

используемых сортировок и операторов идентификации экстремумов, а также на основе взаимной независимости элементов обрабатываемых изображений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Забияка Ю.И., Типикин А.П., Титов В.С.* Теоретические основы быстродействующего устройства инвариантного распознавания контурных изображений // Изв. вузов. Приборостроение, 2005. №2. – С. 14 – 18.
2. *Гостев И.М.* О методах повышения качества идентификации графических объектов в методах геометрической корреляции // Изв. РАН. Теория и системы управления, 2005. №3. – С. 55 – 64.
3. *Грузман И.С., Никитин В.Г.* Алгоритмы распознавания объектов, устойчивые к геометрическим искажениям: сдвигу, масштабу, повороту // Автометрия, 2004. № 3. – С. 46 – 53.
4. *Кнут Д.* Искусство программирования для ЭВМ. Т. 3. Сортировка и поиск. – М.: Мир, 1978. – 844 с.
5. *Ромм Я.Е.* Параллельная сортировка слиянием по матрицам сравнений. I // Кибернетика и системный анализ, 1994. № 5. – С. 3 – 23.
6. *Ромм Я.Е.* Параллельная сортировка слиянием по матрицам сравнений. II // Кибернетика и системный анализ, 1995. № 4. – С. 13 – 37.
7. *Ромм Я.Е.* Метод вычисления нулей и экстремумов функций на основе сортировки с приложением к поиску и распознаванию. I // Кибернетика и системный анализ, 2001. № 4. – С. 142–159.
8. *Ромм Я.Е.* Метод вычисления нулей и экстремумов функций на основе сортировки с приложением к поиску и распознаванию. II // Кибернетика и системный анализ, 2001. № 5. – С. 81–101.
9. *Ромм Я.Е., Рюмин О.Г.* Автоматическая идентификация плоских контурных изображений на основе сортировки // ТГПИ – Таганрог, 2005. – 52 с. – Деп. в ВИНТИ 10.11.2005. №1454 – В2005.
10. *Romm Y.E.* Zeros and Extremums of Functions Computation Method on the Basis of Sort with Application to Searching and Recognition. I // Cybernetics and System Analysis, 2001. No. 4. – P. 142-159.
11. *Romm Y.E.* Zeros and Extremums of Functions Computation Method on the Basis of Sort with Application to Searching and Recognition. II // Cybernetics and System Analysis, 2001. No. 5. – P. 81-101.
12. *Romm Y.E., Riumin O.G.* Automatic Identification of Plane Outline Images n the Basis of Sort // TSPI. – Taganrog, 2005. 52 p. – Deposited in ARISTI 10.11.2005. – №1454. – В2005.

УДК 62-52

А.А. Кочкаров, С.П. Никищенко, А.Р. Салпагарова

СТРУКТУРНОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ СЕТЕВЫХ СИСТЕМ

Эффективность функционирования различных отраслей экономики государства зависит от пространственной распределенности и разветвленности ее коммуникационных сетей (электроэнергетических, информационных, водо- и тепло-снабжающих, социальных и т.п.). Чем шире зона покрытия коммуникационных

сетей, тем выше конкурентоспособность соответствующей отрасли как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

С одной стороны, сети с большой зоной покрытия требуют больших затрат на обеспечение штатного функционирования. С другой стороны, коммуникационные сети имеют сложную многоэлементную структуру с нетривиальным набором связей, что существенно повышает риск возникновения в них чрезвычайных и внештатных ситуаций. Кроме того, сбои в функционировании коммуникационных сетей имеют значительные последствия, выходящие за пределы самих сетевых систем.

Ряд аварий в электроэнергетических системах в крупных городах России (Москва, 2005 г.), Европы (Лондон, 2003 и 2006 гг.; Париж, 2006 г.) США и Канады (Детройте, Нью-Йорке, Кливленде, Оттаве, Торонто, 2003 г.), показал, что развитие чрезвычайных ситуаций в коммуникационных системах с сетевой структурой проходит по “принципу домино” (в случае электроэнергетических систем – это веерные отключения). Один вышедший из строя объект (элемент системы) сильно повышает вероятность аварии на остальных, что приводит к возникновению лавины аварий. О последствиях таких аварий красноречиво свидетельствуют многие факты известные из сообщений средств массовой информации.

Нередки чрезвычайные ситуации в России в сетях тепло-, водо- и газопроводного транспорта. Во многих случаях причиной аварий является изношенность самих сетей и узлового оборудования. Предотвращение, прогнозирование и профилактика чрезвычайных ситуаций с далеко идущими последствиями в сетевых системах со сложной структурой требует новых исследовательских подходов в моделировании с учетом всех структурных особенностей моделируемой системы.

Изменения, происходящие в структуре сложной системы, могут быть описаны простейшими теоретико-графовыми операциями: стягиванием ребра, удалением (добавлением) ребра, удалением (добавлением) вершины. Изменения структуры системы могут быть разовыми, а могут быть постоянными (периодическими, регулярными). Для второго случая, разумно, ввести понятие *структурной динамики* – изменение структуры системы с течением времени. Несомненно, для описания структурной динамики лучше всего подходит аппарат теории графов.

Структурные изменения в сложных системах могут иметь как позитивный характер, когда в системе появляются новые элементы, улучшающие ее функционирование, так и негативный характер, когда из строя по различным причинам выходят элементы системы, что существенно ухудшает или останавливает работу всей системы.

Как уже отмечалось, современные сетевые системы объединяют большое количество элементов и имеют широкую географическую распределенность, что существенно затрудняет их исследование и моделирование. Изменить ситуацию могут методы теории распознавания, используя которые можно построить теоретико-графовую модель динамически изменяющейся структуры сетевой системы. Суть распознавания заключается в выявлении локальных правил соединения (присоединения) новых элементов сетевой системы с уже интегрированными в систему элементами. Такой подход в распознавании сетевых систем будем называть *структурным*. Примером выявления локальных правил порождения сете-

вых систем служит распознавание масштабно-инвариантных или фрактальных графов.

Термином *затравка* условимся называть какой-либо связный граф $H = (W, Q)$. Для определения *фрактального (предфрактального) графа* [1] нам потребуется операция *замены вершины затравкой (ЗВЗ)*. Суть операции ЗВЗ заключается в следующем. В данном графе $G = (V, E)$ у намеченной для замещения вершины $\tilde{v} \in V$ выделяется множество $\tilde{V} = \{\tilde{v}_j\} \subseteq V, j = 1, 2, \dots, |\tilde{V}|$, смежных ей вершин. Далее из графа G удаляется вершина \tilde{v} и все инцидентные ей ребра. Затем каждая вершина $\tilde{v}_j \in \tilde{V}, j = 1, 2, \dots, |\tilde{V}|$, соединяется ребром с одной из вершин затравки $H = (W, Q)$. Вершины соединяются произвольно (случайным образом) или по определенному правилу, при необходимости.

Предфрактальный граф будем обозначать через $G_L = (V_L, E_L)$, где V_L – множество вершин графа, а E_L – множество его ребер. Определим его рекуррентно, поэтапно, заменяя каждый раз в построенном на предыдущем этапе $l = 1, 2, \dots, L-1$ графе $G_l = (V_l, E_l)$ каждую его вершину затравкой $H = (W, Q)$. На этапе $l = 1$ предфрактальному графу соответствует затравка $G_1 = H$. Об описанном процессе говорят, что *предфрактальный граф $G_L = (V_L, E_L)$ порожден затравкой $H = (W, Q)$* . Процесс порождения предфрактального графа G_L , по существу, есть процесс построения последовательности предфрактальных графов $G_1, G_2, \dots, G_l, \dots, G_L$, называемой *траекторией*. Фрактальный граф $G = (V, E)$, порожденный затравкой $H = (W, Q)$, определяется бесконечной траекторией.

Обобщением описанного процесса порождения предфрактального графа G_L является такой случай, когда вместо единственной затравки H используется множество затравок $H = \{H_l\} = \{H_1, H_2, \dots, H_l, \dots, H_T\}, T \geq 2$. Суть этого обобщения состоит в том, что при переходе от графа G_{l-1} к графу G_l каждая вершина замещается некоторой затравкой $H_l \in H$, которая выбирается случайно или согласно определенному правилу, отражающему специфику моделируемого процесса или структуры. Если при переходе от графа G_{l-1} к графу G_l каждая вершина графа G_{l-1} замещается одной конкретной случайно выбранной затравкой $H_l \in H$ (т.е. на каждом шаге $l = 1, 2, \dots, L-1$ порождения предфрактального графа G_L замещения вершин проводятся одной затравкой), то будем говорить, что *предфрактальный граф G_L порожден множеством затравок $H = \{H_l\}, T \geq 2$, с чередованием*. Если же при порождении предфрактального графа G_L множеством затравок $H = \{H_l\}, T \geq 2$, с чередованием задано некоторое правило выбора затравок из H , например, неубывание с каждым шагом порождения числа вершин или ребер выбираемых затравок, то будем говорить, что *предфрактальный граф G_L порожден множеством затравок*

$H = \{H_t\}$, $T \geq 2$, с упорядоченным чередованием. Если при порождении предфрактального графа с чередованием, для замещения вершин на последующих шагах порождения выбираются затравки с возрастанием вершин, то такой предфрактальный граф будем называть *порожденным с упорядоченным возрастанием затравок*.

Изучим более подробно один из возможных вариантов порождения предфрактального графа G_L с чередованием затравок. Пусть множество затравок $H = \{H_t\}$, $T \geq 2$, таково, что $t = 2, 3, \dots, T$, а H_t – полный t -вершинный граф. Для порождения предфрактального графа G_L будем использовать полные t -вершинные затравки в порядке возрастания их порядка (количества вершин). Каждая затравка в процессе порождения используется для замещения вершин на соответствующем шаге порождения только один раз. Тогда траектория предфрактального графа G_L , порожденного множеством затравок $H = \{H_t\}$ с чередованием, будет состоять из $(T - 1)$ графов.

ТЕОРЕМА 1. Всякий предфрактальный граф G_L , порожденный множеством полных затравок $H = \{H_t\}$, $t = 2, 3, \dots, T$ с упорядоченным возрастанием, имеет $N(G_L) = \dot{O}!$ вершин.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Рассмотрим траекторию $G_1, G_2, \dots, G_l, \dots, G_L$ предфрактального графа G_L , порожденного множеством затравок $H = \{H_t\}$, $t = 2, 3, \dots, T$ с упорядоченным возрастанием. На первом шаге порождения полная двухвершинная затравка из множества H совпадает с первым элементом из траектории предфрактального, $G_1 = H_2$. Число вершин $N(G_1) = N(H_2) = 2$. Граф G_2 из траектории предфрактального графа G_L порождается из графа G_1 замещением двух его вершин затравками H_3 – полными трехвершинными графами. Поэтому число вершин графа G_2 определяется как $N(G_2) = N(G_1) * 3 = 2 * 3 = 3! = 6$. В свою очередь, граф G_3 из траектории предфрактального графа G_L порождается из графа G_2 замещением всех шести его вершин затравками H_4 – полными четырехвершинными графами. А значит, число вершин графа G_3 определяется как $N(G_3) = N(G_2) * 4 = N(G_1) * 3 * 4 = 2 * 3 * 4 = 4! = 24$.

Аналогичным образом, число вершин графа G_l , $l = 2, 3, \dots, L$, определяется произведением $N(G_l) = N(G_{l-1}) * (l + 1)$. Отметим, что $T = L + 1$, а мощность множества затравок $|H| = L$. Таким образом, пройдя все этапы порождения число вершин предфрактального графа G_L , порожденного множеством полных затравок, будет равно $N(G_L) = \dot{O}!$

Книга [2] целиком посвящена распознаванию фрактальных (предфрактальных) графов, порожденных одной затравкой. Вопрос же о распознавании фрактальных (предфрактальных) графов, порожденных множеством затравок, оставался открытым до недавнего времени.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Емеличев В.А., Мельников О.И., Сарванов В.И., Тышкевич Р.И.* Лекции по теории графов. – М.: Наука, 1990.
2. *Кочкаров А.М.* Распознавание фрактальных графов. Алгоритмический подход. — Нижний Архыз: РАН САО, 1998.

УДК 004.422

Ю.И. Рогозов

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

Информационное обеспечение является базой, на которой строится вся управленческая деятельность. Информацию здесь следует рассматривать как некую совокупность различных сообщений, сведений, данных о соответствующих предметах, явлениях, процессах, отношениях и т.д. Эти сведения, будучи собранными, систематизированными и преобразованными в пригодную для использования форму играют в управлении исключительную роль. Необходимым условием для успешного функционирования любого промышленных предприятий является нормальная работа следующих процессов:

- целенаправленный сбор, первичная обработка информации;
- организация каналов доступа пользователей к собранной информации;
- своевременное использование собранной информации для принятия решений.

Основная проблема сбора необходимой информации состоит в том, чтобы обеспечить:

- полноту, адекватность, непротиворечивость и целостность информации;
- минимизацию технологического запаздывания между моментом зарождения информации и тем моментом, когда к информации может начаться доступ.

Обеспечить это можно только современными автоматизированными методиками, базирующимися на основе информационных систем. Крайне важно, чтобы собранная информация была структурирована с учетом потребностей потенциальных пользователей и хранилась в форме, позволяющей использовать современные технологии доступа и обработки. Разработка информационных систем управления (ИСУ) является довольно сложным процессом, который требует значительного времени и ресурсов [1-4]. Современные крупные проекты ИСУ характеризуются, как правило, следующими особенностями:

- сложность описания (достаточно большое количество функций, процессов, элементов данных и сложные взаимосвязи между ними), требующая тщательного моделирования и анализа данных и процессов;