

УДК 519.7.004.8 + 681.3

Л.С. Родзина

**РАСПРЕДЕЛЕННЫЙ РОЕВОЙ АЛГОРИТМ И КОГНИТИВНЫЙ
ИНТЕРФЕЙС В САПР***

Статья посвящена проблеме создания персонализированной базы знаний проектировщика. Рассматривается когнитивная модель передачи информации, основанная на концепции мемов и роевого интеллекта. Приводится модифицированный алгоритм роя. Роевой алгоритм; когнитивный интерфейс; стигмергия; мем.

L.S. Rodzina

**DISTRIBUTED CLUSTER ALGORITHM AND COGNITIVE INTERFACE
IN THE CAD**

This article is devoted to the problem of creating a personalized knowledge base designer. A cognitive model of information based on the mem concept and cluster intelligence. A modified cluster algorithm.

Cluster algorithms; cognitive interface; stigmergy, mem.

Введение. Эксперты, оценивая индекс приоритетности развития информационных технологий в России, пока относят технологии и модели когнитивного человеко-машинного интерфейса к наименее приоритетным [1]. В интеллектуальных САПР эти технологии должны обеспечивать когнитивный интерфейс между проектировщиком и ресурсами системы путем организация активного, непосредственного взаимодействия и обработки запросов проектировщика. По мнению многих отечественных и зарубежных специалистов перспективной моделью когнитивного интерфейса является стигмергия – модель человеко-машинного взаимодействия «многие ко многим» через среду [2].

Эта модель пока еще слабо проработана теоретически и практически. Предположительно с ее помощью у проектировщика появится возможность построить персональную базу знаний по принципу Википедии.

С математической точки зрения Википедия является графом, узлы которого помечены ключевыми словами (терминами) и ассоциированными с ними словарными статьями, т.е. вики представляет знания в виде системы терминов. Применительно к интеллектуальным САПР эта позволяют говорить о возможности построения персонального рабочего места проектировщика, главным компонентом которого является база знаний и персональная электронная библиотека.

Иными словами, перспективным представляется переход от общих универсальных САПР к персонализированным, от централизованных систем проектирования к распределенным и децентрализованным. Это, в свою очередь, позволяет совершенно по-иному взглянуть на проблему извлечения и приобретения знаний: интеллектуальная САПР должна самостоятельно агрегировать, классифицировать знания и строить взаимосвязи между понятиями, а также выявлять актуальность тех или иных проектных решений.

Описание модифицированного алгоритм роя мемов. Перспективной когнитивной моделью передачи информации является подход, основанный на концепции мемов [3], в сочетании с идеями роевого интеллекта [4]. Мемы – это лю-

* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (гранты №09-07-00318, №10-01-90017), г/б № 2.1.2.1652.

бые знания, рассматриваемые как единицы образовательной информации и распространяемые посредством обучения.

В меметике концепции из эволюционной теории (в частности, популяционной генетики) переносятся на человеческую культуру. Меметика также использует математические модели в попытке объяснить такие социальные явления, как религия и политические системы. Критики меметики говорят, что меметика игнорирует достижения таких наук как социология, когнитивная психология, социальная психология и др. Принцип меметики заключается в имитации социальной эволюции (поведенческие модели передаются в виде мемов). В [4] приводится в качестве примера китайское боевое искусство кунг-фу, поколения мастеров которого разработали методику обучения своих студентов определенным последовательностям движений, состоящих из ряда элементарных агрессивных и оборонительных структур-мемов. Новые мемы появлялись редко, далеко не случайным образом, и, почти всегда, приводили к улучшению.

Алгоритмы меметики представляют собой разновидность эволюционных алгоритмов, в которых мемы рассматриваются как единицы информации, распространяемые между людьми посредством имитации, обучения и др. Мемы, подобно генам, можно рассматривать в качестве репликаторов, то есть как информацию, копируемую вариационно и селективно.

Суть предлагаемой модели заключается в следующем. Пусть A – множество людей (агентов), взаимодействующих с системой. Согласно утверждению М. Элиота (<http://bitworking.org/news/Stigmergy>), в случае если $A > 25$ и отношение на A является симметричным (сообщения отсылаются в обе стороны, и каждый агент является как получателем, так и отправителем), то появляется необходимость в косвенном взаимодействии через среду (стигмергия). Среду можно представить в виде модели ориентированного графа: вершины – множество ресурсов (документ, веб-страница и т.п.); ребра – множество связей (ссылки и т.п.). Агенты взаимодействуют со средой через операции чтения и записи.

Запись информации в среду можно осуществлять, используя предлагаемый модифицированный алгоритм роевого интеллекта:

1. Создается исходная популяция мемов Pop численностью PS.
2. Рассчитывается целевая функция F для каждого мема.
3. Мем с лучшим значением целевой функции объявляется «центром притяжения». Все остальные мемы устремляются к этому центру. Чем дальше мем находится от центра, тем большим ускорением он обладает.
4. Рассчитываются новые координаты мемов.
5. Шаги 2-4 итерационно повторяются заданное число раз t_{max} .
6. Последний «центр тяжести» соответствует найденному локальному оптимуму x^* .

Операторами этого алгоритма, например, могут быть: инициализация путем создания нового мема и/или создания ресурса, модификация мема, обмен мемами между ресурсами, выбор одной из версий ресурса и/или удаление ненужного и т.п.

Комментарий к алгоритму. Поясним работу алгоритма. Он представляет собой эвристическую процедуру поиска оптимума посредством изменений индивидуальных решений (мемов) с использованием информации о наилучшем индивидуальном решении и наилучшем групповом решении. В данном алгоритме каждое решение на текущем шаге имеет информацию о наилучшем своём и групповом решениях, найденных к текущему шагу. Полученная информация о решениях позволяет скорректировать скорость поиска для каждого мема следующим образом.

Обозначим через f_i – текущее значение целевой функции i -го мема на итерации t , через f_{best} – лучшее значение целевой функции i -го мема, F_t – лучшее значе-

ние целевой функции среди всех мемов. Тогда скорость мема на следующем шаге v_{t+1} вычисляется согласно [5] как

$$v_{t+1} = v_t + k_1 * rnd(0, 1) * (f_{best} - f_t) + k_2 * rnd(0, 1) * (F_t - f_t),$$

а значение целевой функции i -го мема корректируется по следующей формуле:

$$f_{t+1} = f_t + v_{t+1},$$

где v_t – скорость частицы на итерации t , $rnd(0, 1)$ – случайное число на интервале $(0, 1)$, k_1 , k_2 – коэффициенты.

Таким образом, согласно алгоритму роя после инициализации популяции мемов для каждого из них вычисляется значение целевой функции f_i . Если оно окажется лучше, чем f_{best} , то f_{best} обновляется. Далее, среди f_{best} выбирается лучшее значение F_t и затем вычисляются согласно формулам новые значения «скоростей» мемов и текущие значения их целевых функций. Итерационный процесс повторяется.

В чём состоит модификация предлагаемого алгоритма в сравнении с каноническим алгоритмом роя [5]? В более тесной аналогии с естественным поведением роя в природе. Во-первых, при определении центра притяжения всех частиц роя его координаты не задаются однозначно. Это достигается тем, что при вычислении параметров движения каждой частицы к центру тяжести на них накладывается случайная составляющая. Во-вторых, на ускорение, с которым каждая частица движется к центру тяжести, также накладывается случайная составляющая. В-третьих, решение об использовании (или не использовании) случайных составляющих принимается по правилам лотереи («орел»/«решка»). Наконец, в-четвёртых, для улучшения сходимости алгоритма, расширения пространства поиска и приближения математической модели к естественному поведению роя в природе вводятся «сумасшедшие» частицы, законы движения которых случайны и не связаны с роем.

Отметим также высокую степень распараллеливания операторов алгоритма.

Экспериментальные данные. Программное моделирование предлагаемого алгоритма показало, что объем популяции в 10 мемов достаточен, чтобы начать получать хорошие результаты. Средний размер популяции – 20÷40 мемов. Для сложных задач размер популяции может достигать от 100 до 200 мемов. Число итераций t_{max} в предлагаемом роевом алгоритме выбирается следующим образом. Если, например, целочисленная переменная x изменяется на интервале $[-10, 10]$, то $t_{max}=20$. Коэффициенты k_1 и k_2 рекомендуется выбирать, равными 2 либо варьировать на интервале $[0, 4]$.

Эксперименты также показали, что в процессе поиска целесообразно вести список табуированных (запрещённых для уничтожения) решений из числа уже оценённых. Правда, в этом случае необходимо задавать дополнительные параметры: глубину списка запретов, определять текущее состояние и размер области вокруг текущего состояния, а также осуществлять специальные операции, такие как аспирация (включение в запрещённый список решений в окрестности табуированного) и диверсификация, которая добавляет фактор случайности в процесс поиска.

Заключение. Проблемными вопросами меметики являются следующие: каким образом можно измерить мем как единицу культурной эволюции; насколько отличаются биологическая и культурная эволюции; выполняются ли в меметике классические требования к валидности исследований (фальсифицируемость, когерентность, бритва Оккама)? Отметим также идейную близость меметики с моделями эволюции Ж. Ламарка, де Фриза, К. Поппера, М. Кимуры и эффектом Болдуина, которые, примерно с тех же позиций, пытаются объяснить фенотипи-

ческие изменения в природных системах, их влияние на приспособленность и адаптацию вида.

В частности, эффект Болдуина, впервые обнаруженный в 1896 году, описывает возможные сценарии взаимодействия между эволюцией и обучением, с учетом «стоимости» обучения одного индивидуума. Его суть состоит в следующем. Во-первых, срок обучения дает людям возможность приспособиться к окружающей среде или даже изменить фенотип. Эта фенотипическая пластичность может помочь индивидууму увеличить свою приспособленность и, следовательно, вероятность воспроизводства потомства. Однако приобретенные свойства не влияют на генотип и сразу не наследуются. Во-вторых, в дальнейшем в ходе последующих шагов эволюции приобретенные свойства могут закрепиться на генетическом уровне (процесс генетической ассимиляции). В-третьих, эффект Болдуина может вначале приводить к замедлению скорости эволюции, но в последующем происходит значительное улучшение результатов.

Предлагаемый алгоритм может быть применен для решения различных очень сложных задач, в том числе с помощью распределенных кластерных вычислителей. Примерами подобного рода задач являются маршрутизация информации в сети, кэширование данных в Интернете, информационный поиск, оптимизация распознавания цифровых фотографий и др. Алгоритм роевого интеллекта может давать результаты даже быстрее, чем при использовании генетических алгоритмов или нейронных сетей.

Способность живых существ (муравьев, пчел, рыб, птиц) действовать согласованно в интересах всей группы, при даже неизвестной конечной цели, остается загадкой даже для биологов, которые их изучают. Принцип работы роевого интеллекта понятен: особи следуют простым правилам, действуя на основании имеющейся у них ограниченной информации (кстати, тотализатор – идеальный пример проявления интеллекта толпы, у которой нет вожака). Интернет тоже децентрализован, и, возможно, решение его сетевых проблем стоит искать именно у общественных насекомых. Склонность людей строить иерархические структуры иногда только вредит.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Итоговый аналитический отчет*. Перспективные направления развития отрасли информационно-коммуникационных технологий. – <http://www.minsvyaz.ru/departments/rosinformtechnologii/>.
2. *Christensen, L.R.* The Logic of Practices of Stigmergy: Representational Artifacts in Architectural Design // Proc. of the 2008 ACM Conf. on Computer Supported Cooperative Work (San Diego, CA, USA, November 8-12, 2008). – New York: ACM. – 2008. – P. 559-568.
3. *Курейчик В.В., Курейчик В.М., Родзин С.И.* Концепция эволюционных вычислений, инспирированных природными системами // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4 (93). – С. 16-25.
4. *МакКоннелл Дж.* Основы современных алгоритмов. – М.: Техносфера, 2004. – 368 с.
5. *Kennedy J. et al.* Particle swarm optimization // Proc. IEEE Int. Conf. on Neural Networks. – NJ: IEEE Service Center. – 1995. – P. 1942-1948.

Родзина Лада Сергеевна

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

E-mail: raisin25@yandex.ru.

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

Тел.: 88634371673.

Кафедра математического обеспечения и применения ЭВМ; студентка.

Rodzina Lada Sergeevna

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

E-mail: raisin25@yandex.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634371673.

The Department of Software Engineering; student.

УДК 658.512.2.011.5

В.В. Лисяк, Н.К. Лисяк

АНАЛИЗ МНОГОРЕСУРСНЫХ МОДЕЛЕЙ САПР

Рассмотрена одна из задач системного уровня проектирования, которая позволяет изучить систему, где клиенты, обращающиеся в случайные моменты времени за услугами и требующие различного времени обслуживания, могут выстраиваться в очереди. Рассмотренные модели дают вероятностные распределения длины очереди, моментов поступления обращений и времен ожидания обслуживания. Эти параметры важны в системах, где потери из-за перегрузки могут быть скомпенсированы лучшей организацией обслуживания.

Ресурс; заявка; многоресурсная система; стохастическая сеть; обслуживающий аппарат; дисциплина очереди; марковский процесс.

V.V. Lisyak, N.K. Lisyak

ANALYSIS OF MULTIRESOURCE CAD MODELS

There is considered a task of system level of design, which allows studying the system, where the clients request for services at random moments, and require different service time, and can line up in queue. Considered models provide the probability distribution of queue length, moments of requests' receiving, and times of waiting for service. These parameters are important in the systems, where losses caused by overloading can be compensated with better organization of service.

Resource; demand; multiresource system stochastic network service unit; queue discipline; Markov process.

Введение. САПР состоит из многочисленных компонентов, взаимодействующих в процессе функционирования системы. Все компоненты (устройства ввода-вывода, процессоры, программные модули и т.п.) являются ресурсами. При параллельном решении задач появляются запросы на одновременное использование одного какого-либо ресурса, что порождает конфликтные ситуации. Такие ситуации приводят к задержкам в обработке запросов, появлению очередей и в результате снижают эффективность САПР. Поэтому такие ситуации надо предусматривать на системном уровне разработки САПР [1,2], когда принимаются основные решения по архитектуре будущей САПР.

Многообразие ресурсов и сложность их взаимодействия ставят задачу анализа моделей стохастической, сетевой структуры. При этом использование одной задачей нескольких разнородных ресурсов приводит к одноуровневому или многоуровневому представлению взаимодействия ресурсов. В одноуровневом представлении такую задачу упрощают за счёт ввода в модель логических условий и блокировок, либо выделяют какой-либо один из совместно используемых ресурсов, а другие ресурсы либо не учитываются, либо учитываются введением некоторых ограничений. Эти упрощения можно обойти при многоуровневом представлении взаимодействия ресурсов, в котором одновременное занятие заявкой нескольких