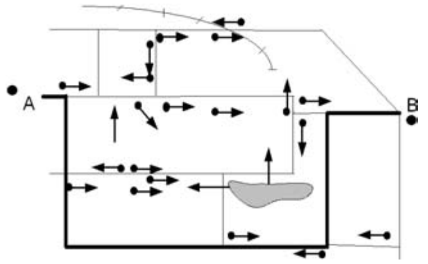

Рис.2. Фрагмент дорожной сети с кратчайшим расстоянием между точками, определенным с помощью прецедентного анализа

Атрибуты прецедента – вид, наименование явления или события, дата и время, размер фактического ущерба. С учетом приведенной картины кратчайший путь показан жирной линией.

Подводя итог, можно заключить следующее. Прецеденты как средство отображения опытных данных, влияющих на качество решения логистических задач, позволяют повысить эффективность планирования и управления логистическим процессом. Полезный эффект тем выше, чем в меньшей степени соответствует реальности аналитическое описание транспортной сети. Прецедентный анализ позволяет учитывать риски на этапе планирования транспортировки и принимать качественные решения при оперативном управлении. Для анализа накопленной информации могут использоваться статистические методы, логический вывод на основе экспертных данных. Однако более перспективным представляется развитие инструментария топологического ГИС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Сток Джеймс Р., Ламберт Дуглас М.* Стратегическое управление логистикой. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 831 с.
2. Экономико-математическое моделирование: Учебник для вузов / Под общ. ред. И.Н. Дрогобыцкого. – М.: Изд-во «Экзамен», 2004. – 800 с.
3. http://www.topplan.ru/cis/logistic/
4. *Вагин В.И, Оськин П.В.* Эвристические и вероятностные методы снятия эффективных показаний в системах диагностики. Журнал «Теория и системы управления» №4 Июль - Август 2006. – 174 с.
5. Геоинформатика: Учеб. для студ. вузов / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов и др.; под ред. В.С. Тикунова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 480 с.
6. *Берштейн Л.С., Беляков С.Л.* Геоинформационные справочные системы. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2001. – 159 с.

А.А. Целых

ОЦЕНКА РОБАСТНОСТИ НЕЧЕТКОЙ СЕМАНТИЧЕСКОЙ ФРЕЙМОВОЙ СЕТИ

Введение. Под робастностью системы будем понимать ее способность сохранять частичную работоспособность при отказе отдельных элементов или подсистем.

В работах [1,2] были предложены критерии оценки живучести нечетких графов.

При исследовании робастности системы, представленной семантической сетью на основе нечетких фреймов, вызывает интерес задача выделения нечетких полушарниров и нечетких шарниров, нечетких полумостов и нечетких мостов в нечетком ультраграфе [3], удаление которых увеличивает число компонент нечеткой связности.

Нечеткие полушарниры и полумосты в нечетком ультраграфе. Вершину $x \in X$ будем называть нечетким полушарниром в нечетком ультраграфе, если удаление ее и инцидентных ей дуг уменьшает степень достижимости $\gamma(y,z)$ между некоторыми вершинами y и z, $x \neq y \neq z$.

Вершина $x \in X$ является нечетким полушарниром тогда и только тогда, когда существуют вершины y и z, отличные от x, такие что x принадлежит каждому маршруту $\widetilde{M}(y,z)$ с максимальной конъюнктивной прочностью.

Дугу $\widetilde{u} \in U$ будем называть нечетким полумостом в нечетком ультраграфе, если ее удаление уменьшает степень достижимости $\gamma(y,z)$ между некоторыми вершинами y и z, не инцидентными данной дуге.

Дуга $\widetilde{u} \in U$ является нечетким полумостом тогда и только тогда, когда существуют вершины y и z, не инцидентные данной дуге, такие что $\widetilde{u}$ принадлежит каждому маршруту $\widetilde{M}(y,z)$ с максимальной конъюнктивной прочностью.

Концевая вершина полумоста является полушарниром, если есть другие дуги, инцидентные этой вершине.

Теорема 1. Если вершина инцидентна двум нечетким полумостам, то она является нечетким полушарниром.

Пусть $<\mu_U(y,x)/<y,x>>$ и $<\mu_U(x,z)/<x,z>>$ – нечеткие полумосты. Тогда существует некоторые вершины k, l такие, что $<\mu_U(y,x)/<y,x>>$ принадлежит каждому маршруту $\widetilde{M}(k,l)$ с максимальной конъюнктивной прочностью. Если вершина x отлична от k и l, то она является нечетким полушарниром.

Пусть теперь вершина x совпадает с k или l, при этом $<\mu_U(y,x)/<y,x>>$ принадлежит каждому маршруту $\widetilde{M}(k,x)$ с максимальной конъюнктивной прочностью, либо $<\mu_U(x,z)/<x,z>>$ принадлежит каждому маршруту $\widetilde{M}(x,l)$ с максимальной конъюнктивной прочностью. Предположим, что x не является нечетким полушарниром. Тогда между любыми двумя вершинами существует, по меньшей мере, один маршрут с максимальной конъюнктивной прочностью, не содержащий x. В частности, существует маршрут с максимальной конъюнктивной прочностью, соединяющий $<\mu_U(y,x)/<y,x>>$ и $<\mu_U(x,z)/<x,z>>$, при этом не содержащий x, и он образует цикл.

Рассмотрим два случая. Сначала пусть $y\,\mu_U(y,x)\,x\,\mu_U(x,z)\,z$ не является маршрутом с максимальной прочностью. Тогда $<\mu_U(y,x)/<y,x>>$, $<\mu_U(x,z)/<x,z>>$ либо обе дуги – дуги с минимальной прочностью в цикле, что противоречит условию, по которому $<\mu_U(y,x)/<y,x>>$ и $<\mu_U(x,z)/<x,z>>$ – нечеткие полумосты.

Теперь пусть $y\,\mu_U(y,x)\,x\,\mu_U(x,z)\,z$ – нечеткий маршрут с максимальной прочностью. Тогда степень достижимости вершины z из вершины y $\gamma(y,z)=\mu_U(y,x)\,\&\,\mu_U(x,z)$ равняется прочности маршрута. Прочность дуг маршрута не меньше прочности маршрутов $\tilde{M}(y,x)$ и $\tilde{M}(x,z)$. Отсюда следует, что $<\mu_U(y,x)/<y,x>>$, $<\mu_U(x,z)/<x,z>>$ либо обе дуги – дуги с минимальной прочностью в цикле, что также противоречит условию.

Теорема 2. Если $<\mu_U(x,y)/<x,y>>$ – нечеткий полумост, то степень нечеткой достижимости вершины y из вершины x равна степени инцидентности $\mu_U(x,y)$.

Предположим, что $<\mu_U(x,y)/<x,y>>$ – нечеткий мост и $\gamma(x,y)>\mu_U(x,y)$. Тогда существует нечеткий маршрут из x в y с максимальной конъюнктивной прочностью большей, чем $\mu_U(x,y)$, соответственно, все его дуги имеют прочность большую, чем $\mu_U(x,y)$. Этот путь с дугой $<\mu_U(x,y)/<x,y>>$ образует цикл, в котором $<\mu_U(x,y)/<x,y>>$ является дугой с минимальной прочностью, что противоречит условию, по которому $<\mu_U(x,y)/<x,y>>$ – нечеткий полумост.

Заметим, что в общем случае обратное утверждение не верно.

Нечеткое отношение на множестве вершин нечеткого ультраграфа $\tilde{\Gamma}\circ\tilde{\Delta}=(X,X,\tilde{F}\circ\tilde{P})$ задает однозначное представление нечеткого ультраграфа нечетким ориентированным вершинным графом $\tilde{X}(\tilde{H})=(X,\tilde{\Gamma}\circ\tilde{\Delta})$.

Теорема 3. Пусть нечеткий граф $\tilde{X}(\tilde{H})$ образован циклом. Вершина x является нечетким полушарниром тогда и только тогда, когда она является общей вершиной для двух нечетких полумостов.

Пусть x – нечеткий полушарнир. Тогда существуют вершины y и z, отличные от x, такие, что x принадлежит каждому маршруту $\tilde{M}(y,z)$ с максимальной конъюнктивной прочностью. Поскольку нечеткий граф $\tilde{X}(\tilde{H})$ образован циклом, этот маршрут единственный и все его дуги являются полумостами.

Теперь пусть x – общая вершина для двух нечетких полумостов $<\mu_U(y,x)/<y,x>>$ и $<\mu_U(x,z)/<x,z>>$. Оба этих полумоста не являются дугами с минимальной конъюнктивной прочностью. Маршрут из y в z, не содержащий этих дуг, имеет прочность меньшую, чем $\mu_U(y,x)\,\&\,\mu_U(x,z)$. Тогда маршрут с максимальной конъюнктивной прочностью проходит через вершину x, а степень достижимости вершины z из вершины y определяется выражением $\gamma(y,z)=\mu_U(y,x)\,\&\,\mu_U(x,z)$. Отсюда следует, что вершина x является нечетким полушарниром.

Нечеткие шарниры и мосты в нечетком ультраграфе. Более «сильными» понятиями, по сравнению с нечеткими полушарнирами и полумостами, являются нечеткий шарнир и нечеткий мост.

Вершину $x \in X$ будем называть нечетким шарниром в нечетком ультраграфе, если удаление ее и инцидентных ей дуг уменьшает степень взаимной достижимости $\theta(y,z)$ между некоторыми вершинами y и z, $x \neq y \neq z$.

Удаление нечеткого шарнира приводит к увеличению числа компонент нечеткой сильной связности.

Все нечеткие маршруты, соединяющие вершины из различных сильных компонент, обязательно проходят через нечеткий шарнир.

Нечеткий шарнир характеризуется степенью нечеткости α – значением, при котором в ультраграфе $\widetilde{H}_\alpha$ вершина $x \in X$ становится шарниром.

Дугу $\widetilde{u} \in U$ будем называть нечетким мостом в нечетком ультраграфе, если ее удаление уменьшает степень взаимной достижимости $\theta(y,z)$ между некоторыми вершинами y и z, не инцидентными данной нечеткой дуге.

Нечеткие блоки в нечетком ультраграфе. Максимальный нечеткий сильно связанный подграф $\widetilde{G}'$ будем называть нечетким блоком в нечетком ультраграфе, если он не содержит нечетких шарниров.

Если между любыми двумя вершинами $x, y \in X$ в нечетком подграфе $\widetilde{G}' = (X', \widetilde{U}')$ существуют два независимых пути с максимальной конъюнктивной прочностью, $\widetilde{G}' = (X', \widetilde{U}')$ является нечетким блоком.

Алгоритм поиска нечетких шарниров в нечетком ультраграфе. Из определения нечеткого шарнира естественным образом следует свойство.

Вершина y будет шарниром, с точки зрения вершины x, если ее удаление разорвет в ультраграфе $\widetilde{H}_\alpha$ каждый элементарный цикл, которому принадлежит x. Другими словами, если вершина y принадлежит каждому циклу, в который входит x.

Исходя из этого, можно записать следующий *алгоритм поиска нечетких шарниров* в нечетком ультраграфе.

1. Перейдем к представлению нечеткого ультраграфа нечетким вершинным графом $\widetilde{X}(\widetilde{H})$.
2. Применим к вершинам нечеткого графа правило нулевой полустепени, а именно: если какая-либо вершина графа имеет нулевую полустепень захода или нулевую полустепень исхода, то она не принадлежит ни одному циклу, а значит, является нечетким шарниром и из рассмотрения ее можно исключить.
3. Выбирая все различные степени инцидентности $\mu(x_i, x_j)$, имеющиеся в $\widetilde{X}(\widetilde{H})$, запишем последовательность $0 < \alpha_n < \ldots < \alpha_1 = h(\widetilde{X}(\widetilde{H}))$.
4. Найдем все элементарные циклы в графе $X_{\alpha_n}(\widetilde{H})$.
5. Используя свойство, найдем шарниры в графе $\widetilde{X}_{\alpha_n}(\widetilde{H})$ и присвоим им степень нечеткости α_n.
6. Примем $n=n-1$. Если $n \geq 1$, то перейдем к шагу 3, иначе – конец работы алгоритма.

Используя множество нечетких шарниров $\widetilde{A}$, можно задать нечеткий ориентированный граф шарниров, представляющий собой нечеткий ориентированный граф второго вида $\tilde{C} = (\tilde{A}, T)$ с нечеткими вершинами и ребрами. В качестве множества вершин выступает множество нечетких шарниров, степень нечеткости вершины совпадает со степенью нечеткости шарнира. Из вершины $\tilde{A}(x)$ в вершину $\tilde{A}(y)$ направлено ребро со степенью достижимости вершин.

Поскольку удаление нечетких шарниров уменьшает степень сильной связности нечеткого ультраграфа, то граф $\tilde{C} = (\tilde{A}, T)$ является индикатором робастности рассматриваемой системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Старостина Т.А.* О живучести нечетких графов // Обозрение прикладной и промышленной математики. – М., Т.9, 2002. – 656 с.
2. *Берштейн Л.С. Боженюк А.В., Розенберг И.Н.* Анализ и синтез живучести нечетких графов // Труды Международной конференции по мягким вычислениям и изме-рениям SCM'2005. – Санкт-Петербург, Т.1, 2005. – С. 204-207.
3. *Целых А.А.* Разработка и исследование методов и алгоритмов для моделирования адаптивных веб-ресурсов на основе нечетких ультраграфов // Дис. канд. техн. наук: 05.13.17, Таганрог, 2005.

П.В. Сороколетов

К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ*

В основе теории и практики искусственного интеллекта лежит новая технология интеллектуального анализа данных, т.е. Data mining (discovery-driven data mining) [1,2]. Она основана на концепции шаблонов, описывающих многообразные взаимоотношения между рассматриваемыми данными. Одна из основных проблем – это сложность анализируемых и определяемых шаблонов. Шаблоны должны содержать нечеткие, неопределенные и неожиданные кластеры и регулярные объекты в данных, составляющие так называемые скрытые данные. Новая технология DM согласно [2] включает следующие этапы в процессе анализа и обнаружения в неопределенных данных: нечетких; нетривиальных; полезных для данной практической деятельности; доступных интерпретаций знаний, необходимых для принятия решений в исследуемой области.

Для DM сейчас используется две основных технологии: «сверху-вниз» и «снизу-вверх», которые анализируют следующие уровни знаний: скрытый, глубокий, неглубокий, поверхностный. При этом, как правило, используют такие аналитические инструменты как: язык простых запросов, оперативная аналитическая обработка, «раскопка данных» и др. [2].

Блок DM предлагается включить в современную динамическую экспертную систему (ДЭС). Под ДЭС понимается система, объединяющая возможности компьютера со знанием и опытом эксперта в такой форме, что система может предложить разумный совет или осуществить разумное решение поставленной задачи. Дополнительной характеристикой такой системы, является «способность системы по требованию прокомментировать ход своих рассуждений в понятной для пользователя форме» [3].

* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке программы развития научного потенциала высшей школы 2006-2008 годы (проекты РНП.2.1.2.2238, РНП 2.1.2.3193)