой следующие промежуточные критерии остановки:

- значение лучшей хромосомы в течение нескольких поколений изменялось в пределах погрешности ε ;
- значение лучшей хромосомы постоянно на протяжении нескольких поколений;
- схождение популяции.

В экспериментах специально не использовались условия остановки работы ГА, основанные на достижении определенной точности, так как довольно часто бывают случаи, когда об исследуемой функции нет ни каких данных, и судить о точности найденных решений не возможно.

В качестве конечного критерия остановки ГА использовалось максимальное число итераций. После 100 поколений с вещественным кодированием ГА останавливал свою работу. Таким образом, автор статьи использовал довольно легко вычисляемый критерий, который оставался постоянным во всех экспериментах.

В каждом опыте использовался генетический алгоритм с бинарно-вещественным кодированием, и длиной одного гена в двоичном коде равной 8 битам.

Известно, что генетические алгоритмы обладают вероятностными характеристиками и используют стохастичность. Поэтому, чтобы определить эффективность каждого из рассматриваемых способов кодирования, учитывались усредненные по 100 запускам параметры работы ГА.

5. Результаты исследования эффективности использования различных промежуточных критериев остановки

На рис. 1 представлены результаты зависимости абсолютной погрешности найденных решений, при использовании промежуточного критерия остановки, основанного на том, что значение лучшей хромосомы в течение определенного числа поколений изменяется в пределах некой малой величины ε , от контрольного числа поколений (числа поколений, в течение которого значение лучшей хромосомы изменялось в пределах ε).

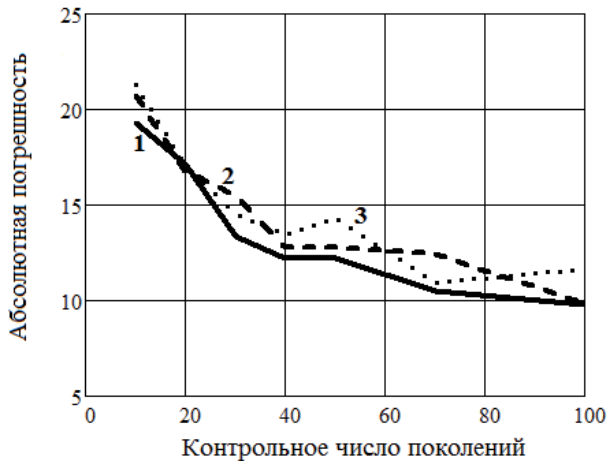


Рис. 1. Зависимость абсолютной погрешности найденных ГА с бинарно-вещественным кодированием решений при использовании предложенного автором промежуточного критерия остановки от контрольного числа поколений: 1 — $\epsilon = \epsilon_D$; 2 — $\epsilon = 2\epsilon_D$; 3 — $\epsilon = 3\epsilon_D$

Автор статьи показывает, что наиболее точные результаты позволяют получить значение $\epsilon = \epsilon_D$. При этом с увеличением контрольного числа поколений, точность найденных решений при $\epsilon = \epsilon_D$ так же продолжает расти.

Однако автор отмечает, что общее число итераций с бинарным кодированием при $\epsilon = \epsilon_D$ значительно больше, чем при $\epsilon = 2\epsilon_D$ и $\epsilon = 3\epsilon_D$ (то есть число поколений до наступления промежуточного критерия остановки обратно пропорционально величине ϵ).

Автор статьи попробовал уравнивать вычислительные затраты при работе генетических алгоритмов с использованием различных значений ϵ . Для этого автор увеличил число итераций с вещественным кодированием алгоритма с большим значением ϵ на разницу числа итераций с бинарным кодированием сравниваемых генетических алгоритмов. Таким образом, автор статьи добился того, что общее число поколений будет одинаковым во всех рассматриваемых случаях. Результаты данных исследований представлены на рис. 2.

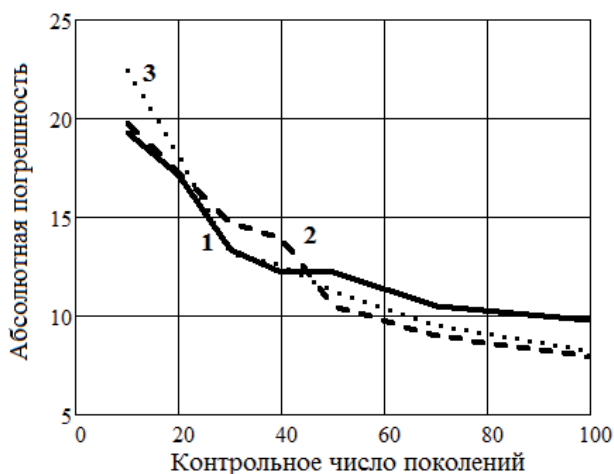


Рис. 2. Зависимость абсолютной погрешности найденных ГА с бинарно-вещественным кодированием решений при использовании предложенного автором промежуточного критерия остановки от контрольного числа поколений (общее число поколений одинаково во всех сравниваемых случаях): 1 — $\epsilon = \epsilon_D$; 2 — $\epsilon = 2\epsilon_D$; 3 — $\epsilon = 3\epsilon_D$

Из графика на рис. 2 видно, что при одинаковых вычислительных затратах предпочтительнее использовать значение $\epsilon = 2\epsilon_D$. Лишь на небольшом участке графика точность найденных решений алгоритмом, использующим $\epsilon = 2\epsilon_D$ меньше точности генетических алгоритмов, использующий $\epsilon = \epsilon_D$, $\epsilon = 3\epsilon_D$.

На рис. 3 представлены результаты сравнения промежуточных критериев остановки генетического алгоритма с бинарно-вещественным кодированием при оптимизации инвертированной функции Растргина 10 переменных.

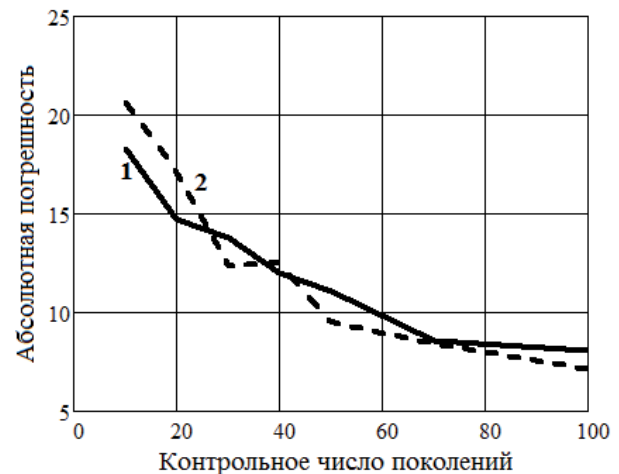


Рис. 3. Зависимость абсолютной погрешности найденных ГА с бинарно-вещественным кодированием решений от контрольного числа поколений (общее число поколений одинаково во всех сравниваемых случаях): 1 — промежуточный критерий остановки — значение лучшей хромосомы постоянно на протяжении нескольких поколений; 2 — промежуточный критерий остановки — значение лучшей хромосомы в течение нескольких поколений изменялось в пределах погрешности $\epsilon = 2\epsilon_D$

Из рис. 3 видно, что при контрольном числе поколений более 30 более выгодно использовать критерий остановки, основанный на том, что значение лучшей хромосомы в течение нескольких поколений изменялось в пределах погрешности $\epsilon = 2\epsilon_D$.

Худшие результаты дало использование промежуточного критерия остановки, основанного на сходимости популяции (табл. 1). С увеличением требуемого процента схождения точность получаемых решений росла, однако все равно она была меньше точности алгоритмов, использующих другие рассматриваемые условия промежуточной остановки работы ГА (при учете одинаковых вычислительных затрат во всех рассматриваемых случаях).

Таблица 1

Результаты использования промежуточного критерия остановки, основанного на сходимости популяции, в ГА с бинарно-вещественным кодированием

№	Требуемый процент схождения популяции, %	Абсолютная погрешность найденных решений
1	10	50,633
2	20	35,367
3	30	31,538
4	40	28,420
5	50	28,842
6	70	22,530
7	90	19,05

6. Обсуждение результатов исследования эффективности использования различных промежуточных критериев останковки

Как уже говорилось выше, на эффективность работы ГА может оказывать существенное влияние критерий останковки. ГА с бинарно-вещественным кодированием еще больше подвержен этому влиянию, так как имеет не только конечный, но и промежуточный критерий останковки.

Исследования различных промежуточных критериев останковки показали, что наименьшей эффективностью обладает промежуточный критерий останковки, основанный на сходимости популяции (табл. 1). Это можно объяснить тем, что на первом этапе (бинарное кодирование) работы ГА слишком сужается область поиска решений.

Исследования предложенного автором критерия останковки, основанного на том, что значение лучшей хромосомы в течение нескольких поколений изменялось в пределах малой погрешности ϵ , показали, что лучших результатов можно достичь при значении $\epsilon = 2\epsilon_d$ (рис. 2). Данное значение ϵ позволяет приблизиться к области искомых решений, при этом не слишком ее сужив. Лишь при малом значении контрольного числа поколений более целесообразно использовать $\epsilon = \epsilon_d$. Однако, в этом случае точность полученных решений будет не велика. Значение $\epsilon > 2\epsilon_d$ не позволяет достаточно сужить область поиска решений на втором этапе (вещественное кодирование) работы ГА.

Сравнительный анализ предложенного автором критерия останковки со значением $\epsilon = 2\epsilon_d$ и критерия останковки, основанного на том, что значение лучшей хромосомы постоянно на протяжении контрольного числа поколений (рис. 3), показало преимущества использования первого (при одинаковых вычислительных затратах). Только в случае, когда необходимо получить очень приближенные решения, предпочтительнее использовать промежуточное условие останковки, основанное на постоянном значении лучшей хромосомы на протяжении нескольких поколений.

К ограничениям экспериментов можно отнести использование только одной тестовой функции, поэтому в дальнейшем планируется провести исследования на большем количестве тестовых функций.

В целом можно в большинстве случаев рекомендовать использовать в качестве промежуточного критерия останковки работы генетического алгоритма с бинарно-вещественным кодированием критерий, основанный на том, что значение лучшей хромосомы в течение нескольких поколений изменяется в пределах погрешности $\epsilon = 2\epsilon_d$.

7. Выводы

В работе был представлен новый промежуточный критерий останковки работы генетического алгоритма с бинарно-вещественным кодированием, используемый для эффективного определения момента времени для смены бинарного кодирования решений на кодирование действительными числами. В результате проведенных исследований эффективности различных промежуточных условий останковки рассматриваемого ГА были получены следующие результаты:

1. При использовании нового критерия останковки, основанного на том, что значение лучшей хромосомы

в течение определенного числа поколений изменяется в пределах некой малой величины ϵ , лучшие результаты позволяют достичь значения $\epsilon = 2\epsilon_d$.

2. Промежуточное условие останковки, основанное на сходимости популяции обладает наименьшей эффективностью среди всех рассматриваемых условий останковки и не рекомендуется к использованию в ГА с бинарно-вещественным кодированием в качестве критерия перехода с одного типа кодирования на другой.

3. Предложенный автором критерий останковки имеет преимущества над критерием, основанном на постоянном значении лучшей хромосомы в течение определенного числа поколений, при контрольном числе поколений более 30.

В целом, критерий останковки, основанный на том, что значение лучшей хромосомы в течение определенного числа поколений изменяется в пределах некой малой величины, показал лучшие результаты в большинстве рассматриваемых случаев и рекомендован автором к использованию в ГА с бинарно-вещественным кодированием.

Литература

1. Гилл, Ф. Практическая оптимизация [Текст]: пер. с англ. / Ф. Гилл, У. Мюррей, М. Райт. — М.: Мир, 1985. — 509 с.
2. Гладков, Л. А. Генетические алгоритмы [Текст] / Л. А. Гладков, В. В. Курейчик, В. М. Курейчик. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 320 с.
3. Whitley, D. A genetic algorithm tutorial [Text] / D. Whitley // Statistics and Computing. — 1994. — Vol. 4, № 2. — P. 65–85. doi:10.1007/bf00175354
4. Holland, J. H. Adaptation in natural and artificial systems: An introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence [Text] / J. H. Holland. — Cambridge: A Bradford Book, 1992. — 211 p.
5. Мочалин, А. Е. Бинарно-вещественное кодирование решений в генетических алгоритмах [Текст] / А. Е. Мочалин // Технологический аудит и резервы производства. — 2015. — № 3/2 (23). — С. 41–45. doi:10.15587/2312-8372.2015.44992
6. Ле, К. Х. Генетические алгоритмы в задачах рациональной организации информационно-вычислительных процессов [Текст] / К. Х. Ле, Н. Е. Суркова, А. В. Остроух // Автоматизация и управление в технических системах. — 2014. — № 4. — С. 82–99.
7. Diaz-Gomez, P. A. Three interconnected parameters for genetic algorithms [Text] / P. A. Diaz-Gomez, D. F. Hougen // Proceedings of the 11th Annual conference on Genetic and evolutionary computation. — 2009. — P. 763–770. doi:10.1145/1569901.1570007
8. Tuite, C. Early Stopping Criteria to Counteract Overfitting in Genetic Programming [Text] / C. Tuite, A. Agapitos, M. O'Neill, A. Brabazon // Presented at the 13th Annual conference companion on Genetic and evolutionary computation. — Dublin, Ireland, 2011. — P. 203–204. doi:10.1145/2001858.2001971
9. Bhandari, D. Variance as a Stopping Criterion for Genetic Algorithms with Elitist Model [Text] / D. Bhandari, C. A. Murthy, S. K. Pal // Fundamenta Informaticae. — 2012. — Vol. 120, № 2. — P. 145–164. doi:10.3233/FI-2012-754
10. Bertone, E. Contrasting termination criteria for genetic algorithms [Text] / E. Bertone, H. Alfonso, R. Gallard // I Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computacion. — Argentina, 1999. — 5 p.

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ЧИСЛА ПОКОЛІВ В ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМАХ З БІНАРНО-ДІЙСНИМ КОДУВАННЯМ РІШЕНЬ

Розглянуті та проаналізовані основні найбільш живі критерії зупинки роботи генетичних алгоритмів. Представлено новий критерій зупинки, який може використовуватися при переході з одного типу кодування на інший тип у генетичних алгоритмах з бинарно-дійсним кодуванням рішень. Проведено

дослідження ефективності використання нового критерію зупинки, показано його переваги над існуючими.

Ключові слова: генетичний алгоритм, бінарне-дійсне кодування, критерій зупинки, оптимізація.

Мочалин Александр Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент, кафедра информационных технологий, Киевская государственная академия водного транспорта им. гетмана Петра Конашевича-Сагайдачного, Украина, e-mail: a.y.mochalin@gmail.com.

Мочалин Александр Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент, кафедра информационных технологий, Киевская государственная академия водного транспорта им. гетмана Петра Конашевича-Сагайдачного, Украина.

Mochalin Oleksandr, Kyiv State Maritime Academy named after hetman Petro Konashevich-Sahaydachniy, Ukraine, e-mail: a.y.mochalin@gmail.com

УДК 001.891:65.011.56

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.51740

**Грибков С. В.,
Логвин Т. В.,
Харкянен О. В.**

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАКЕТІВ ПРОГРАМНИХ МОДУЛІВ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДИНАМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Досліджено пакети програмних модулів для ідентифікації динамічних об'єктів, що забезпечують зберігання відносно простих програмних модулів для автоматичного формування прикладних програм. Визначено місце пакетів програмних модулів для перевірки на стаціонарність динамічного об'єкта ідентифікації, а також можливість їх використання для багатократно адаптивних систем ідентифікації. Наведено та описано структуру пакета програмного модуля для ідентифікації динамічних об'єктів.

Ключові слова: пакети програмних модулів, ідентифікація, динамічні об'єкти, моделювання, управління, система, параметри моделі.

1. Вступ

Поняття «моделювання» (modeling) є одним з базових в усіх галузях наукової та інженерної діяльності. Напевно саме через різноманітність напрямків в окремих теоретичних дисциплінах під моделюванням розуміють суттєво різні теорії, методи та засоби. Моделювання — це розгорнутий опис певного об'єкта. Задачу моделювання можна сформулювати таким чином: необхідно для заданого об'єкта підібрати такий опис, який у достатній повній мірі відображає би оригінал з точки зору заданої мети моделювання. Для спрощення процесу моделювання складних динамічних об'єктів та зменшення витрат часу на цей процес доцільно використовувати пакети програмних модулів.

Пакет програмних модулів (ППМ) — це набір взаємозв'язаних модулів, призначених для вирішення задач певного класу. Пакети програмних модулів входять до різних програмних комплексів, що включають вирішення багатьох задач певної предметної області [1]. Сумісність програмних модулів, що входять до ППМ, полягає у їх взаємодії, загальній структурі управління вхідними та вихідними масивами даних, що використовуються. Кожен ППМ є окремою програмною одиницею, призначеною для вирішення необхідного набору задач та може бути використаний як у комплексі з іншими ППМ, так і окремо.

Існують два суттєво різних типи пакетів програмних модулів, а саме:

- об'єктно-залежні — проблемно-орієнтовані на певну предметну область;
- об'єктно-незалежні — методо орієнтовані (інваріантні), тобто можуть використовуватися при моде-

люванні та вирішенні завдань з різних предметних областей.

Необхідно відмітити, що застосування методоорієнтованих пакетів часто неефективно, оскільки:

- в них не враховується специфіка віршувальних задач конкретної предметної області;
- для їх використання користувач повинен мати досить високу математичну підготовку для попередньої обробки вхідних даних та обрання методу вирішення.

Цим обґрунтовується актуальність проведеного дослідження.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Одним з наукових напрямків, що інтенсивно розвивається, є теорія управління, а особливо її самостійний розділ ідентифікація. Процес моделювання та ідентифікації кожного об'єкта залежить від складності останнього та його характеристик. Особливо складним є процес моделювання динамічних об'єктів, тому багато робіт присвячено його удосконаленню за рахунок нових підходів та засобів.

Автори роботи [1] розглянули додаткові модулі розширення системи моделювання «MATLAB + Simulink», які частково забезпечують ідентифікацію і аналіз лінійних та нелінійних систем. Описані модулі можуть обмінюватися функціями та моделями, що відкриває можливість для аналізу, моделювання та проектування найрізноманітніших систем. Незважаючи на те, що розглянуті модулі мають широкий спектр застосування,