

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ЭВОЛЮЦИОННОЙ БИОКИБЕРНЕТИКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

ЧАЛЫЙ С. Ф.

Рассматривается задача проектирования и развития распределенных информационных систем с использованием методов эволюционного моделирования. Предлагается подход к проектированию сложных распределенных систем на основе применения генетического алгоритма и генетического программирования.

1. Эволюционная биокibernетика

Эволюционная биокibernетика охватывает спектр задач, связанных с моделированием процессов возникновения живых организмов и использованием полученных знаний при разработке технических систем. Она включает два основных направления[1]:

- эволюционная нейрокibernетика,
- эволюционное моделирование.

Эволюционная нейрокibernетика изучает эволюцию интеллектуальных свойств биологических организмов.

Эволюционное моделирование рассматривает вопросы моделирования общих закономерностей эволюции, модели возникновения молекулярно-генетических информационных систем, эволюционные модели искусственной жизни и прикладные эволюционные модели.

Среди этих направлений целесообразно выделить прикладное эволюционное моделирование, которое занимается оптимизацией практически важных для человека систем на основании принципов биологической эволюции.

В области прикладного эволюционного моделирования работали ряд авторов. В 1966 году Л. Фогель, А. Оуэнс и М. Уолш [3] предложили схему эволюции логических автоматов. В 1975 году Дж. Холланд [4] в своей книге “Адаптация в естественных и искусственных системах” предложил генетический алгоритм. В середине 70-х годов немецкие ученые И. Рехенберг, Г. П. Швифель разрабатывали эволюционные стратегии. В результате этих работ были сформулированы основные эволюционные алгоритмы.

Эволюционный алгоритм представляет собой оптимизационный метод, основанный на эволюции популяции “особей”. Каждая особь содержит набор генов и характеризуется приспособленностью — многомерной функцией ее генов. В процессе моде-

лирования эволюции выполняется максимизация функции приспособленности с помощью многократного выполнения операций отбора, рекомбинации (“кроссинговера”) и мутации геномов особей. На каждом шаге эволюции происходит отбор большинства (но не всех) особей с высоким значением функции приспособленности и, таким образом, в целом качество популяции особей на каждом шаге возрастает.

Существуют следующие основные эволюционные алгоритмы:

- генетический алгоритм,
- эволюционное программирование,
- эволюционная стратегия,
- системы классификации,
- генетическое программирование.

Генетический алгоритм используется при решении задач многокритериальной оптимизации функций дискретных переменных (в частности, при решении задачи составления расписаний). Генетический алгоритм основан на представлении каждой особи в популяции в виде хромосомы, описываемой строкой символов. Генетический алгоритм выполняет операции отбора, рекомбинации и мутации хромосом особей.

Эволюционное программирование и эволюционная стратегия являются стохастическими стратегиями оптимизации, аналогичными генетическому алгоритму, которые, однако, используют лишь мутацию в процессе эволюции и, следовательно, не накладывают никаких ограничений на представление хромосом. Они применяются при оптимизации непрерывных функций.

Система классификации ранжирует поступившие на ее вход данные, причем классификатор представляет собой эволюционирующую популяцию особей. В системах классификации обычно употребляется генетический алгоритм.

Генетическое программирование ориентировано на использование эволюционных методов при программировании. Популяция особей в данном случае содержит программы, описываемые в виде древовидной структуры. В генетическом программировании применяется только операция кроссинговера (скрещивания хромосом). Методы генетического программирования были разработаны в конце 80-х — начале 90-х годов Дж. Коза.

Основные особенности работы эволюционных алгоритмов целесообразно рассмотреть на примере генетического алгоритма, содержащего все основные генетические операции.

2. Генетический алгоритм

Генетический алгоритм описывает эволюцию некоторой популяции индивидуумов. Каждый индивидуум характеризуется своей хромосомой S_k , которая определяет индивидуальную пригодность $f(S_k)$; $k = 1, \dots, n$; n — размер популяции. Хромосома

описывается строкой символов $S_k = (S_{k1}, S_{k2}, \dots, S_{kN})$, где N – длина строки. В соответствии с данным подходом символы S_{ki} могут интерпретироваться как гены хромосомы S_k [2].

Процесс эволюции описывается последовательностью поколений. В каждом поколении отбираются индивидуумы с наибольшим значением функции приспособленности. Далее хромосомы выбранных индивидуумов перекрещиваются и подвергаются мутациям.

Генетический алгоритм включает в себя следующую последовательность шагов (популяция в t -поколении определяется как $\{S_k(t)\}$):

0. Создается начальная популяция $\{S_k(0)\}$.

1. Выполняется оценка пригодности $f(S_k)$ каждой личности S_k в популяции $\{S_k(t)\}$.

2. Проверяется достижение критерия сходимости, например:

- достижение определенной оценки приспособленности,
- достижение заданного количества итераций T .

При достижении указанного критерия работа алгоритма завершается.

3. Осуществляется отбор индивидуумов S_k согласно значению их функции приспособленности $f(S_k)$.

4. Формируется новое поколение $\{S_k(t+1)\}$ на основе рекомбинации хромосом отобранных особей.

5. Сформированное поколение $\{S_k(t+1)\}$ подвергается мутации из-за случайной перестановки генов.

6. Повторяются шаги 1-5 для $t = 0, 1, 2, \dots$, до достижения заданного критерия сходимости.

Существуют варианты конкретизации генетического алгоритма, которые отличаются в методах выбора, рекомбинации, хромосомного представления.

Традиционный генетический алгоритм работает на двоичной строке фиксированной длины ($N = \text{const}$) и предполагает использование следующих принципов:

- отбор особей для новой популяции пропорционально значению функции пригодности,
- скрещивание в одной точке,
- мутации в одной точке.

Отбор особей для новой популяции пропорционально значению функции пригодности означает, что в течение шага 3 родители S_k индивидуумов новой популяции выбираются с вероятностью, которая пропорциональна значению их функции пригодности $f(S_k)$. Другим примером выбора является ранжирование: определенное количество наилучших индивидуумов популяции $\{S_k(t)\}$ используется в качестве родителей нового поколения.

Скрещивание и мутация в одной точке происходит аналогично биологический эволюции: если у нас

есть два родителя $S_1 = (S_{11}, S_{12}, \dots, S_{1N})$ и $S_2 = (S_{21}, S_{22}, \dots, S_{2N})$, их дети – $(S_{11}, \dots, S_{1m}, S_{2,m+1}, \dots, S_{2N})$ и $(S_{21}, \dots, S_{2m}, S_{1,m+1}, \dots, S_{1N})$; т.е. начало и окончание хромосомы взято от разных родителей. Аналогично выполняется скрещивание для двух и более точек. Такое скрещивание иногда дополняется инверсиями последовательности символов в хромосоме. Иногда используется *однородная рекомбинация*, при которой символы хромосомы первого создаваемого индивидуума взяты из родителей (S_1 или S_2) произвольно для любой символьной позиции. Вторым создаваемый индивидуум получает символы разности; например, S_1 и S_2 могут иметь следующие хромосомы: $(S_{11}, S_{22}, S_{13}, S_{14}, \dots, S_{2N})$ и $(S_{21}, S_{12}, S_{23}, S_{24}, \dots, S_{1N})$.

Таким образом, генетический алгоритм отражает общие принципы генетической эволюции и реализует эвристический метод оптимизации, ориентированный на решение комбинаторных задач при отсутствии полной априорной информации о решаемой проблеме в терминах решаемой задачи. При этом символьная строка – хромосома применяется для кодирования значений оптимизируемых параметров.

Основные проблемы, возникающие при использовании генетического алгоритма для решения практических задач, состоят в рациональном выборе функции приспособленности и хромосом, описывающих особи популяции.

3. Использование эволюционных методов при разработке информационных систем

Эволюционные алгоритмы обладают рядом характеристик, обеспечивающих их применимость при решении задач проектирования и развития распределенных информационных систем:

- одновременный поиск решений задачи во многих точках по всему пространству поиска,
- поиск решения задачи по единому алгоритму независимо от физического смысла решаемой задачи,
- сочетание случайных изменений (мутаций и рекомбинаций) генов на каждом шаге эволюции.

Исходя из указанных особенностей, целесообразно выделить следующие направления использования эволюционных методов при разработке распределенных информационных систем:

- создание и развитие информационного обеспечения системы на основе метода генетического программирования,
- создание и развитие распределенной конфигурации аппаратных средств на основе генетического алгоритма,
- создание и развитие распределенной конфигурации программных средств на основе метода генетического программирования,
- классификация решаемых информационной системой задач с формализацией функции приспособленности.

Направление создания и развития информационного обеспечения системы предполагает выделение в ней элементарных информационных структур, формирование хромосом из наборов таких структур и, наконец, отбор таких вариантов информационного обеспечения, которые наилучшим образом удовлетворяют предъявляемым пользователем требованиям.

Направление создания и развития распределенной конфигурации аппаратных средств подразумевает, что каждый их элемент описывается отдельным геном, а каждый вариант конфигурации — хромосомой особи. Функция приспособленности должна выражать один глобальный критерий — максимальное удовлетворение потребностей пользователей информационной системы.

В соответствии с третьим направлением программное обеспечение информационной системы должно строиться на основе базового набора объектов — так называемого терминального набора, и базового набора операций над элементами терминального набора — т.е. функционального набора. Для каждой программы создается геном на основе элементов терминального и функционального множеств, над которым в дальнейшем многократно выполняется операция кроссинговера с целью найти варианты программы с более высоким значением функции приспособленности.

Направление классификации решаемых информационной системой задач должно обеспечивать решение важной проблемы — формализацию функции приспособленности на основе противоречивых требований, выдвигаемых пользователем. Данная проблема изначально плохо формализуема. Следовательно, эволюционное создание функции при-

способности является наиболее рациональным путем ее решения.

Следует отметить, что при использовании методов эволюционного программирования в разработке и развитии информационных систем целесообразно применять многоуровневый, иерархический подход. При таком подходе выполняется моделирование эволюции каждой системы нижнего уровня. Результаты такого моделирования образуют гены систем следующего уровня, и процесс эволюции повторяется уже на более высоком витке.

Предложенный подход обеспечивает возможность автоматизации проектирования и сопровождения распределенных информационных систем. Однако его эффективность во многом зависит от полноты начального множества возможных вариантов конфигурации информационного, аппаратного и программного обеспечения создаваемой системы.

Литература: 1. Redko V.G. Applied Evolutionary Modeling. <http://pespmc1.vub.ac.be/cgi-bin/APPEVMOD.htm>, 1999. 2. Redko V.G. Genetic Algorithms. <http://pespmc1.vub.ac.be/cgi-bin/GENETALG.htm>, 1999. 3. Fogel L.J., Owens A.J. & Walsh M.J. Artificial Intelligence through Simulated Evolution, New York: Wiley. 1966. 4. Holland J.H. Adaptation in Natural and Artificial systems, Ann Arbor, MI: The University of Michigan Press. 2nd edn. (1992) Boston, MA: MIT Press. 1975.

Поступила в редколлегия 22.09.2000

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Левыкин В.М.

Чалый Сергей Федорович, канд. техн. наук, доцент кафедры искусственного интеллекта ХТУРЭ. Научные интересы: эволюционное моделирование. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр.Ленина,14, тел. 40-93-35.

УДК 681.32:519.713

ДОРОГИ С РЕЗЕРВУАРНОЙ СТРУКТУРОЙ

ЕВДОКИМОВ А.А., САМОЙЛЕНКО Н.И.

Рассматривается новый подход к водоотведению дождевых стоков, основанный на сооружении автомобильных дорог с резервуарной структурой. Приводятся основные преимущества и недостатки дорог, связанные с их сооружением и эксплуатацией. Дается экономическая оценка технологии строительства дорог с резервуарной структурой.

В настоящее время появились новые подходы к решению проблем, связанных с отведением дождевых стоков [1,2]. Один из таких подходов сводится к проектированию дорог и площадей с резервуарной структурой [3].

В дождевом водоотведении дорожные покрытия с резервуарной структурой предназначены для снижения максимального объема стекаемого потока за счёт временного хранения дождевых вод в полотно этих покрытий. Их можно рассматривать как подземные водохранилища. Как следствие, это позволяет уменьшить объем водного потока.

Дороги с резервуарной структурой могут также уменьшать объемы воды, проходящие транзитом в сетях, за счет просачивания в грунтовое основание дороги. Поверхности дренажных покрытий должны быть аналогичны натуральным проницаемым грунтам, которые находятся под покрытием, позволяя таким образом приближаться к естественному водообороту.

Их гидравлическое действие обеспечивается за счет:

а) мгновенной пропитки полотна дороги при проникновении в него дождевой воды. Это проникновение может быть распределенным (проницаемые покрытия, как дренажные асфальтобетоны или пористые мостовые) или локализованным (непроницаемые покрытия с зарешеченными отверстиями или со сливными воронками, соединенными с дренажом, обеспечивающие распределение воды в материале покрытия);

б) временного накопления воды. Накопление происходит внутри полотна дороги в пустотах материала покрытия;

в) медленного отвода воды. Отвод накопленной воды может быть распределенным (прямое проникновение в грунтовое основание дороги), локализо-